

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240346

· 论 著 ·

前列腺癌根治术后尿失禁风险预测模型的系统评价与 meta 分析

高成菲, 顾 捷, 张文辉, 高 佩, 高 旭*, 曹 洁*

海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院泌尿外科, 上海 200433

【摘要】 目的 系统性评价前列腺癌根治术后尿失禁风险预测模型的性能和方法学质量, 为临床医护人员选择合适的风险评估工具提供参考。**方法** 利用 PubMed、Web of Science、Cochrane Library、CINAHL、EMBASE、中国知网、万方、维普、中国生物医学文献数据库, 检索建库至 2024 年 1 月 23 日发表的相关文献。由 2 名研究者独立进行文献筛选、资料提取, 并应用预测模型偏倚风险工具评估所纳入研究的偏倚风险和适用性。采用 MedCalc 软件, 使用随机效应模型对验证组的 AUC 进行 meta 分析, 并进行发表偏倚评估和敏感性分析。**结果** 共纳入 8 项研究, 样本量共 7 216 例, 6 个模型报告了 AUC 值, 7 个模型报告了校准度。2 项研究的适用性较好, 6 项研究的适用性较差。最常用的预测模型类型为 logistic 回归模型, 剔除极端 AUC 值的模型后, 随机效应 meta 分析结果为 0.840 (95% CI 0.786~0.895), 异质性检验 $I^2=0\%$ ($P=0.737$)。8 项研究的偏倚风险均较高, 偏倚来源主要为数据来自回顾性队列研究、部分连续性变量转化为二分类变量、缺失数据未处理、基于单因素分析筛选预测因子、不完整报告模型的区分度和校准度及缺乏模型的外部验证等。Egger 检验结果提示研究无显著发表偏倚。**结论** 现有前列腺癌根治术后尿失禁风险预测模型的开发和验证过程尚不完善, 未来研究应构建基于多中心、大样本数据的风险预测模型, 加强对模型的临床适用性评估, 并严格遵循预测模型报告规范与流程, 从而建立可用于临床实践的高质量风险预测模型。

【关键词】 风险预测模型; 根治性前列腺切除术; 尿失禁; 系统评价; meta 分析

【引用本文】 高成菲, 顾捷, 张文辉, 等. 前列腺癌根治术后尿失禁风险预测模型的系统评价与 meta 分析 [J]. 海军军医大学学报, 2025, 46(5): 629-636. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240346.

Risk prediction models for urinary incontinence after radical prostatectomy: a systematic review and meta-analysis

GAO Chengfei, GU Jie, ZHANG Wenhui, GAO Pei, GAO Xu*, CAO Jie*

Department of Urology, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

【Abstract】 Objective To systematically evaluate the performance and methodological quality of the risk prediction models for urinary incontinence after radical prostatectomy, so as to provide a reference for selecting the appropriate risk prediction tool. **Methods** A systematic search was conducted in PubMed, Web of Science, Cochrane Library, CINAHL, EMBASE, CNKI, Wanfang, VIP, and Chinese biomedical literature database from inception to Jan. 23, 2024. Two researchers independently conducted literature screening and data extraction, and the prediction model risk of bias assessment tool (PROBAST) was applied to assess the risk of bias and applicability of the included studies. MedCalc software was used to perform a meta-analysis of the area under curve (AUC) of the validation groups using the random effect model, and the publication bias and sensitivity analysis were also performed. **Results** A total of 8 studies were included, with a combined sample size of 7 216 cases. Six models reported the AUC values, and 7 models reported calibration. The applicability of 2 studies was acceptable, while 6 were poor. The most commonly used type of prediction model was logistic regression. After excluding models with extreme AUC values, the random-effects meta-analysis result was 0.840 (95% confidence interval 0.786 to 0.895), with no heterogeneity ($I^2=0\%$, $P=0.737$). The bias risk was high in all 8 studies, mainly due to retrospective cohort data, transformation of continuous variables into binary variables, unaddressed missing data, selection of predictors

【收稿日期】 2024-05-22 **【接受日期】** 2024-06-25

【基金项目】 国家自然科学基金(81903182), 海军军医大学深蓝护理科研项目(2022KYD09). Supported by National Natural Science Foundation of China (81903182) and Deep Blue Nursing Scientific Research Project of Naval Medical University (2022KYD09).

【作者简介】 高成菲, 硕士生. E-mail: gcf1492155415@163.com

*通信作者(Corresponding authors). E-mail: gaouxu.changhai@foxmail.com, celion2004@126.com

based on univariate analysis, incomplete report of the model discrimination and calibration, and lack of external validation. Egger test result indicated no significant publication bias. **Conclusion** The development and validation process of the existing risk prediction models for urinary incontinence after radical prostatectomy is still imperfect. Future research should construct prediction models based on multicenter and large-sample data, strengthen the clinical applicability assessment of the models, and strictly follow the reporting standards and procedures, so as to establish high-quality risk prediction models for clinical practice.

[**Key words**] risk prediction models; radical prostatectomy; urinary incontinence; systematic review; meta-analysis

[**Citation**] GAO C, GU J, ZHANG W, et al. Risk prediction models for urinary incontinence after radical prostatectomy: a systematic review and meta-analysis[J]. Acad J Naval Med Univ, 2025, 46(5): 629-636. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240346.

前列腺切除术后尿失禁 (post-prostatectomy incontinence, PPI) 是前列腺癌根治术后患者最常见的并发症, 显著影响患者的康复进程。患者拔除导尿管即刻 PPI 的发生率高达 90% 以上, 术后 1 年仍有近 20% 的患者存在尿失禁困扰^[1-2]。PPI 会使患者丧失对排尿的控制, 需要日常使用尿垫; 长期的尿液刺激可导致皮肤感染和失禁性皮炎的发生率上升, 甚至引起泌尿系统感染; 患者往往会排斥人际交往、出现社交缺失的情况, 严重影响心理健康, 同时也会对部分前列腺癌晚期患者术后 1 年内的辅助治疗产生不利影响^[3-4]。因此, 探索 PPI 的危险因素, 精准识别高危患者, 科学预测 PPI 发生风险已成为泌尿外科医护人员迫切需要解决的问题。风险预测模型在疾病发生和预后判断中显示出良好的应用价值^[5]。当前, 关于 PPI 风险预测模型的研究结果参差不齐, 且缺乏对相关研究的系统性评价。鉴于此, 本研究对 PPI 风险预测模型的偏倚风险和适用性进行了系统性评价, 旨在为临床医护人员选择合适的 PPI 风险评估工具提供科学指导。

1 资料和方法

1.1 确定研究问题 根据预测模型的系统评价指南推荐的“PICOTS”原则^[6]制定循证策略, 其中目标人群 (population, P) 为接受前列腺癌根治术的患者, 待评价的预测模型 (index prediction model, I) 为 PPI 风险预测模型, 其他比较模型 (comparative model, C) 无, 结局指标 (outcome, O) 为 PPI 的发生情况和恢复程度, 模型的使用时刻 (timing, T) 为前列腺癌根治术后 1 年内, 模型使用环境 (setting, S) 为泌尿中心病房和尿失禁护理门诊。本研究根据预测模型系统评价的严格评估和数据提取清单 (critical appraisal and data extraction for systematic reviews of prediction modeling studies, CHARMS)^[6]制定研究方案,

已在国际前瞻性系统评价登记平台 (International Prospective Register of Systematic Reviews, PROSPERO) 注册, 注册号为 CRD42024516625。

1.2 文献检索策略 系统检索 PubMed、Web of Science、Cochrane Library、CINAHL、EMBASE、中国知网、万方、维普、中国生物医学文献数据库。采用主题词和自由词相结合, 以滚雪球的方式扩大检索, 检索百度文库、Google 学术以补充灰色文献。检索时间为建库至 2024 年 1 月 23 日。英文文献检索以 PubMed 为例, 检索式为 “((prostate cancer [MeSH Terms]) OR (radical prostatectomy [Title/Abstract]) OR (prostatectomy [Title/Abstract])) AND ((urinary incontinence [MeSH Terms]) OR (urinary control [Title/Abstract]) OR (incontinence [Title/Abstract])) AND ((nomogram [MeSH Terms]) OR (risk prediction [Title/Abstract]) OR (predict* model [Title/Abstract]) OR (risk model [Title/Abstract]) OR (prediction tool [Title/Abstract]) OR (diagnostic model [Title/Abstract]) OR (risk factor [Title/Abstract]))”。中文文献检索以万方为例, 检索式为 “题名或关键词: (前列腺癌 OR 根治性前列腺切除术 OR 前列腺癌根治术) AND 题名或关键词: (尿失禁 OR 尿控) AND 主题: (预测模型 OR 风险预测模型 OR 列线图 OR 风险评分 OR 风险因素 OR 预测因素)”。

1.3 文献纳入与排除标准 纳入标准: (1) 研究人群为 PPI 患者; (2) 内容为构建和 (或) 验证 PPI 风险预测模型; (3) 结局为 PPI 的恢复情况; (4) 研究类型为前瞻性或回顾性队列研究、横断面研究、病例对照研究。排除标准: (1) 仅报道危险因素, 未构建模型; (2) 未经同行评审的出版物; (3) 非中、英文文献; (4) 预测因子 < 2 个; (5) 无法获取全文。

1.4 文献筛选与数据提取 将检索记录导入

EndNote X21 软件自动查重。根据纳入和排除标准,先通过阅读标题和摘要初步筛选,后阅读全文进行筛查。使用基于 CHARMS 的标准化表格提取数据^[6],提取的信息包括数据来源、研究对象特征、研究结局、预测因子、样本量、统计分析细节、模型的预测性能、模型评估与结果呈现。文献筛选和数据提取均由 2 名作者独立完成并交叉核对,出现不一致时由另一名研究者加入讨论,直至达成统一结论。

1.5 文献质量评价方法 由 2 名作者独立使用预测模型偏倚风险工具 (prediction model risk of bias assessment tool, PROBAST)^[7-8] 评估所纳入研究的偏倚风险和适用性,如出现不一致,由另一名研究者加入讨论,直至达成统一结论。偏倚风险评估包括研究对象、预测因子、结果和统计分析 4 个方面,共 20 个问题,每个问题以“是”“可能是”“不是”“可能不是”“没有信息”5 个层次进行评价。如果某方面的任意一个问题的评价结果为“不是”或“可能不是”,则该方面被认为是高偏倚风险,只有当所有方面都被评价为低偏倚风险时,总体偏倚风险才能被评价为低风险。利用该工具对前 3 个方面的适用性进行判断,每个方面按照“高”“低”“不清楚”来评估,如果任意一个方面的适用性低,则被认为总体适用性低。

1.6 数据分析 使用 MedCalc 软件对验证组模型 ROC 曲线的 AUC 进行 meta 分析^[9]。AUC<0.7 表明模型区分度较差,0.7~0.8 表明区分度中等,>0.8 表明区分度较好。纳入研究间的异质性分析采用 Q 检验并结合 I^2 定量判断异质性大小 ($I^2 \leq 25\%$ 为低度异质性, $25\% < I^2 \leq 50\%$ 为中度异质性, $I^2 > 50\%$ 为高度异质性)^[10]。如果 $I^2 > 50\%$,则采用随机效应模型,反之采用固定效应模型。对有明显临床异质性的研究进行亚组分析、敏感性分析或只行描述性分析。采用 Egger 检验分析发表偏倚。meta 分析的检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 文献筛选流程与结果 检索获得相关文献 922 篇,经过逐步筛选纳入 8 项研究^[11-18] 进行系统评价,共包含 7 216 名研究对象;纳入 3 项研究^[13,17-18] 进行 meta 分析,共包含 2 140 名研究对象。文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入文献的基本特征 本研究纳入中文文献 2 篇^[17-18],英文文献 6 篇^[11-16],均为回顾性队列研究,6 篇文献对结局指标的测评采用 24 h 尿垫试

验^[12,14-18],预测范围为 3~24 个月,大多数研究预测的 PPI 结局时间为 3 个月或 12 个月,模型常见的预测因子为年龄、BMI、前列腺体积、膜性尿道长度、术中保留神经等,模型呈现方式多为列线图。纳入文献的基本特征见表 1。

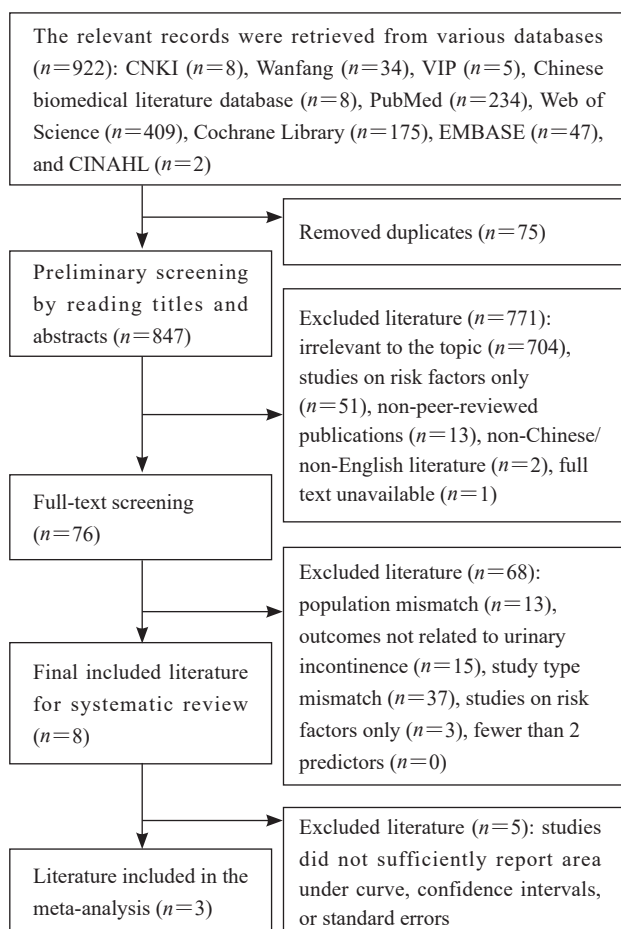


图 1 文献筛选流程图

Fig 1 Flow diagram of literature screening

在预测模型的基本情况方面,所有研究均采用单因素分析筛选预测变量,建模工具多采用 SPSS 和 R 软件,7 篇文献采用 logistic 回归建模^[11-17]、1 篇文献采用人工神经网络建模^[18],5 个模型将部分连续变量转化为分类变量^[11,13,16-18]、3 个模型保持变量的连续性^[12,14-15],所有模型均未完善缺失值。在模型性能方面,6 篇文献报告了建模组和/或验证组的 AUC^[11,13,15-18],2 篇文献报告了模型的灵敏度和特异度^[16,18],5 篇文献使用了 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验^[12,15-18],7 篇文献绘制了校准图^[11,13-18],3 篇文献描述了临床决策曲线分析^[16-18]。在模型验证方面,6 个模型进行了内部验证^[11,13,15-18],所有模型均未经过外部验证。预测模型的基本情况见表 2。

表 1 纳入文献的基本特征

Tab 1 Basic characteristics of included literatures

Study	Participant	Source of data	Model type	Outcome				Predictor	Model presentation
				PPI definition	Evaluative methods	Follow-up time/month	PPI incidence/%		
Pinkhasov, 2022 ^[11]	Patients who underwent RARP at Roswell Park Comprehensive Cancer Center in the USA from 2008 to 2018	Retrospective cohort	D, V	①, ②	UCLA-PCI-SF, IPSS	24	6 months: 77; 12 months: 52; 24 months: 37	Age, race, BMI, IIEF-5	Nomogram
Barnoiu, 2013 ^[12]	Patients who underwent RARP at Carlos Haya Hospital in Spain from 2007 to 2011	Retrospective cohort	D	②	24-h pad count	12	12 months: 17.2	Prostate volume, IIEF-5, AACCI, intraoperative nerve-sparing, 1-month urine leakage	Nomogram
Collette, 2021 ^[13]	Patients who underwent RARP at Amsterdam Urology in the Netherlands from 2009 to 2017	Retrospective cohort	D, V	①, ②	Patient self-report, EPIC-26	12	12 months: 19.9	Age, BMI, IPSS, prostate volume, intraoperative nerve-sparing, ASA score, surgeon experience	Web calculator
Matsushita, 2015 ^[14]	Patients who underwent RP at Memorial Sloan Kettering Cancer Center in the USA from 2001 to 2010	Retrospective cohort	D	①, ②	24-h pad count	12	6 months: 32; 12 months: 18	Age, BMI, MUL, ASA score	Nomogram
Jeong, 2014 ^[15]	Patients who underwent RARP or ORP at Seoul National University Bundang Hospital in South Korea from 2004 to 2011	Retrospective cohort	D, V	②	24-h pad count	12	1 months: 73.2; 3 months: 49.1; 12 months: 17.6	Age, MUL, surgical approach, intraoperative nerve-sparing, prostate volume	Nomogram
Zhang, 2023 ^[16]	Patients who underwent LRP at Peking University Third Hospital from 2015 to 2018	Retrospective cohort	D, V	①	24-h pad count	3	3 months: 38.3	MUL, clinical stage, IPPL, PADR	Nomogram
Mao, 2023 ^[17]	Patients who underwent LRP at Peking University Third Hospital from 2016 to 2020	Retrospective cohort	D, V	①	24-h pad count	3	3 months: 40.6	MUL, IPPL, clinical stage	Nomogram
Zhong, 2023 ^[18]	Patients who underwent LRP at 363 Hospital from 2018 to 2022	Retrospective cohort	D, V	②	24-h pad count	3	3 months: 37.3	MUL, intraoperative nerve-sparing, bladder neck preservation, posterior fascia reconstruction, regular PFMT	NA

Items relevant only to the development of a prediction model are denoted by D, items relating solely to a validation of a prediction model are denoted by V, and items relating to both are denoted D, V. Studies where the number of pads used per day ≥ 1 are marked as ①, while studies where the number of pads used per day > 1 are marked as ②. PPI: Post-prostatectomy incontinence; RARP: Robot-assisted radical prostatectomy; RP: Radical prostatectomy; ORP: Open radical prostatectomy; LRP: Laparoscopic radical prostatectomy; UCLA-PCI-SF: University of California-Los Angeles prostate cancer index short form; IPSS: International prostate symptom score; EPIC-26: Expanded prostate cancer index composite-26; BMI: Body mass index; IIEF-5: The international index of erectile function-5; AACCI: Age-adjusted Charlson comorbidity index; ASA: American Society of Anesthesiologists; MUL: Membranous urethral length; IPPL: Intravesical prostatic protrusion length; PADR: Prostate apex depth ratio; PFMT: Pelvic floor muscle training; NA: Not available.

表 2 纳入文献预测模型的基本情况

Tab 2 Basic characteristics of prediction models of included literatures

Study	Total sample size	Statistical analysis details					Model performance			Model validation	
		Predictor transformation	Missing data	Predictor selection	Modeling tool	Model selection	Discrimination AUC (95% CI)	Calibration	Clinical benefit	Internal validation	External validation
Pinkhasov, 2022 ^[11]	680 (544 ^d /136 ^v)	①	NA	Based on univariate	SAS	Logistic regression	6 m: 0.640 ^d , 0.520 ^v ; 12 m: 0.660 ^d , 0.560 ^v ; 24 m: 0.800 ^d , 0.760 ^v ,	Calibration plot	NA	Bootstrap	NA
Barnoiu, 2013 ^[12]	209	②	NA	Based on univariate	R	Logistic regression	0.928 ^d	H-L	NA	NA	NA
Collette, 2021 ^[13]	1 814	①	NA	Based on univariate	R	Logistic regression	0.650 (0.610, 0.680) ^d , 0.610 (0.540, 0.700) ^v	Calibration plot	NA	10-fold cross-validation	NA
Matsushita, 2015 ^[14]	2 849 (1 899 ^d /950 ^v)	②	NA	Based on univariate	Stata	Logistic regression	6 m: 0.729 ^v ; 12 m: 0.709 ^v	Calibration plot	NA	NA	NA
Jeong, 2014 ^[15]	1 168 (872 ^d /296 ^v)	②	NA	Based on univariate	SPSS, R	Logistic regression	1 m: 0.641 ^d , 0.633 ^v ; 3 m: 0.672 ^d , 0.654 ^v ; 12 m: 0.725 ^d , 0.711 ^v	H-L, calibration plot	NA	200 times Bootstrap	NA
Zhang, 2023 ^[16]	170 (124 ^d /46 ^v)	①	NA	Based on univariate	SPSS, R	Logistic regression	0.880 ^d , sensitivity 80.0% ^d , specificity 81.6% ^d ; 0.875 ^v , sensitivity 82.8% ^v , specificity 82.4% ^v	H-L, calibration plot	DCA	7 : 3 split validation	NA
Mao, 2023 ^[17]	202 (141 ^d /61 ^v)	①	NA	Based on univariate	SPSS, R	Logistic regression	0.885 (0.826, 0.994) ^d , 0.854 (0.757, 0.950) ^v	H-L, calibration plot	DCA	7 : 3 split validation	NA
Zhong, 2023 ^[18]	124 (83 ^d /41 ^v)	①	NA	Based on univariate	SPSS	Artificial neural network	0.848 (0.806, 0.922) ^d , sensitivity 81.3% ^d , specificity 88.8% ^d ; 0.834 (0.800, 0.903) ^v , sensitivity 80.5% ^v , specificity 86.6% ^v	H-L, calibration plot	DCA	2 : 1 split validation	NA

Modeling group data are denoted as “^d”, while validation group data are denoted as “^v”. Studies where continuous variables were converted to categorical variables are marked as ①, while studies where variables were maintained as continuous are marked as ②. AUC: Area under curve; CI: Confidence interval; m: Month(s); H-L: Hosmer-Lemeshow; DCA: Decision curve analysis; NA: Not available.

2.3 偏倚风险和适用性评价结果 总体上, 8 篇文献的偏倚风险均为高风险, 2 篇文献的适用性高^[11,13]、6 篇文献的适用性低^[12,14-18]。高偏倚风险最常见的来源为研究对象和统计分析 2 个方面, 具体因为研究对象来源于回顾性队列研究、部分连

续性变量转化成二分类变量、未对缺失数据进行合适的处理、仅采用单因素分析法筛选预测因子、不完整报告模型的区分度和校准度、仅使用 Hosmer-Lemeshow 检验评估拟合优度、未正确考量模型过拟合和欠拟合、缺乏模型的外部验证等。见表 3。

表 3 纳入模型的偏倚风险和适用性评价结果

Tab 3 Bias risk and applicability assessment results included in the models

Study	Bias risk				Applicability			Overall	
	Participant	Predictor	Outcome	Analysis	Participant	Predictor	Outcome	Bias risk	Applicability
Pinkhasov, 2022 ^[11]	—	?	+	—	+	—	+	—	—
Barnoiu, 2013 ^[12]	—	?	—	—	+	+	+	—	+
Collette, 2021 ^[13]	—	?	—	—	+	—	+	—	—
Matsushita, 2015 ^[14]	—	—	+	—	+	?	+	—	+
Jeong, 2014 ^[15]	—	+	+	—	+	+	+	—	+
Zhang, 2023 ^[16]	—	+	+	—	+	+	+	—	+
Mao, 2023 ^[17]	—	?	?	—	+	?	+	—	+
Zhong, 2023 ^[18]	—	?	?	—	+	?	+	—	+

“+” indicates low bias risk/low concern regarding applicability; “—” indicates high bias risk/high concern regarding applicability; and “?” indicates unclear bias risk/unclear concern regarding applicability.

2.4 meta分析结果 6个模型^[11,13,15-18]报告了验证结果,建模组AUC范围为0.600~0.928,验证组AUC范围为0.520~0.875。由于所纳入的研究对模型性能报告不充分,只有3项研究^[13,17-18]符合meta分析要求。使用随机效应模型计算验证组的AUC,得出合并AUC为0.765(95% CI 0.640~0.890),表明模型区分能力中等;异质性检验 $I^2=90.78\%$ ($P<0.001$),表明研究之间存在高度异质性。剔除Collette等^[13]显示极端AUC值的模型后,随机效应meta分析结果为0.840(95% CI 0.786~0.895),异质性检验 $I^2=0\%$ ($P=0.737$),meta分析结果较稳定。验证组AUC的meta分析结果见图2。

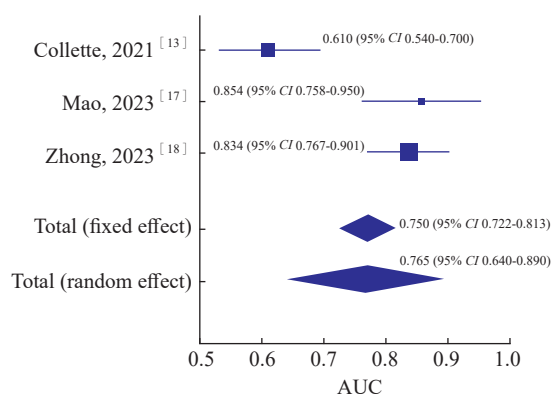


图2 验证组AUC的meta分析

Fig 2 Meta-analysis of AUC in validation groups

AUC: Area under curve; CI: Confidence interval.

2.5 发表偏倚与敏感性分析 Egger检验结果提示研究无显著发表偏倚($P=0.803$)。

3 讨论

PPI是前列腺癌根治术后最常见的并发症之一,近年来,越来越多的预测模型被用来预测PPI患者的康复水平,但其研究结果存在差异且研究质量尚未经过全面评估。本研究首次对PPI的预测模型进行了系统评价与meta分析,对指导临床实践与治疗决策具有一定价值。

3.1 PPI高频预测因子对未来研究有参考意义 明确PPI的预测因子是制定预测模型的关键步骤,不仅有助于对PPI的发生概率进行预判,更便于针对性地对患者进行治疗和护理^[19]。本研究结果显示,PPI的预测因子包括患者基本资料、疾病情况、手术因素和术后因素。4项研究^[11,13-15]将年龄作为PPI风险的

最终预测因子,以往研究也表明高龄与PPI的严重程度呈正相关^[20]。分析原因为衰老过程可能会造成尿道横纹肌的形态和功能发生变化,从而导致横纹肌细胞数量减少,进而损伤尿道括约肌功能^[21]。此外,膜性尿道长度和神经保留也表现出较强的预测价值^[12-18],术中最大限度地保留膜性尿道和盆底周围神经对患者术后尿控恢复有促进作用。但由于此类手术技术取决于患者治疗要求和手术医师的能力,其测量和评估具有一定的主观性,故其参考价值有待进一步研究。

患者术后正确规律的盆底肌训练是PPI的重要因素,但系统性评价发现仅少数研究纳入了该预测因素^[18,22],分析原因可能是目前缺乏盆底肌训练的标准化训练方案,使相关变量的收集面临较大困难。因此在筛选PPI风险预测因子时应全面考虑其测量的难易度、成本和可及性^[23]。此外,患者的BMI、前列腺大小、临床分期、手术方式、术前下尿路功能和国际勃起功能指数等也被认为是PPI风险预测模型的高频预测因子,可作为未来模型的潜在预测因子,指导PPI风险因素的研究。

3.2 PPI风险预测模型有待进一步探索与开发 本研究纳入的模型在验证组的AUC范围为0.520~0.875,模型性能差异较大,且模型的异质性较高,这可能与不同模型纳入的人群差异有关。然而,模型间的异质性高,这可能与不同模型的纳入人群差异有关。从纳入研究的偏倚风险和适用性看,各个模型均存在较高的偏倚风险,风险集中在研究对象纳入、模型变量筛选与处理、模型构建与验证及模型性能评估等方面,这与其他预测模型系统评价结果^[24]相似。

系统评价发现模型纳入的研究对象多来源于回顾性队列,存在一定的回忆偏倚,未来研究应尽可能采用前瞻性队列作为PPI预后模型的样本来源。在筛选预测变量过程中,基于单因素筛选已成为普遍方式,但其往往无法识别混杂因素而导致模型过拟合,故筛选预测变量时不可仅依靠单变量筛选,还需结合临床实际^[7]。此外,越来越多的研究采用LASSO回归来处理高维数据及筛选潜在变量,通过引入惩罚项来降低极端变量的估计值,有效提高了模型估计的准确性,降低了过拟合的概率^[25-27]。

本研究发现,当前所有PPI风险预测模型均未经外部验证。Damen等^[28]研究表明,在363个心

血管疾病预测模型中只有 19% 的模型经过独立的外部验证,可见模型的临床实践率较低,这提示未来研究应关注已有模型的外部验证及临床适用性,以更好地在临床推广应用。PPI 康复水平的改善具有时间依赖性,而现有模型仅可预测特定时间点的 PPI 发生概率,尚未有模型可预测 PPI 发生概率随时间的变化情况。此外,现有模型多采用 logistic 回归进行建模,建模方式较为单一,有待进一步探索。系统评价结果发现,现有的模型结果报告透明度尚不充分,如模型的区分度和校准度、模型临床效益、缺失值的处理方法等,这导致模型的预测性能和实际效益难以评估。因此,研究者应遵循预测模型的研究方法和报告流程,以提高研究质量^[29-30]。

本研究存在以下不足:(1)目前对于尿失禁的定义、评估方式、测量时点尚无统一标准,故系统性评价纳入了 2 种定义方式和 2 个时间点的 PPI 风险预测模型,这可能不利于模型的效果评估;

(2)由于多数研究未报告模型的灵敏度、特异度等,无法进行 meta 分析,因此本研究最后仅合并了 3 个模型的 AUC 值,在一定程度上影响了结果的准确性;(3)本研究纳入文献数量较少,未进行亚组分析和 meta 回归分析。

尽管部分 PPI 风险预测模型表现出一定的预测性能,但在方法学上尚不完善,存在较高的偏倚风险,且临床实践率低,因此现有的模型不能推荐用于临床实践。未来的研究应着力解决以上问题,构建基于多中心、大样本数据的预测模型,尤其是可以关注模型的多中心外部验证,严格遵循 TRIPOD 声明规范研究方法和报告流程,以建立可用于临床实践的 PPI 风险预测模型。

[参 考 文 献]

- [1] LI X, ZHANG H, JIA Z, et al. Urinary continence outcomes of four years of follow-up and predictors of early and late urinary continence in patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy[J]. BMC Urol, 2020, 20(1): 29. DOI: 10.1186/s12894-020-00601-w.
- [2] 顾婕,马倩云,高旭,等.前列腺癌术后尿失禁患者康复护理方案的构建及应用[J].中华护理杂志,2023, 58(9):1029-1036. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769. 2023.09.001.
- [3] HANEY C M, KOWALEWSKI K F, WESTHOFF N, et al. Robot-assisted versus conventional laparoscopic radical prostatectomy: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials[J]. Eur Urol Focus, 2023, 9(6): 930-937. DOI: 10.1016/j.euf. 2023.05.007.
- [4] D'ANCONA C, HAYLEN B, OELKE M, et al. The International Continence Society (ICS) report on the terminology for adult male lower urinary tract and pelvic floor symptoms and dysfunction[J]. Neurourol Urodyn, 2019, 38(2): 433-477. DOI: 10.1002/nau.23897.
- [5] 谷鸿秋,周支瑞,章仲恒,等.临床预测模型:基本概念、应用场景及研究思路[J].中国循证心血管医学杂志,2018,10(12):1454-1456,1462. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2018.12.04.
- [6] MOONS K G M, DE GROOT J A H, BOUWMEESTER W, et al. Critical appraisal and data extraction for systematic reviews of prediction modelling studies: the CHARMS checklist[J]. PLoS Med, 2014, 11(10): e1001744. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001744.
- [7] 陈香萍,张奕,庄一渝,等. PROBAST: 诊断或预后多因素预测模型研究偏倚风险的评估工具[J].中国循证医学杂志,2020,20(6):737-744. DOI: 10.7507/1672-2531.201910087.
- [8] MOONS K G M, WOLFF R F, RILEY R D, et al. PROBAST: a tool to assess risk of bias and applicability of prediction model studies: explanation and elaboration[J]. Ann Intern Med, 2019, 170(1): W1-W33. DOI: 10.7326/M18-1377.
- [9] RUSCIO J, MULLEN T. Confidence intervals for the probability of superiority effect size measure and the area under a receiver operating characteristic curve[J]. Multivariate Behav Res, 2012, 47(2): 201-223. DOI: 10.1080/00273171.2012.658329.
- [10] HIGGINS J P T, THOMPSON S G, DEEKS J J, et al. Measuring inconsistency in meta-analyses[J]. BMJ, 2003, 327(7414): 557-560. DOI: 10.1136/bmj.327.7414.557.
- [11] PINKHASOV R M, LEE T, HUANG R, et al. Prediction of incontinence after robot-assisted radical prostatectomy: development and validation of a 24-month incontinence nomogram[J]. Cancers, 2022, 14(7): 1644. DOI: 10.3390/cancers14071644.
- [12] BARNOIU O S, BARON LOPEZ F, GARCIA GALISTEO E, et al. Comprehensive prediction model of urinary incontinence one year following robot-assisted radical prostatectomy[J]. Urol Int, 2013, 90(1): 31-35. DOI: 10.1159/000343735.
- [13] COLLETTE E R P, KLAVER S O, LISSENBERG-WITTE B I, et al. Patient reported outcome measures concerning urinary incontinence after robot assisted radical prostatectomy: development and validation of an online prediction model using clinical parameters,

- lower urinary tract symptoms and surgical experience[J]. *J Robot Surg*, 2021, 15(4): 593-602. DOI: 10.1007/s11701-020-01145-9.
- [14] MATSUSHITA K, KENT M T, VICKERS A J, et al. Preoperative predictive model of recovery of urinary continence after radical prostatectomy[J]. *BJU Int*, 2015, 116(4): 577-583. DOI: 10.1111/bju.13087.
- [15] JEONG S J, YEON J S, LEE J K, et al. Development and validation of nomograms to predict the recovery of urinary continence after radical prostatectomy: comparisons between immediate, early, and late continence[J]. *World J Urol*, 2014, 32(2): 437-444. DOI: 10.1007/s00345-013-1127-y.
- [16] ZHANG F, CHU H, HAO Y, et al. Preoperative predictive model of early urinary continence recovery after laparoscopic radical prostatectomy[J]. *World J Urol*, 2023, 41(1): 59-65. DOI: 10.1007/s00345-022-04198-7.
- [17] 毛海,张帆,张展奕,等.基于MRI前列腺腺体相关参数构建腹腔镜前列腺癌术后尿失禁的预测模型[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2023, 55(5): 818-824. DOI: 10.19723/j.issn.1671-167X.2023.05.007.
- [18] 钟潇,王宇,袁丹,等.基于人工神经网络数据挖掘技术的前列腺癌术后早期尿控恢复预后模型研究[J]. *中国男科学杂志*, 2023, 37(3): 39-47. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0848.2023.03.007.
- [19] 王建业,廖利民,张耀光.提高我国前列腺癌术后尿失禁的防治水平[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2022, 43(9): 648-650. DOI: 10.3760/cma.j.cn112330-20220820-00004.
- [20] CAMPODONICO F, MANUPUTTY E E, CAMPORA S, et al. Age is predictive of immediate postoperative urinary continence after radical retropubic prostatectomy[J]. *Urol Int*, 2014, 92(3): 276-281. DOI: 10.1159/000353414.
- [21] STRASSER H, FRAUSCHER F, HELWEG G, et al. Transurethral ultrasound: evaluation of anatomy and function of the rhabdosphincter of the male urethra[J]. *J Urol*, 1998, 159(1): 100-105. DOI: 10.1016/s0022-5347(01)64025-4.
- [22] GACCI M, SAKALIS V I, KARAVITAKIS M, et al. European association of urology guidelines on male urinary incontinence[J]. *Eur Urol*, 2022, 82(4): 387-398. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.05.012.
- [23] 谷鸿秋,王俊峰,章仲恒,等.临床预测模型:模型的建立[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2019, 11(1): 14-16, 23. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2019.01.04.
- [24] 栗宇霜,李艳,高虹,等.食管癌术后吻合口瘘风险预测模型的系统评价与Meta分析[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2025, 32(2): 230-236. DOI: 10.7507/1007-4848.202310031.
- [25] 叶五一,许寅聪,焦守坤.众数自适应Lasso回归的统计推断[J]. *应用概率统计*, 2024, 40(1): 107-121. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4268.2024.01.007.
- [26] 丁莹,周春桥,蒋丹华,等.基于LASSO回归建立模型预测清宫术后剖宫产瘢痕妊娠残留[J]. *中国医学影像技术*, 2023, 39(12): 1847-1851. DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2023.12.024.
- [27] 秦娅莉,陈静,李军,等.肺结核患者氟喹诺酮类耐药影响因素预测模型的构建与验证:基于LASSO-Logistic回归模型[J]. *中国全科医学*, 2024, 27(30): 3776-3783. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0909.
- [28] DAMEN J A A G, HOOFT L, SCHUIT E, et al. Prediction models for cardiovascular disease risk in the general population: systematic review[J]. *BMJ*, 2016, 353: i2416. DOI: 10.1136/bmj.i2416.
- [29] 曹煜隆,单娇,龚志忠,等.个体预后与诊断预测模型研究报告规范:TRIPOD声明解读[J]. *中国循证医学杂志*, 2020, 20(4): 492-496. DOI: 10.7507/1672-2531.201912032.
- [30] COLLINS G S, REITSMA J B, ALTMAN D G, et al. Transparent reporting of a multivariable prediction model for individual prognosis or diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD statement. The TRIPOD Group[J]. *Circulation*, 2015, 131(2): 211-219. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.014508.

[本文编辑] 魏莎莎