·临床研究·

基于超声及临床参数构建产后压力性尿失禁的风险预测模型

鲍春旭，王乐，王红，马小萍

【摘要】目的　分析产后压力性尿失禁（SUI）的危险因素，基于危险因素构建预测模型并验证。**方法**　回顾性选取银川市第一人民医院 2020 年 1 月至 2023 年 12 月收治的产后 6 ～ 13 周接受盆底超声筛查的产妇 646 例，按照 7∶3 比例将研究对象随机分为训练集（452 例）及验证集（194 例），训练集研究对象根据 3 个月内超声筛查情况分为 SUI 组和非 SUI 组，比较两组临床资料和超声检测指标的差异，采用 Logistic 多因素回归分析探究产后 3 个月内发生 SUI 的危险因素。基于危险因素构建预测模型，并采用受试者工作特征（ROC）曲线、校准曲线及临床决策曲线分析模型的区分度、拟合程度及临床应用价值。**结果**　训练集中发生 SUI 136 例（30.1%）。SUI 组和非 SUI 组产妇年龄，体质量指数（BMI），产次，经阴道分娩，尿道内口漏斗，新生儿体质量，静息状态下膀胱尿道后角（RVAR），Valsalva 状态下膀胱尿道后角（RVAV）、尿道倾斜角（UTAV）、膀胱颈距耻骨联合后下缘距离（BDSV），尿道旋转角（URA），膀胱颈移动度（BND）差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$）；Logistic 多因素回归分析提示年龄、BMI、经阴道分娩、尿道内口漏斗、URA、RVAV、BND 为 SUI 的独立危险因素（均 $P < 0.05$）。基于这些因素构建列线图，训练集和验证集的曲线下面积（*AUC*）为 0.948，0.943；校准曲线的曲线斜率均接近于理想参考线；临床决策曲线提示在 0.01 ～ 0.9 阈值范围内，模型预测产后 SUI 时可获得净效益。**结论**　产妇年龄、BMI、经阴道分娩、尿道内口漏斗、URA、RVAV 及 BND 是发生产后 SUI 的危险因素，基于这些因素构建的模型预测价值较高。

【关键词】　超声；压力性尿失禁；产后；预测模型

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.10.011

【中图分类号】　R695　**【文献标志码】**　A　**【文章编号】**　1671-0800(2025)10-1035-05

压力性尿失禁（stress urinary incontinence，SUI）指在腹压急剧增加时，如咳嗽、大笑或打喷嚏时尿液不自主的流出[1]，妊娠和分娩是 SUI 的主要危险因素[2]。调查显示，产后 SUI 的患病率在 6.9%～ 47%不等[3]，严重影响女性的社交活动及身心健康，而尽早进行产后盆底康复锻炼可有效改善女性盆底功能，降低 SUI 的发生率，提高产后女性的生活质量[4]。因此，早期识别高危人群并对产后 SUI 进行风险预测显得非常重要。本研究回顾性分析宁夏地区产后妇女的超声及临床参数，探讨产后 3 个月内发生 SUI 的危险因素，并构建风险预测模型，试图通过该模型识别发生产后 SUI 的高危人群，帮助临床进行早期康复治疗，从而减少 SUI 的发生，现报道如下。

基金项目：　银川市科技创新团队（2023CXTD29）

作者单位：　750001 银川，宁夏医科大学第二临床医学院（鲍春旭）；银川市第一人民医院（鲍春旭、王乐、王红、马小萍）

通信作者：　马小萍，Email：13995108455@163.com

1　资料与方法

1.1　一般资料　回顾性选取 2020 年 1 月至 2023 年 12 月产后 6 ～ 13 周在银川市第一人民医院接受盆底超声筛查的产妇 646 例，纳入标准：（1）足月单胎产妇；（2）年龄≥18 岁；（3）无孕前盆底功能障碍性疾病，未行产后盆底康复。排除标准：（1）有盆底手术史者，（2）严重心肺疾病者，（3）妊娠并发症者，（4）泌尿系统疾病者。按 7∶3 比例将研究对象分为训练集（452 例）与验证集（194 例）。在此基础上，依据国际妇产科联盟（FIGO）制定的压力性尿失禁（SUI）临床诊断标准，将训练集产妇划分为非 SUI 组和 SUI 组。本研究获得银川市第一人民医院伦理审查委员会批准。

1.2　方法

1.2.1　超声检测　使用 Philips EPIQ 系列超声诊断仪，配备 3 ～ 10 MHz 阴道超声探头，1 ～ 5 MHz 凸阵探头。检查前，患者膀胱尿量＜ 50 ml，在膀胱

Modern Practical Medicine, October 2025, Vol. 37, No. 10

截石位下将探头置于会阴部，取盆底正中矢状切面，测量膀胱逼尿肌厚度（DWT），以耻骨联合后下缘水平线为参考线，在静息状态下测量膀胱颈距耻骨联合后下缘距离（BDSR）、尿道倾斜角（UTAR）及膀胱尿道后角（RVAR），并在Valsalva状态下测量膀胱颈距耻骨联合后下缘距离（BDSV）、尿道倾斜角（UTAV）及膀胱尿道后角（RVAV），观察尿道内口有无漏斗形成。同一患者参数由同一名医师完成，测量3次，取平均值。以参考线为基准，膀胱颈位于水平线上定义为“+”值，水平线下则为“–”值，计算膀胱颈移动度（BND），BND=BDSR−BDSV；以人体纵轴线为基准，当尿道长轴位于纵轴线右侧时倾斜角定为“+”值，反之为“–”值，计算尿道旋转角（URA），URA=|UTAR−UTAV|。

1.2.2　临床资料采集　通过电子病例及电子数据库获取研究对象年龄、体质量指数（BMI）、产后筛查时间、产次、分娩方式及新生儿体质量等资料。

1.3　统计方法　应用R 4.2.2统计软件及MASTER软件进行统计分析，计量资料用均数±标准差表示，组间比较采用独立样本t检验；计数资料用频数或率表示，组间比较采用χ^2检验。通过LASSO回归筛选产后SUI自变量，在此基础上进行多因素Logistic回归分析其危险因素，并绘制列线图，以受试者工作特征曲线（receive operator characteristic curve，ROC）检验模型的区分度，绘制校准曲线评估模型拟合程度，此外通过临床决策曲线（decision curve analysis，DCA）评估模型的临床应用价值。$P<0.05$表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　两组临床资料及盆底超声参数比较　训练集（452例）发生产后SUI 136例（30.1%）。SUI组和非SUI组年龄、BMI、产次、经阴道分娩、尿道内口漏斗、新生儿体质量、RVAR、UTAV、RVAV、BDSV、URA、BND差异均有统计学意义（均$P<0.05$），见表1、图1。

2.2　筛选影响产后SUI发生的潜在危险因素　将临床资料及超声参数作为自变量，以产后发生SUI为因变量应用LASSO回归分析筛选变量，λ为惩罚系数，当交叉验证误差在一个标准差内时，筛选出9个变量，分别为年龄、BMI、产次、经阴道分娩、尿道内口漏斗、RVAV、URA、BDSV、BND，见图2。

表1　SUI组和非SUI组产妇临床资料及超声指标比较

参数		SUI组（n=136）	非SUI组（n=316）	t（χ^2）值	P值
年龄（岁）		31.4±5.0	29.6±4.8	3.58	＜0.05
产后筛查时间（d）		47.82±10.80	48.40±9.76	0.56	＞0.05
BMI（kg/m^2）		24.33±3.50	23.37±3.70	2.64	＜0.05
产次[例（%）]	1次	84（61.76）	119（37.66）	（22.33）	＜0.05
	＞1次	52（38.24）	197（62.34）		
经阴道分娩[例（%）]	否	13（9.56）	140（44.30）	（51.26）	＜0.05
	是	123（90.44）	176（55.70）		
新生儿体质量（kg）		3.36±0.34	3.28±0.49	2.08	＜0.05
DWT（mm）		2.16±0.57	2.11±0.54	0.91	＞0.05
尿道内口漏斗[例（%）]	无	65（47.79）	298（94.30）	（130.06）	＜0.05
	有	71（52.21）	18（5.70）		
UTAR（°）		19.17±14.88	18.94±10.21	0.16	＞0.05
RVAR（°）		119.48±14.14	113.86±19.16	3.46	＜0.05
BDSR（mm）		23.94±4.31	24.26±4.18	0.73	＞0.05
UTAV（°）		−21.17±64.71	−1.16±41.86	3.32	＜0.05
RVAV（°）		161.02±13.69	134.73±20.32	16.05	＜0.05
BDSV（mm）		−11.87±6.55	2.56±10.43	17.76	＜0.05
URA（°）		79.59±20.86	43.63±27.16	15.29	＜0.05
BND（mm）		35.88±6.05	22.08±9.56	18.46	＜0.05

注：SUI为压力性尿失禁，BMI为体质量指数，DWT为逼尿肌厚度，UTAR为静息状态下尿道倾斜角，RVAR为静息状态下膀胱尿道后角，BDSR为静息状态下膀胱颈距耻骨联合后下缘距离，UTAV为Valsalva状态下尿道倾斜角，RVAV为Valsalva状态下膀胱尿道后角，BDSV为Valsalva状态下膀胱颈距耻骨联合后下缘距离，URA为尿道旋转角，BND为膀胱颈移动度

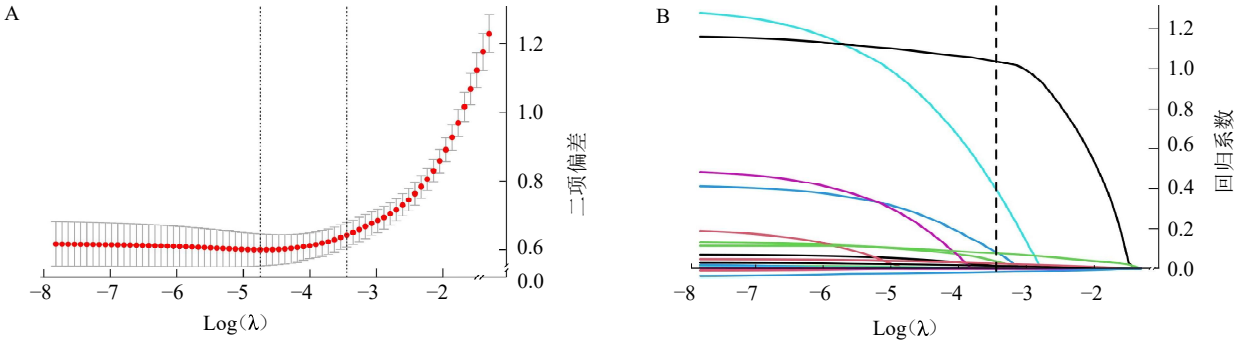
2.3　发生产后 SUI 的多因素分析　在 LASSO 回归筛选的变量基础上，进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示年龄、BMI、经阴道分娩、尿道内口漏斗、URA、RVAV、BND 为发生产后 SUI 的独立危险因素（均 $P < 0.05$），见表 2。

2.4　发生产后 SUI 的列线图预测模型构建并验证　基于年龄、BMI、经阴道分娩、尿道内口漏斗、URA、RVAV、BND 构建列线图，见图 3。训练集曲线下面积为 0.948（95% *CI*：0.930 ～ 0.967），验证集曲线下面积为 0.943（95% *CI*：0.921 ～ 0.965），见图 4。校准曲线的曲线斜率均接近于理想参考线，提示该模型拟合程度较好，见图 5。绘制 DCA 曲线提示在 0.01 ～ 0.9 范围内，预测产后 SUI 时可获得净效益，见图 6。



注：A、B 为 SUI 组静息状态下尿道倾斜角、膀胱尿道后角；C、D 为 SUI 组 Vasaval 状态下尿道倾斜角、膀胱尿道后角；E、F 为非 SUI 组静息状态下尿道倾斜角、膀胱尿道后角；G、H 为非 SUI 组 Valsalva 状态下尿道倾斜角、膀胱尿道后角。SUI 为压力性尿失禁

图 1　SUI 组与非 SUI 组超声检测



注：A 为 LASSO 回归交叉验证，B 为 LASSO 回归变量选择路径图。SUI 为压力性尿失禁

图 2　SUI 的潜在危险因素筛选

表 2　产后 SUI 的多因素分析

参数	*β* 值	*SE* 值	Waldχ^2 值	*P* 值	*OR* 值	95%*CI*
年龄	0.08	0.04	4.29	＜ 0.05	1.08	1.00 ～ 1.16
BMI	0.15	0.05	10.44	＜ 0.05	1.17	1.06 ～ 1.28
产次＞ 1	0.38	0.35	1.14	＞ 0.05	1.46	0.73 ～ 2.91
经阴道分娩	1.31	0.45	8.57	＜ 0.05	3.68	1.54 ～ 8.82
尿道内口漏斗	1.18	0.38	9.57	＜ 0.05	3.24	1.54 ～ 6.84
RVAV	0.05	0.01	22.67	＜ 0.05	1.05	1.03 ～ 1.07
BDSV	−0.04	0.03	1.18	＞ 0.05	0.97	0.90 ～ 1.03
URA	0.03	0.01	10.21	＜ 0.05	1.03	1.01 ～ 1.05
BND	0.12	0.04	9.75	＜ 0.05	1.12	1.04 ～ 1.21
常数	−21.22	2.86	54.89	＜ 0.05	0	

注：SUI 为压力性尿失禁，BMI 为体质量指数，RVAV 为 Valsalva 状态下膀胱尿道后角，BDSV 为 Valsalva 状态下膀胱颈距耻骨联合后下缘距离，URA 为尿道旋转角，BND 为膀胱颈移动度

Modern Practical Medicine, October 2025, Vol. 37, No. 10

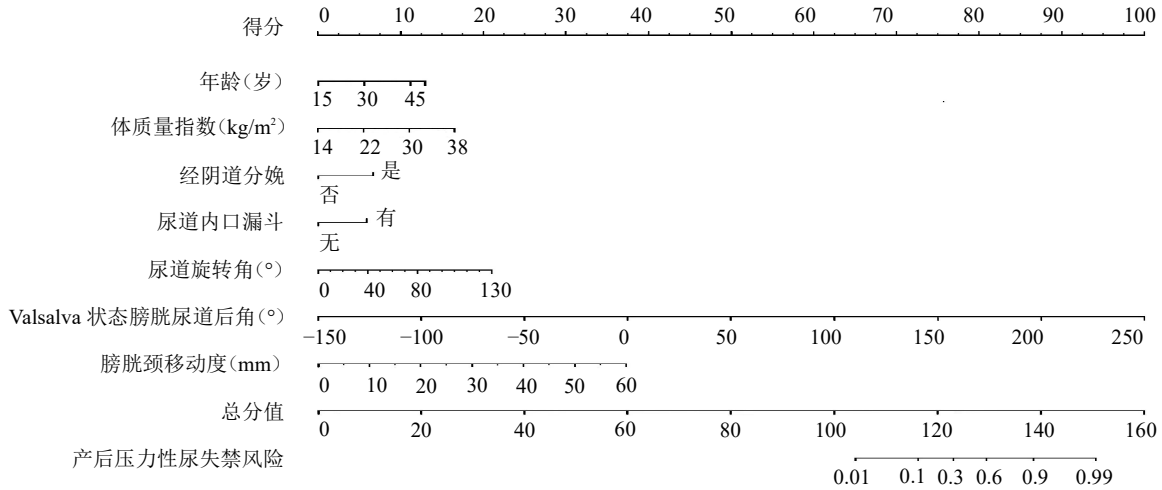


图 3 预测发生产后压力性尿失禁的列线图模型

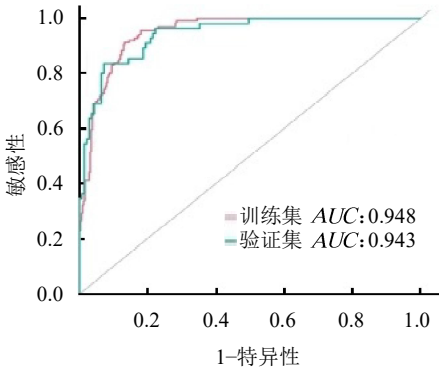


图 4 训练集与验证集列线图模型的受试者工作特征（ROC）曲线分析

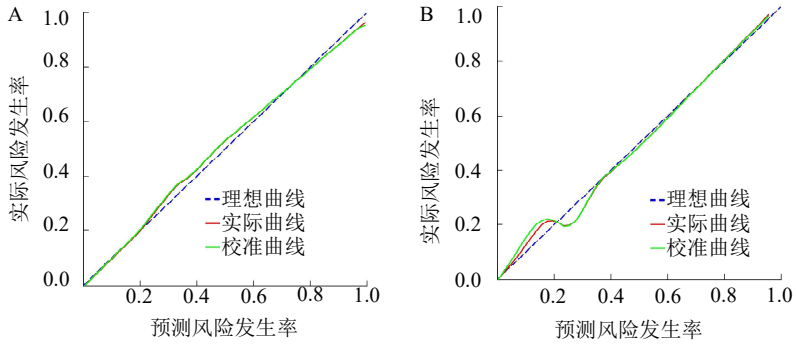


图 5 训练集（A）和验证集（B）列线图模型的校准曲线

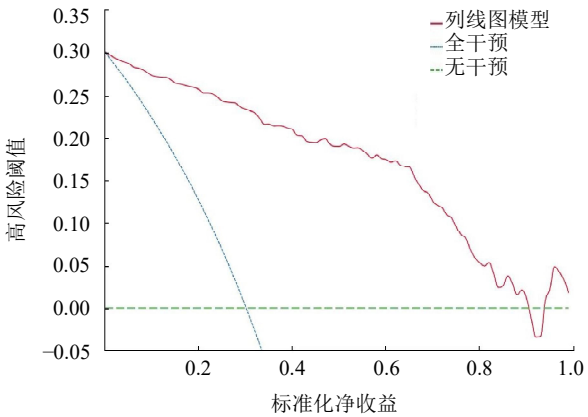


图 6 列线图模型的临床决策曲线

3 讨论

正常情况下，人体腹压突然增加时，尿道在神经、肌肉与结缔组织协同作用下维持闭合压，防止尿液渗漏。若膀胱及尿道支持结构受损，盆底肌与尿道括约肌收缩力下降，膀胱内压超过尿道闭合压，即发生 SUI[5]。妊娠与分娩是产后 SUI 的重要诱因，尽管部分产妇通过自我修复改善盆底功能，仍有约 50%的女性在产后 5 ～ 10 年内持续受 SUI 困扰，严重影响生活质量[6]。因此，早期识别 SUI 高危产妇并实施干预至关重要。

本研究结果显示，SUI 组和非 SUI 组产妇年龄、BMI、产次、分娩方式差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$），其中年龄、BMI 及经阴道分娩是发生 SUI 的危险因素（均 $P < 0.05$），与既往研究一致[1,7]。经阴道分娩可能造成阴部神经丛及盆底肌群等的机械性损伤，引起尿道局部炎性反应，胶原分解和平滑肌收缩抑制[8]。同时，分娩过程中盆底肌肉承受超过 300%的负荷，易导致骨盆底肌肉损伤。相比之下，剖宫产因避免产道扩张，对盆底结构保护更具优势[9]。本研究结果显示，经阴道分娩明显增加了发生 SUI 的风险（*OR*=3.68）。此外，孕期 BMI 的增加会增加腹压，并持续牵拉盆底组织，导致盆底结构损伤。高龄也是 SUI 的潜在危险因素，有研究[10]显示，高龄产妇与产后 SUI 具有显著相关性，且 35 岁以上妇女产后 3

个月首发 SUI 的风险增加 2.21 倍，而 40 岁左右妇女产后 1 ～ 2 年 SUI 发生率增加了 4 倍。虽然本研究未进一步对年龄进行分组研究，但 SUI 组整体年龄高于非 SUI 组（$P < 0.05$），年龄是发生 SUI 的危险因素（$P < 0.05$），考虑可能与高龄产妇盆底易损性及自我修复能力下降有关。

盆底超声作为盆底功能筛查的首选方法，可清晰观察膀胱等脏器的位置与功能状态。本研究结果显示，SUI 组和非 SUI 组尿道内口漏斗、RVAR、UTAV、RVAV、BDSV、URA、BND 差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$），其中尿道内口漏斗、URA、RVAV、BND 是 SUI 的独立危险因素（均 $P < 0.05$），与文献[6，11-12]研究一致。妊娠及分娩损伤盆底结构，致膀胱颈、尿道活动度增加，Valsalva 动作下尿道倾斜角增加，尿道随膀胱颈下移并逆时针转动，超声表现为 SUI 组 BND、URA、RVAV 较非 SUI 组显著增大[13]。此外，尿道内口漏斗形成使得 SUI 的风险增加了 3.24 倍，这可能是尿道周围组织支撑力量减弱，当腹压突然增加时，无法有效控尿[14]。

基于 LASSO 回归及 Logistic 多因素分析，本研究绘制了包含年龄、BMI、经阴道分娩、尿道内口漏斗、URA、RVAV、BND 等危险因素的预测模型并验证。训练集 ROC 曲线的 *AUC* 为 0.948（95% *CI*：0.930 ～ 0.967）、验证集 *AUC* 为 0.943（95% *CI*：0.921 ～ 0.965）提示模型具有较好的区分度；校准曲线显示模型中校准曲线的曲线斜率均接近于理想参考线，提示该模型拟合程度较好；DCA 曲线提示模型在 0.01 ～ 0.9 阈值范围内具有较高的临床价值，提示整合临床及超声参数，有助于产后 SUI 的风险预测。

本研究存在一些不足：（1）本研究为单中心研究，危险因素及其权重可能存在地区差异；（2）缺乏外部验证，后续需扩大样本并进行外部验证，以进一步评估模型的临床应用效能。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　鲍春旭：实验操作、论文撰写及修改；王乐：数据整理、统计学分析；王红：实验操作；马小萍：研究指导、经费支持

参 考 文 献

[1] LIU W, QIAN L X. Establishment and validation of a risk prediction model for postpartum stress urinary incontinence based on pelvic floor ultrasound and clinical data[J]. Int Urogynecol J, 2022, 33 (12): 3491-3497.

[2] MOOSSDORFF-STEINHAUSER H F A, BERGHMANS B C M, SPAANDERMAN M E A, et al. Prevalence, incidence and bothersomeness of urinary incontinence between 6 weeks and 1 year post-partum: A systematic review and meta-analysis[J]. Int Urogynecol J, 2021, 32(7): 1675-1693.

[3] 王丽云,张明慧,张新月,等.产后压力性尿失禁风险预测模型的系统评价[J].护理学报,2024,31(3):57-62.

[4] 吴小文,陈巧玲,何爽爽.早期盆底康复锻炼对不同分娩方式产后压力性尿失禁的影响[J].中国妇幼保健,2021,36(1):13-15.

[5] FALAH-HASSANI K, REEVES J, SHIRI R, et al. The pathophysiology of stress urinary incontinence: A systematic review and meta-analysis[J]. Int Urogynecol J, 2021, 32(3): 501-552.

[6] 苏洁,赵红敏,王春丽,等.基于盆底超声及临床数据预测产后发生压力性尿失禁风险的列线图模型[J].现代泌尿外科杂志,2023,28 (11):928-932.

[7] 李雪,张贵清,张丽玲,等.基于超声指标预测产后压力性尿失禁列线图模型建立与验证[J].广西医科大学学报,2023,40(12):2064-2070.

[8] WANG H, GHONIEM G. Postpartum stress urinary incontinence, is it related to vaginal delivery?[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2017, 30(13): 1552-1555.

[9] SOAVE I, SCARANI S, MALLOZZI M, et al. Pelvic floor muscle training for prevention and treatment of urinary incontinence during pregnancy and after childbirth and its effect on urinary system and supportive structures assessed by objective measurement techniques[J]. Arch Gynecol Obstet, 2019, 299(3): 609-623.

[10] HIJAZ A, SADEGHI Z, BYRNE L, et al. Advanced maternal age as a risk factor for stress urinary incontinence: A review of the literature[J]. Int Urogynecol J, 2012, 23(4): 395-401.

[11] 李宁,阚艳敏,李晓松,等.基于判别分析的产后早期压力性尿失禁超声诊断模型的建立[J].临床超声医学杂志,2020,22(8):585-589.

[12] 沈丹萍. 基于盆底超声参数的 Nomogram 模型对产后压力性尿失禁的预测价值研究[D].苏州:苏州大学,2020.

[13] 李利琼,王丹,何冠南,等.盆底超声参数联合血清 25(OH)D 水平检测对产后压力性尿失禁的预测价值及与病情关系 [J]. 影像科学与光化学,2020,38(6):971-976.

[14] 徐净,张奥华,郑志娟,等.尿道内口漏斗各参数诊断女性压力性尿失禁[J].中国医学影像技术,2021,37(8):1196-1199.

收稿日期：2025-07-23

（本文编辑：孙海儿）