

· 论著 ·

经导管主动脉瓣置换术后死亡风险预测模型系统评价

董一娜 雷芳芳 宋启煦 王晶 杨艳

(中国医科大学附属盛京医院, 辽宁 沈阳 110004)

【摘要】目的 系统评价经导管主动脉瓣置换术后死亡风险预测模型。**方法** 在 Cochrane Library、EMBASE、PubMed、Web of Science、中国生物医学文献数据库、中国知网、维普和万方数据库中检索经导管主动脉瓣置换术后死亡风险预测模型,检索时限为 2000 年 1 月 1 日—2021 年 2 月 1 日。由两名研究者独立筛选文献和提取数据,再采用 PROBAST 工具对纳入文献中的模型进行质量评价。**结果** 共纳入 14 项研究,其中 11 项为前瞻性队列研究,3 项为回顾性研究;12 个模型进行了内部或外部验证,3 个模型未验证;纳入模型最常见的预测因子依次为年龄、非股动脉入路、肾小球滤过率、肺动脉高压、体质量指数、NYHA 心功能 IV 级、性别、左室射血分数、血液透析、血清白蛋白以及肺部疾病;住院、术后 30 d 和 1 年的死亡风险预测模型的曲线下面积分别为 0.66~0.74、0.59~0.76 和 0.60~0.83。偏倚结果方面,有 3 项研究的偏倚风险较低,3 项研究的偏倚风险不清楚,8 项研究的偏倚风险较高。偏倚主要来源于数据分析部分,包括缺失数据的处理和预测变量的选择等。**结论** 经导管主动脉瓣置换术后死亡风险预测模型的研究还处于发展阶段,未来应开发性能优良和偏倚风险低的本土预测模型,并进行内部验证和外部验证。

【关键词】 经导管主动脉瓣置换术;经导管主动脉瓣植入术;风险预测;模型;系统评价

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2022.01.020

Mortality Risk Prediction Models After Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Systematic Review

DONG Yina, LEI Fangfang, SONG Qixu, WANG Jing, YANG Yan

(Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning, China)

【Abstract】Objective To systematically review the mortality risk prediction models after transcatheter aortic valve replacement. **Methods** We searched Cochrane Library, EMBASE, PubMed, Web of Science, CBM, CNKI, VIP and Wanfang Data from January 1, 2000 to February 1, 2021. Two researchers independently screened the literature, extracted information, and then used prediction model risk of bias assessment tool (PROBAST) to evaluate the quality of the models included in the literature. **Results** A total of 14 studies were included, of which 11 were prospective cohort studies and 3 were retrospective studies. 12 models were internally or externally verified, while 3 models were not verified. The most common predictors in the included model followed by age, non-femoral approach, glomerular rate filtration, pulmonary hypertension, body mass index, NYHA function class IV, gender, left ventricular ejection fraction, hemodialysis, serum albumin, and lung disease. The area under the curve of the mortality risk prediction models for hospitalization, 30 days, and one year after surgery were 0.66 to 0.74, 0.59 to 0.76, and 0.60 to 0.83 respectively. In terms of results of bias, three studies had a low risk of bias, three studies had an unclear risk of bias, and 8 studies had a higher risk of bias. Bias mainly comes from the data analysis, including the processing of missing data and the selection of predictive variables. **Conclusion** The research on the prediction model of death risk after transcatheter aortic valve replacement is still in the development stage. In the future, a local prediction model with excellent performance and low risk of bias should be developed and internally or externally verified.

【Key words】 Transcatheter aortic valve replacement; Transcatheter aortic valve implantation; Risk prediction; Model; Systematic review

经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR), 又称经导管主动脉瓣植入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI), 是指将组装完备的人工主动脉瓣经导管植入到病变的主动脉瓣处, 在功能上完成主动脉瓣的置换。TAVR 微创

和安全, 可有效地改善主动脉瓣病变患者的心功能和血流动力学指标, 已逐渐替代外科主动脉瓣置换术, 成为解决主动脉瓣狭窄的主要治疗手段^[1-2]。TAVR 可降低术后不良事件风险的发生率, 但术后 30 d 和 1 年内死亡率分别为 8.70% 和 28.00%^[3-4], 因此需评

估患者 TAVR 术后的死亡风险,早期识别高危患者,及时进行针对性的预防和治疗以提高患者的生存率和生存质量。临床预测模型支持术前风险评估,可有效地识别 TAVR 术后高死亡风险的患者。国外虽有相关综述^[5],但其纳入的部分模型是在其他心脏手术患者中开发出来而用于 TAVR 患者,未广泛检索评估针对 TAVR 患者的专有模型,国内现阶段尚无构建 TAVR 患者术后死亡风险预测模型的高质量研究或系统评价,无法对现有的风险预测模型进行循证推荐。护理实践中使用风险预测模型对患者进行危险分层管理,可提高护理人员对患者病情观察的能力,及时制定不同的护理方案以减少患者术后不良事件的发生^[6]。本研究旨在对 TAVR 术后死亡风险预测模型进行科学评估,帮助临床护理人员筛选出准确有效的模型,提高 TAVR 患者护理的精准性,降低死亡风险。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

1.1.1 研究类型

队列研究、病例对照研究和回顾性研究。

1.1.2 研究对象

研究对象为 TAVR 成年患者。

1.1.3 研究内容

(1) TAVR 患者术后死亡风险预测模型的构建或验证;(2)临床结局:TAVR 患者术后死亡率;(3)结局指标:风险预测模型的曲线下面积(area under the curve, AUC)值。

1.1.4 排除标准

(1)文献内容只分析了风险预测模型的预测因子,未构建风险预测模型;(2)文献的主要内容为模型性能的比较或其他预后指标模型的验证或建立;(3)文献的数据不完整,统计分析有误,无法获得全文以及摘要提供信息不全的文献。

1.2 计算机检索策略

检索的数据库有英文数据库: Cochrane Library、EMBASE、PubMed 和 Web of Science。中文数据库:万方数据知识服务平台、维普(VIP)、知网(CNKI)以及中国生物医学文献数据库(CBM),检索时间为 2000 年 1 月 1 日—2021 年 2 月 1 日。此外,手工检索纳入文献的参考文献,以补充获取相关文献。英文检索词: transcatheter aortic valve replacement/transcatheter aortic valve implantation/prediction model/prognostic model/risk stratification model/model/risk factor/predictor。中文检索词:经导管主动脉瓣置换术/经导管主动脉瓣植入术/风险预测模型/风险预测评分/风

险预测工具。

1.3 文献筛选与数据提取

由两名研究者独立筛选文献,提取资料并交叉核对,如遇分歧,则咨询第三方并达成一致。首先阅读全文题和摘要,排除明显不相关的文献后进一步阅读全文,以确定最终是否纳入。

1.4 纳入文献的偏倚风险和适用性评估

本研究文献偏倚风险评价采用的是 PROBAST (Prediction model Risk Of Bias ASsessment Tool)^[7]。PROBAST 从纳入研究人群、预测因子、结果以及数据分析四个方面对风险预测模型进行偏倚风险和适用性评价。每部分内容通过“是”“不是”和“不清楚”三个标准进行评价,在偏倚风险和临床适用性方面依据各部分评价结果综合评为“高”“低”和“不清楚”。本研究由两名研究者单独对文献进行逐一评价,如结果不一致,产生分歧,则由第三名研究者参与讨论,确定最终结果。

2 结果

2.1 文献筛选流程和结果

初检共获得相关文献 4 223 篇,经逐层筛选后,最终纳入 14 项研究。文献筛选流程及结果见图 1。

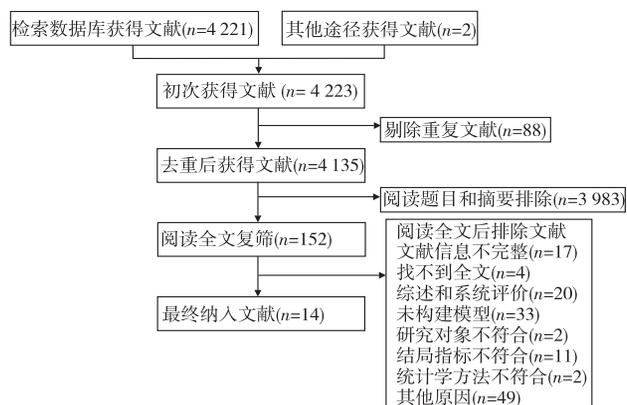


图 1 文献筛选流程

2.2 纳入研究的基本特征

共纳入 14 篇与 TAVR 术后死亡风险预测模型建立相关的研究,全为国外研究,纳入研究中有 13 项多中心研究和 1 项单中心研究。研究的结局指标为住院死亡率(3.30%~5.30%)、术后 30 d 死亡率(3.40%~10.00%)或术后 1 年的死亡率(7.95%~28.00%)。纳入文献的基本特征见表 1^[4,8-20]。

2.3 模型的建立情况

模型建立方法方面,9 项研究应用 logistic 回归方法,5 项应用 Cox 比例风险模型,其中 6 项研究将单因素分析具有统计学意义的候选因子作为自变量采用前进法或后退法进行多因素 logistic 回归或 Cox 回归,筛选出预测结局事件的独立预测因子^[4,9,13-15,17,19],

4 项研究采用逐步回归法^[8,12,20],其余采用其他方法或未报告。在缺失数据方面,有 7 项研究报告数据缺失,其中 3 项研究数据缺失极少可忽略不计^[8,15,20],2 项研究数据得到正确处理包括采取链式方程多重推算^[12]和中位数替代法^[16]。模型呈现方式主要是赋值评分法和公式法(见表 2)。

表 1 纳入文献的基本特征

纳入研究	国家	研究类型	模型	样本量(建模/验模)/例	验模方法	结局指标(总死亡率)	模型描述	
							AUC(建模/验模)	校准方法
Wilde 2021 ^[4]	德国	回顾性	RRS	219/—	未验证	③28.00%	0.75/—	未报告
Schiller 2017 ^[8]	德国	前瞻性	GAVS- II	18 054/18 129	内部验证	①4.50%	—/0.74	Hosmer-Lemeshow
Lantelme 2020 ^[9]	法国	回顾性	FTS	10 221/10 222	内部验证	③7.95%	0.67/0.65	Hosmer-Lemeshow
Yamamoto 2021 ^[10]	日本	前瞻性	—	1 931/644	内部验证	③—	—/0.76	Hosmer-Lemeshow
Seiffert 2014 ^[11]	德国	前瞻性	TARIS	845/333	外部验证	③24.50%	0.66/0.60	Hosmer-Lemeshow
Martin 2018 ^[12]	英国	前瞻性	UK-TAVI	6 339/2 969	内部验证	②5.14%	0.66/0.64	未报告
Hermiller 2016 ^[13]	美国	前瞻性	—	2 482/1 205	内部验证	②5.80%	0.76/0.75	未报告
Hermiller 2016 ^[13]	美国	前瞻性	—	2 482/1 205	内部验证	③22.80%	0.83/0.79	未报告
Debonnaire 2015 ^[14]	荷兰/意大利	回顾性	TAVI2-SCORE	511/100	内部验证	③17.00%	0.72/—	Hosmer-Lemeshow
Capodanno 2014 ^[15]	意大利	前瞻性	OBSERVANT	1 165/622	随机拆分验证	②6.00%	0.73/0.71	Hosmer-Lemeshow Brier 评分
Arnold 2018 ^[16]	美国	前瞻性	—	15 163/6 498	内部验证	②4.70%	0.71/0.70	Hosmer-Lemeshow
Iung 2014 ^[17]	法国	前瞻性	FRANCE-2	2 522/1 281	内部验证	②10.00%	0.68/0.59	Hosmer-Lemeshow
Halkin 2016 ^[18]	以色列	前瞻性	IRRMA	1 327/—	未验证	②3.40%	0.63/—	未报告
Veulemans 2019 ^[19]	德国	前瞻性	NSMRM	874/—	未验证	③11.40%	0.68/—	未报告
Edwards 2016 ^[20]	美国	前瞻性	STS/ACC-TAVR	13 718/6 868	随机拆分验证	①5.30%	0.67/0.66	Hosmer-Lemeshow

注:RRS 为 The Rhineland Risk Score,GAVS- II 为 The German Aortic Valve Score II,FTS 为 Futile TAVI Simple score,TARIS 为 TAVI Risk Score,IRRMA 为 The Israeli TAVR Registry Risk Model,①为住院死亡率,②为术后 30 d 死亡率,③为术后 1 年死亡率,“—”表示原文未提及及相关名称或数字。

表 2 纳入研究的建模方法和预测因子

纳入研究	建模方法	变量选择	危险因素赋分/分层方法	因子个数	预测因子
Edwards 2016 ^[20]	logistic 回归	逐步回归	未具体描述危险因素赋分/风险分层方法	7	高龄、GFR、血液透析、NYHA 心功能 IV 级、严重的慢性肺部疾病、非股动脉入路和手术紧急状态
Yamamoto 2021 ^[10]	logistic 回归	向前逐步选择法	公式法:以各因子的回归系数得出死亡发生概率 P 的计算公式;赋分:依据预测因子所占比例进行赋分	9	性别、BMI、衰弱、心房颤动、既往心脏外科手术、血清白蛋白、GFR、外周动脉疾病和肺部疾病
Arnold 2018 ^[16]	logistic 回归	未报告	未具体描述危险因素赋分/风险分层方法	11	高龄、低体重、肾功能较差、外周动脉疾病、家庭氧疗、心肌梗死病史、冠状动脉左主干疾病、三尖瓣反流、非股动脉入路、基线健康状况和不能行走
Schiller 2017 ^[8]	logistic 回归	向后逐步选择法	以各因子 β 系数得出计算死亡风险发生率的公式	18	年龄、性别、BMI、NYHA 心功能 IV 级、加拿大心血管学会心绞痛分级(III 或 IV 级)、48 h 内心源性休克/失代偿、48 h 内心肺复苏、肺动脉高压、窦性心律、美国麻醉医师协会麻醉严重级别 4/5 级、左室射血分数、冠状动脉疾病、感染性心内膜炎/败血症、糖尿病、动脉血管疾病、术前血液透析或血清肌酐水平、机械循环支持
Debonnaire 2015 ^[14]	Cox 回归	向后逐步选择法	赋分:危险因素依据风险比例被赋予 1~2 分;分层:依据 0/1/2/3/4 的节点分为不同风险类别	8	胸主动脉钙化、贫血、左室射血分数、近期心肌梗死(TAVI 术前 90 d 以内)、性别、严重主动脉瓣狭窄、高龄和 GFR

续表

纳入研究	建模方法	变量选择	危险因素赋分/分层方法	因子个数	预测因子
Veulemans 2019 ^[19]	Cox 回归	未报告	赋分:HR 在 1.00 ~ 1.74 的预测因子得 1 分,HR 在 1.75 ~ 2.49 的预测因子得 2 分,HR \geq 2.50 的预测因子得 3 分; 分层:阶段 1(\leq 3 分),阶段 2(4~6 分), 阶段 3(\geq 7 分)	7	主动脉瓣狭窄、肺动脉平均压 \geq 28 mm Hg、中至重度三尖瓣反流、口服抗凝药物、肾脏替代治疗、糖尿病、经心尖入路
Hermiller 2016 ^[13]	Cox 回归	逐步回归法	赋值:依据每个预测变量 HR 的风险比例进行评分; 分层:低风险(0 分),中风险(1~2 分),高风险(3~7 分)	4	30 d 死亡率预测因子:家庭氧疗、日常生活需辅助设施、白蛋白水平和高龄
Hermiller 2016 ^[13]	Cox 回归	逐步回归法	赋值:依据每个预测变量 HR 的风险比例进行评分; 分层:低风险(0~1 分),中风险(2~3 分),高风险(4~6 分)	5	1 年死亡率的预测因子:家庭用氧、白蛋白水平、6 个月内跌倒史、Charlson 共病评分高和美国胸外科医师协会心脏手术风险评估模型评分 $>$ 7%
Capodanno 2014 ^[15]	logistic 回归	逐步回归法	赋值:依据预测因素所占比例赋予相应分数,预测因子赋分范围 3~6 分; 分层:低风险(0~6 分),中风险(7~13 分),高风险(\geq 14 分)	7	糖尿病、GFR、肺动脉高压、术前危重状态 and NYHA 心功能 IV 级、主动脉瓣球囊成形术病史和左室射血分数
Iung 2014 ^[17]	logistic 回归	向后逐步选择法	赋值:各因子 β 系数乘以 10/3 的值取整数	9	高龄、BMI、NYHA 心功能 IV 级、肺水肿、肺动脉高压、术前临界状态、呼吸功能不全、血液透析和手术入路
Martin 2018 ^[12]	logistic 回归	向后逐步选择法	公式法:利用模型得出的函数计算死亡风险概率	14	年龄、性别、BMI、GFR、肺部疾病、外周动脉疾病、窦性心律、经皮球囊主动脉瓣成形术病史、术前危重状态、移动能力差、Katz 指数、肺动脉收缩压、非股动脉入路和非择期手术
Lantelme 2020 ^[9]	logistic 回归	未报告	赋值:将各因子 β 系数除以最小 β 系数后的值取整数; 分层:低风险(0~4 分),中风险(5~8 分),高风险($>$ 8 分)	14	高龄、心力衰竭、肺水肿、心房颤动史、既往脑卒中史、血管疾病、肾脏疾病、肝脏疾病、肺部疾病、贫血、癌症史、肿瘤转移史、抑郁病史和营养缺乏史
Seiffert 2014 ^[11]	Cox 回归	Lasso 法	未具体描述危险因素赋分/风险分层方法	8	高龄、性别、BMI、肺动脉高压、GFR、血红蛋白、左室射血分数和平均跨膜梯度
Wilde 2021 ^[4]	Cox 回归	向后逐步选择法	赋值:依据预测因子的 HR 比例进行赋分,每个因子 2 分或 3 分; 分层:低风险(0~3 分),中风险(4~7 分),高风险(\geq 8 分)	6	心肌梗死病史、中度或以上的三尖瓣反流、GFR、心脏每搏量指数、自膨式经导管心脏瓣膜类型和非股动脉入路
Halkin 2016 ^[18]	logistic 回归	逐步回归	未具体描述危险因素赋分/风险分层方法	4	NYHA 心功能 IV 级、慢性阻塞性肺疾病病史、肺动脉高压和非股动脉入路

注:GFR 为肾小球滤过率,BMI 为体质指数,1 mm Hg=0.133 3 kPa。术前临界状态包括以下一种或几种情况:室性心动过速或心室颤动、术前胸外心脏按压、术前机械通气、主动脉内球囊反搏术、术前急性肾功能衰竭以及阻塞性或非阻塞性症状性呼吸系统疾病。

2.4 模型的性能及预测因子

所有研究均报告了模型 C 统计量,大部分模型的校准方法为 Hosmer-Lemeshow 检验。住院死亡风险预测模型的 AUC 值均 $>$ 0.65,预测效能较好;30 d 死亡风险预测模型的建模/验模 AUC 值为 0.63~0.76/0.59~0.75,其中有三项研究的 AUC 值 $>$ 0.70,预测性能好;1 年死亡风险预测模型的预测能力强,建模/验模 AUC 值为 0.66~0.83/0.60~0.79;三种结局指标的死亡风险预测模型的预测因子个数 4~18,出现频率最高的预测因子依次是年龄、非股动脉入路、肾小球滤过率、肺动脉高压、体质指数、NYHA 心功能

IV 级、性别、左室射血分数、血液透析、血清白蛋白以及肺部疾病等。这些预测因素可分为个体因素、重要脏器因素以及手术相关因素,个体因素一般不容易进行干预,其他因素可视患者情况进行预防干预,以降低死亡率。

2.5 偏倚风险和适用性评价

纳入文献的偏倚评价结果如表 3,有 3 项研究的偏倚风险较低,3 项研究的偏倚风险不清楚,8 项研究的偏倚风险较高。所有纳入文章各领域和总体的适用性均较好。

表 3 偏倚风险评价结果

文献	偏倚风险				适用性			总体	
	参与者	预测因子	结果	数据分析	参与者	预测因子	结果	偏倚风险	适用性
Edwards 2016 ^[20]	+	-	?	+	+	+	+	-	+
Yamamoto 2021 ^[10]	+	+	?	-	+	+	+	-	+
Arnold 2018 ^[16]	+	+	?	?	+	+	+	?	+
Schiller 2017 ^[8]	-	+	?	?	+	+	+	?	+
Debonnaire 2015 ^[14]	-	+	+	-	+	+	+	-	+
Veulemans 2019 ^[19]	-	+	?	-	+	+	+	-	+
Hermiller 2016 ^[13]	+	+	?	-	+	+	+	-	+
Capodanno 2014 ^[15]	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Lung 2014 ^[17]	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Martin 2018 ^[12]	+	-	+	?	+	+	+	?	+
Lantelme 2020 ^[9]	-	-	?	?	+	+	+	-	+
Seiffert 2014 ^[11]	+	+	+	?	+	+	+	+	+
Wilde 2021 ^[4]	-	-	-	-	+	+	+	-	+
Halkin 2016 ^[18]	+	+	+	-	+	+	+	-	+

注：“+”代表低偏倚风险/适用性的关注度低，“-”代表高偏倚风险/适用性的关注度高，“?”代表偏倚风险不明/适用性关注度不明。

3 讨论

3.1 TAVR 术后死亡风险预测模型有待验证

本研究系统检索了国内外 TAVR 术后死亡风险预测模型的相关研究,结果显示大多数模型的预测性能较好,但所有模型中有 1 个模型进行了外部验证,11 个模型为内部验证,其余未验证,不具有推广性。依据 AUC 值,住院死亡风险模型中 GAVS-II 模型的区分度较好,但该模型研究对象包括外科主动脉瓣置换术和 TAVR,TAVR 样本量所占比例小,偏倚风险不清楚,还需外部验证;Hermiller 等^[13]建立的 30 d 和 1 年死亡风险模型的区分度最佳但未进行校准度检验,偏倚风险高。未来的研究需构建适合中国患者的死亡风险评估工具。

3.2 预测因子的有效性探讨

本文探讨出现频率较高的 10 个风险预测因子,为模型构建提供参考。个人因素主要包括年龄、性别与体质量指数,这三个预测因子对死亡风险的预测能力均存在争议^[21-23]。一般来说高龄患者更有可能合并多种疾病,会增加术后并发症和死亡的发生,纳入研究中超过一半以上的研究结果证实了这一结论,但也有研究表明年龄差异对 TAVR 术后死亡率或生存率无影响,需进一步探讨。纳入的 7 项研究显示非股动脉途径的手术入路(升主动脉和心尖)会增加术后死亡风险,这一结论得到大多数研究的支持^[24]。肾功能不全可能带来 TAVR 术后出血或急性肾损伤的风险,导致较长的住院时间和较高的死亡率^[25]。本研究中 12

个模型都纳入了肾功能相关指标,包括肾小球滤过率、血液透析或肾脏疾病史,提示肾功能较差是重要预测变量之一。肺功能严重受损患者的手术入路方式更可能为非股动脉途径,也更易发生合并症,术后死亡风险增加^[26]。模型中与肺功能相关的变量主要包括肺动脉高压和肺部疾病,大部分模型都包括这两个变量中的其中一个,但肺部疾病的评估方式未详细说明,有待进一步明确。NYHA 心功能 IV 级与左室射血分数也是出现频率较高的预测因子,对死亡风险的预测有重要作用。衰弱已被用于预测 TAVR 术后死亡风险,但因为衰弱指标评估的多样性,其是否为独立预测因子存在争议^[27]。最近新提出的变量营养风险指数^[28]和骨骼肌面积^[29]等未纳入模型,建议在今后的研究中完善可测量的重要预测因子以确定最佳的风险预测模型。

4 小结

本研究共纳入 14 项 TAVR 术后死亡风险预测模型的研究,系统评价了模型的多方面特征。研究结果提示现有研究均为国外的研究且偏倚风险高,缺乏能直接用于中国临床实践的模型,TAVR 术后死亡风险预测模型的研究还处在发展阶段。国外 TAVR 死亡风险预测模型未应用到护理实践中,模型需随时间不断完善。国内需在全面考虑死亡风险因素的基础上开发各方面性能优良和可行性强的预测模型,并在不同地区和不同人群中进行验证,以便医护人员更好地进行决策和护理。

参 考 文 献

- [1] 周达新, 潘文志, 吴永健, 等. 经导管主动脉瓣置换术中国专家共识(2020 更新版)[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2020, 28(6): 301-309.
- [2] Takagi H, Hari Y, Nakashima K, et al. Mortality after transcatheter versus surgical aortic valve replacement; an updated meta-analysis of randomised trials [J]. *Neth Heart J*, 2020, 28(6): 320-333.
- [3] Kjønsås D, Dahle G, Schirmer H, et al. Predictors of early mortality after transcatheter aortic valve implantation [J]. *Open Heart*, 2019, 6(1): e000936.
- [4] Wilde N, Sugiura A, Sedaghat A, et al. Risk of mortality following transcatheter aortic valve replacement for low-flow low-gradient aortic stenosis [J]. *Clin Res Cardiol*, 2021, 110(3): 391-398.
- [5] Siddiqi TJ, Usman MS, Khan MS, et al. Systematic review and meta-analysis of current risk models in predicting short-term mortality after transcatheter aortic valve replacement [J]. *EuroIntervention*, 2020, 15(17): 1497-1505.
- [6] 程慧琳. 危险评分指导护理模式在急性冠脉综合征患者中的应用 [J]. 护理实践与研究, 2018, 15(5): 17-19.
- [7] Moons KGM, Wolf RF, Riley RD, 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.
- [8] Schiller W, Barnewold L, Kazmaier T, et al. The German Aortic Valve Score II [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(5): 881-887.
- [9] Lantelme P, Lacour T, Bisson A, et al. Futility risk model for predicting outcome after transcatheter aortic valve implantation [J]. *Am J Cardiol*, 2020, 130: 100-107.
- [10] Yamamoto M, Otsuka T, Shimura T, et al. Clinical risk model for predicting 1-year mortality after transcatheter aortic valve replacement [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 97(4): E544-E551.
- [11] Seiffert M, Sinning JM, Meyer A, et al. Development of a risk score for outcome after transcatheter aortic valve implantation [J]. *Clin Res Cardiol*, 2014, 103(8): 631-640.
- [12] Martin GP, Sperrin M, Ludman PF, et al. Novel United Kingdom prognostic model for 30-day mortality following transcatheter aortic valve implantation [J]. *Heart*, 2018, 104(13): 1109-1116.
- [13] Hermiller JB Jr, Yakubov SJ, Reardon MJ, et al. Predicting early and late mortality after transcatheter aortic valve replacement [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(4): 343-352.
- [14] Debonnaire P, Fusini L, Wolterbeek R, et al. Value of the "TAVI2-SCORE" versus surgical risk scores for prediction of one year mortality in 511 patients who underwent transcatheter aortic valve implantation [J]. *Am J Cardiol*, 2015, 115(2): 234-242.
- [15] Capodanno D, Barbanti M, Tamburino C, et al. A simple risk tool (the OBSERVANT score) for prediction of 30-day mortality after transcatheter aortic valve replacement [J]. *Am J Cardiol*, 2014, 113(11): 1851-1858.
- [16] Arnold SV, O'Brien SM, Vemulapalli S, et al. Inclusion of functional status measures in the risk adjustment of 30-day mortality after transcatheter aortic valve replacement: a report from the Society of Thoracic Surgeons/American College of Cardiology TVT Registry [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11(6): 581-589.
- [17] Lung B, Laouénan C, Himbert D, et al. Predictive factors of early mortality after transcatheter aortic valve implantation; individual risk assessment using a simple score [J]. *Heart*, 2014, 100(13): 1016-1023.
- [18] Halkin A, Steinvil A, Witberg G, et al. Mortality prediction following transcatheter aortic valve replacement; a quantitative comparison of risk scores derived from populations treated with either surgical or percutaneous aortic valve replacement. The Israeli TAVR Registry Risk Model Accuracy Assessment (IRRMA) study [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 215: 227-231.
- [19] Veulemans V, Polzin A, Maier O, et al. Prediction of one-year mortality based upon a new staged mortality risk model in patients with aortic stenosis undergoing transcatheter valve replacement [J]. *J Clin Med*, 2019, 8(10): 1642.
- [20] Edwards FH, Cohen DJ, O'Brien SM, et al. Development and validation of a risk prediction model for in-hospital mortality after transcatheter aortic valve replacement [J]. *JAMA Cardiol*, 2016, 1(1): 46-52.
- [21] Zhu SD, Li H, Zhang GL, et al. Comparison of outcome of transcatheter aortic valve implantation in patients with advanced age; a systematic review and meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(31): e21443.
- [22] Sharma A, Lavie CJ, Elmariah S, et al. Relationship of body mass index with outcomes after transcatheter aortic valve replacement; results from the national cardiovascular Data-STs/ACC TVT registry [J]. *Mayo Clin Proc*, 2020, 95(1): 57-68.
- [23] Azarbaijani Y, O'Callaghan K, Sanders WE, et al. Sex-specific outcomes after transcatheter aortic valve replacement; a review of the literature [J]. *Cardiol Rev*, 2018, 26(2): 73-81.
- [24] Nijenhuis VJ, Meyer A, Brouwer J, et al. The effect of transcatheter aortic valve implantation approaches on mortality [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 97(7): 1462-1469.
- [25] Codner P, Levi A, Gargiulo G, et al. Impact of renal dysfunction on results of transcatheter aortic valve replacement outcomes in a large multicenter cohort [J]. *Am J Cardiol*, 2016, 118(12): 1888-1896.
- [26] 于子凯, 许海燕, 刘庆荣, 等. 合并常见疾病对经导管主动脉瓣置换术患者预后的影响 [J]. 心血管病学进展, 2019, 40(5): 697-700.
- [27] van Mourik MS, Velu JF, Lanting VR, et al. Preoperative frailty parameters as predictors for outcomes after transcatheter aortic valve implantation; a systematic review and meta-analysis [J]. *Neth Heart J*, 2020, 28(5): 280-292.
- [28] González Ferreiro R, Muñoz-García AJ, López Otero D, et al. Nutritional risk index predicts survival in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement [J]. *Int J Cardiol*, 2019, 276: 66-71.
- [29] Soud M, Alahdab F, Ho G, et al. Usefulness of skeletal muscle area detected by computed tomography to predict mortality in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement; a meta-analysis study [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35(6): 1141-1147.

收稿日期: 2021-06-24