

· 论著 ·

## 中国公众对异种肾移植接受度的预测模型构建及验证

杨树军 卫浩 彭江 崔梦一 尚攀峰 孙圣坤

**【摘要】** **目的** 通过构建和验证基于异种移植调查问卷的预测模型，探讨中国公众对异种肾移植的态度。**方法** 使用问卷星平台对中国公众进行方便抽样调查，分析公众对异种肾移植的接受度及影响因素。使用随机分配法将所有纳入的问卷（2 280份）按7:3分为训练集和验证集，构建预测模型并进行验证。**结果** 共纳入2 280份调查问卷，公众对于异种肾移植的接受度为71.3%。多因素分析结果显示性别、婚姻状况、居住地区、医保状况、宗教信仰、是否素食主义、异种肾移植知晓情况、是否肾移植等待者是公众能否接受异种肾移植的独立影响因素（均为 $P<0.05$ ）。训练集预测模型的受试者工作特征（ROC）曲线下面积（AUC）为0.773，验证集预测模型的AUC为0.785，训练集和验证集校准曲线均提示预测模型有较好的预测价值，决策曲线分析（DCA）均提示模型预测效能较好。**结论** 中国公众对于异种肾移植的接受度相对较高且存在较大提升空间。基于问卷调查所构建的预测模型预测效能较好，为今后的研究提供了参考依据。

**【关键词】** 器官移植；器官短缺；异种移植；肾移植；预测模型；列线图；基因修饰猪；接受度

**【中图分类号】** R617, R19 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2024) 01-0013-10

**Construction and validation of a prediction model for public acceptance of kidney xenotransplantation in China** Yang Shujun\*, Wei Hao, Peng Jiang, Cui Mengyi, Shang Panfeng, Sun Shengkun. \*Department of Urology, the Second Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730030, China

Corresponding authors: Shang Panfeng, Email: shangpf@lzu.edu.cn

Sun Shengkun, Email: sunshengkun@301hospital.com.cn

**【Abstract】** **Objective** To explore the public attitude towards kidney xenotransplantation in China by constructing and validating the prediction model based on xenotransplantation questionnaire. **Methods** A convenient sampling survey was conducted among the public in China with the platform of *Wenjuanxing* to analyze public acceptance of kidney xenotransplantation and influencing factors. Using random distribution method, all included questionnaires ( $n=2\ 280$ ) were divided into the training and validation sets according to a ratio of 7:3. A prediction model was constructed and validated. **Results** A total of 2 280 questionnaires were included. The public acceptance rate of xenotransplantation was 71.3%. Multivariate analysis showed that gender, marital status, resident area, medical insurance coverage, religious belief, vegetarianism, awareness of kidney xenotransplantation and whether on the waiting list for kidney transplantation were the independent influencing factors for public acceptance of kidney xenotransplantation (all  $P<0.05$ ). The area under the curve (AUC) of receiver operating characteristic (ROC) of the prediction model in the training set was 0.773, and 0.785 in the validation set. The calibration curves in the training and validation sets indicated that the prediction models yielded good prediction value. Decision curve analysis (DCA) suggested that the prediction efficiency of the model was high.

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023164

基金项目: 国家重点研发计划 (2019YFA0110704)

作者单位: 730030 兰州, 兰州大学第二医院泌尿外科 (杨树军、尚攀峰); 青岛大学附属医院泌尿外科 (卫浩); 中国人民解放军总医院第四医学中心骨科医学部骨科研究所 (彭江、崔梦一); 中国人民解放军总医院第三医学中心泌尿外科 (孙圣坤)

作者简介: 杨树军 (ORCID 0000-0002-4309-3695), 博士研究生, 研究方向为异种肾移植和泌尿系统肿瘤, Email: 18893816203@163.com

通信作者: 尚攀峰 (ORCID 0009-0008-4203-6585), 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为泌尿系统肿瘤和肾移植, Email: shangpf@lzu.edu.cn; 孙圣坤 (ORCID 0000-0002-6463-6425), 主任医师, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为异种器官移植和尿路上皮肿瘤, Email: sunshengkun@301hospital.com.cn

**Conclusions** In China, public acceptance of kidney xenotransplantation is relatively high, whereas it remains to be significantly enhanced. The prediction model based on questionnaire survey has favorable prediction efficiency, which provides reference for subsequent research.

**【Key words】** Organ transplantation; Organ shortage; Xenotransplantation; Kidney transplantation; Prediction model; Nomogram; Genetically modified pig; Acceptance

器官移植是治疗终末期器官衰竭的有效方法。世界卫生组织数据显示全球只有 10% 的器官移植需求得到了满足, 到 2030 年全球预计将新增 125.9 万患者<sup>[1-4]</sup>。2023 年 3 月中国疾病预防控制中心发布中国成人慢性肾病患者 8 200 万人, 目前我国透析患者数量已经超过 120 万人, 且未来 10 年我国透析人数将有可能翻倍<sup>[5]</sup>。2022 年肾移植手术量约 1.3 万例, 接近 1 : 93 的肾移植器官供需比提示我国存在严重的器官供需失衡问题。

近年来, 以基因修饰猪作为供体来源的异种肾移植研究取得快速发展<sup>[6-12]</sup>。2023 年 5 月研究报道基因修饰猪-非人灵长类动物异种肾移植模型术后获得 648 d 的长期生存<sup>[13]</sup>。美国阿拉巴马大学已于同年 4 月开始异种肾移植临床一期试验, 计划招募 20 例患者<sup>[14-15]</sup>。我国近年来在异种肾移植领域的研究也已逐渐增多且不断取得突破<sup>[16-19]</sup>。然而, 猪作为异种肾移植供体所引发的伦理学问题自开始研究以来持续存在且一直受到社会各个群体的关注<sup>[20-26]</sup>。我国目前虽有公众对异种移植态度和移植相关人群对异种肾移植的调查, 但缺乏全国性的公众对异种移植接受度及认知程度的研究数据。因此, 本研究使用问卷星平台, 调查中国公众对异种肾移植接受度及认知程度, 旨在促进中国异种肾移植研究的发展和知识普及。

## 1 资料与方法

### 1.1 调研对象

本研究使用问卷星平台对中国公众进行方便抽样调查, 调查时间为 2023 年 6 月 20 日至 8 月 3 日。纳入标准: (1) 年龄  $\geq 18$  周岁; (2) 能熟练运用手机和电脑等电子设备且思维理解能力正常。排除标准: (1) 问卷填写数据与所设问题不相符或无法统计处理; (2) 调查者不愿填写或不能完成问卷。该研究经中国人民解放军总医院第三医学中心医学伦理委员会批准 (批号: 伦审第 S2023-211-01 号)。

### 1.2 研究方法与内容

本项目采用问卷星 (<https://www.wjx.cn/vm/Yo3Blk9.aspx>) 进行匿名、自填式问卷调查。问卷设有题目、前言说明及所设置的 37 个问题 (单选题、多选题及填空题)。前 28 个问卷题目为一般资料, 包括性别、年龄、民族、文化程度、婚姻状况、生育情况、收入情况、居住地、职业、生活喜好及个人身体状况、医保、信仰状况、器官捐献意愿、是否知晓异种移植相关信息。使用该问卷星所设置的问卷调查均为必填项且后台设置为完成所有问题后结果方能提交。另外, 还将答题设备调整为仅一台设备提交答案, 避免反复提交所导致的数据重复或信息不准确。

截止至 2023 年 8 月 3 日, 共 2 308 人完成并提交问卷, 数据有效率为 100%。根据纳入和排除标准, 最终纳入 2 280 份问卷。通过对以上一般资料进行分析, 进而研究公众对于异种肾移植的接受度和态度。

### 1.3 异种肾移植接受度预测模型构建及验证

使用随机分配法将所有纳入的问卷 (2 280 份) 按 7 : 3 的比例分为训练集 (1 596 份) 和验证集 (684 份)。随后基于训练集的资料特征, 进行单因素分析, 并使用多因素分析  $P < 0.05$  的变量构建预测模型, 以列线图的形式表示。对训练集列线图进行验证绘制了受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC) 和校准曲线以及决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 来评估预测模型的准确性, 并采用验证集进行验证。

### 1.4 统计学方法

本研究数据在线导出后使用 SPSS 26.0 软件和 R 语言进行数据分析处理。使用 R 包获取年龄最佳截断值, 将其转换为分类变量。计数资料采用构成比描述, 组间比较采用卡方检验或 Fisher 精确检验。采用 logistic 回归筛选出与异种肾移植接受度相关的影响因素并构建列线图预测模型。绘制 ROC 曲线、校准曲线以及 DCA 曲线对模型进行评价并验证其效能。  $P < 0.05$  (双侧) 表示差异有统计学意义。

## 2 结 果

### 2.1 异种肾移植问卷调查对象的一般资料

2 280 名接受异种肾移植调查问卷对象的一般资

料见表 1。训练集和验证集各变量比较, 差异均无统计学意义 (均为  $P>0.05$ , 表 1)。公众对异种肾移植的接受度为 71.3%, 肾移植等待者对异种肾移植的接受度为 87.6%。

表 1 异种肾移植问卷调查对象一般资料

Table 1 General information of survey subjects for kidney xenotransplantation questionnaire [n (%)]

变量	总数 (N=2280)	训练集 (n=1596)	验证集 (n=684)	统计值	P值
性别				0.974	0.324
男	1 144 (50.2)	790 (49.5)	354 (51.8)		
女	1 136 (49.8)	806 (50.5)	330 (48.2)		
年龄				0.398	0.528
≤30岁	607 (26.6)	431 (27.0)	176 (25.7)		
>30岁	1 673 (73.4)	1 165 (73.0)	508 (74.3)		
文化程度				0.274	0.872
初中及以下	180 (7.9)	128 (8.0)	52 (7.6)		
高中或专科	771 (33.8)	543 (34.0)	228 (33.3)		
本科及以上	1 329 (58.3)	925 (58.0)	404 (59.1)		
婚姻状况				1.728	0.422
已婚	1 661 (72.9)	1 150 (72.1)	511 (74.7)		
未婚	502 (22.0)	361 (22.6)	141 (20.6)		
其他	117 (5.1)	85 (5.3)	32 (4.7)		
生育情况				1.136	0.567
未生育	615 (27.0)	435 (27.3)	180 (26.3)		
生育1个	1 025 (45.0)	706 (44.2)	319 (46.6)		
生育2个及以上	640 (28.1)	455 (28.5)	185 (27.0)		
个人月收入				0.020	0.990
<5 000元	995 (43.6)	695 (43.5)	300 (43.9)		
5 000~20 000元	1 068 (46.8)	749 (46.9)	319 (46.6)		
>20 000元	217 (9.5)	152 (9.5)	65 (9.5)		
居住地区				3.060	0.801
东北	496 (21.8)	343 (21.5)	153 (22.4)		
华东	604 (26.5)	432 (27.1)	172 (25.1)		
华中	117 (5.1)	87 (5.5)	30 (4.4)		
华南	89 (3.9)	63 (3.9)	26 (3.8)		
西南	111 (4.9)	76 (4.8)	35 (5.1)		
西北	174 (7.6)	124 (7.8)	50 (7.3)		
华北	689 (30.2)	471 (29.5)	218 (31.9)		

续表 1

变量	总数 (N=2280)	训练集 (n=1596)	验证集 (n=684)	统计值	P值
当前居住地				<0.001	0.991
农村	497 (21.8)	348 (21.8)	149 (21.8)		
城市	1 783 (78.2)	1 248 (78.2)	535 (78.2)		
职业				2.061	0.724
医疗	851 (37.3)	600 (37.6)	251 (36.7)		
法律	78 (3.4)	58 (3.6)	20 (2.9)		
科学	52 (2.3)	37 (2.3)	15 (2.2)		
新闻、文化	162 (7.1)	107 (6.7)	55 (8.0)		
其他或无职业	1 137 (49.9)	794 (49.7)	343 (50.1)		
医保				0.762	0.383
有	1 975 (86.6)	1 389 (87.0)	586 (85.7)		
无	305 (13.4)	207 (13.0)	98 (14.3)		
宗教信仰				10.158	0.118
无或无神论	1 814 (79.6)	1 271 (79.6)	543 (79.4)		
佛教	192 (8.4)	133 (8.3)	59 (8.6)		
道教	75 (3.3)	45 (2.8)	30 (4.4)		
伊斯兰教	33 (1.4)	25 (1.6)	8 (1.2)		
天主教	16 (0.7)	9 (0.6)	7 (1.0)		
基督教	45 (2.0)	38 (2.4)	7 (1.0)		
其他	105 (4.6)	75 (4.7)	30 (4.4)		
素食主义				0.008	0.928
是	155 (6.8)	109 (6.8)	46 (6.7)		
否	2 125 (93.2)	1 487 (93.2)	638 (93.3)		
器官捐献意愿				0.878	0.645
愿意	742 (32.5)	529 (33.1)	213 (31.1)		
不愿意	505 (22.1)	350 (21.9)	155 (22.7)		
不确定	1 033 (45.3)	717 (44.9)	316 (46.2)		
异种肾移植知晓情况				1.164	0.281
是	1 104 (48.4)	761 (47.7)	343 (50.1)		
否	1 176 (51.6)	835 (52.3)	341 (49.9)		
肾移植等待者				1.219	0.270
是	487 (21.4)	331 (20.7)	156 (22.8)		
否	1 793 (78.6)	1 265 (79.3)	528 (77.2)		

## 2.2 异种肾移植接受度的影响因素

单因素分析结果显示, 性别、年龄、婚姻状况、个人月收入、居住地区、当前居住地、职业、医保、宗教信仰、素食主义、器官捐献意愿、异种肾移植知晓情况、是否肾移植等待者是异种肾移植接受度的影响因素 (均为  $P < 0.05$ ); 多因素分析结果显示, 性

别、婚姻状况、居住地区、医保状况、宗教信仰、素食主义、异种肾移植知晓情况、肾移植等待者是影响公众能否接受异种肾移植的独立影响因素 (均为  $P < 0.05$ , 表 2)。

## 2.3 异种肾移植接受度的预测模型

将性别、婚姻状况、居住地区、医保状况、宗教

表 2 异种肾移植接受度的单因素和多因素分析

Table 2 Univariate and multivariate analysis of the acceptance of kidney xenotransplantation

变量	单因素分析			多因素分析		
	OR <sup>①</sup>	95%可信区间	P值	OR	95%可信区间	P值
性别						
男	参照值			参照值		
女	1.93	1.55~2.41	<0.001	1.64	1.27~2.12	<0.001
年龄						
≤30岁	参照值			参照值		
>30岁	0.71	0.54~0.86	0.001	0.59	0.48~1.05	0.089
文化程度						
初中及以下	参照值					
高中或专科	0.96	0.64~1.46	0.842			
本科及以上	0.80	0.54~1.20	0.269			
婚姻状况						
已婚	参照值			参照值		
未婚	1.24	0.96~1.60	0.101	1.07	0.71~1.61	0.733
其他	2.07	1.32~3.23	0.001	1.87	1.05~3.29	0.031
生育情况						
未生育	参照值					
生育1个	0.88	0.68~1.15	0.354			
生育2个及以上	1.04	0.78~1.39	0.774			
个人月收入						
<5 000元	参照值			参照值		
5 000~20 000元	0.66	0.52~0.82	<0.001	0.84	0.63~1.12	0.229
>20 000元	0.60	0.40~0.89	0.013	0.95	0.57~1.56	0.845
居住地区						
东北	参照值			参照值		
华东	0.77	0.58~1.04	0.091	1.03	0.69~1.54	0.872
华中	0.42	0.23~0.72	0.002	0.60	0.30~1.16	0.142
华南	0.23	0.10~0.48	<0.001	0.41	0.16~0.92	0.041
西南	0.61	0.35~1.04	0.077	1.16	0.60~2.18	0.652
西北	0.53	0.33~0.84	0.007	0.78	0.46~1.29	0.340
华北	0.50	0.37~0.68	<0.001	0.71	0.50~1.02	0.061

续表 2

变量	单因素分析			多因素分析		
	OR <sup>①</sup>	95%可信区间	P值	OR	95%可信区间	P值
当前居住地						
农村	参照值			参照值		
城市	0.56	0.44~0.72	<0.001	0.77	0.57~1.05	0.094
职业						
医疗	参照值			参照值		
法律	1.42	0.80~2.48	0.220	0.91	0.45~1.77	0.775
科学	0.59	0.23~1.28	0.212	0.39	0.13~1.04	0.078
新闻、文化	1.69	1.10~2.57	0.016	1.57	0.94~2.63	0.084
其他或无职业	0.97	0.76~1.23	0.784	0.83	0.62~1.11	0.212
医保						
有	参照值			参照值		
无	5.49	4.04~7.50	<0.001	4.10	2.82~5.99	<0.001
宗教信仰						
无或无神论	参照值			参照值		
佛教	1.45	0.99~2.10	0.053	1.58	1.00~2.47	0.047
道教	2.77	1.52~5.07	<0.001	1.94	0.88~4.27	0.099
伊斯兰教	1.25	0.51~2.83	0.609	0.70	0.22~2.04	0.524
天主教	2.12	0.52~8.06	0.264	1.60	0.30~8.40	0.575
基督教	0.82	0.36~1.69	0.615	0.92	0.38~2.04	0.840
其他	1.25	0.74~2.04	0.385	1.40	0.79~2.42	0.234
素食主义						
是	参照值			参照值		
否	0.37	0.25~0.55	<0.001	0.55	0.34~0.90	0.018
器官捐献意愿						
愿意	参照值			参照值		
不愿意	1.58	1.17~2.12	0.002	1.07	0.75~1.52	0.709
不确定	1.20	0.93~1.54	0.166	0.92	0.68~1.24	0.571
异种肾移植知晓情况						
是	参照值			参照值		
否	4.33	3.41~5.55	<0.001	3.50	2.65~4.65	<0.001
肾移植等待者						
是	参照值			参照值		
否	3.54	2.53~5.07	<0.001	3.07	2.03~4.74	<0.001

注：①OR为比值比。

信仰、素食主义、异种肾移植知晓情况、是否肾移植等待者 8 个影响公众异种肾移植接受度的独立影响因素纳入预测模型（图 1）。

## 2.4 验证预测模型

训练集预测模型的 ROC 曲线下面积（area under curve, AUC）值为 0.773，大于单个变量的 AUC 值

(图 2A), 校准曲线提示预测模型有较好的预测价值(图 2B), DCA 曲线提示模型预测效能较好(图 2C)。

验证集预测模型 AUC 值为 0.785, 大于单个变量的 AUC 值(图 2D), 校准曲线提示预测模型有较好的预测价值(图 2E), DCA 曲线提示模型预测效能较好(图 2F)。

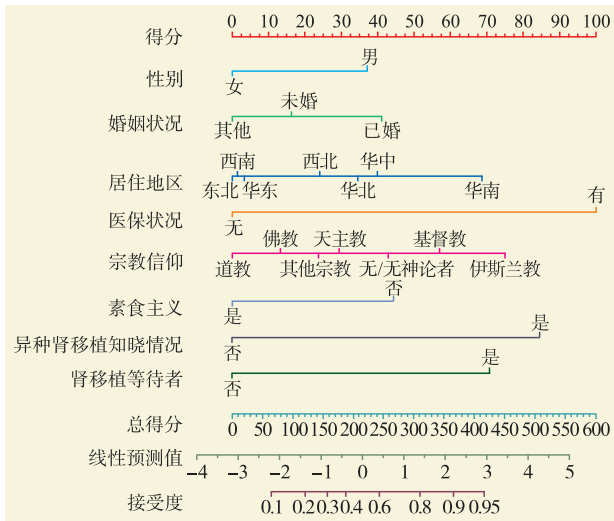
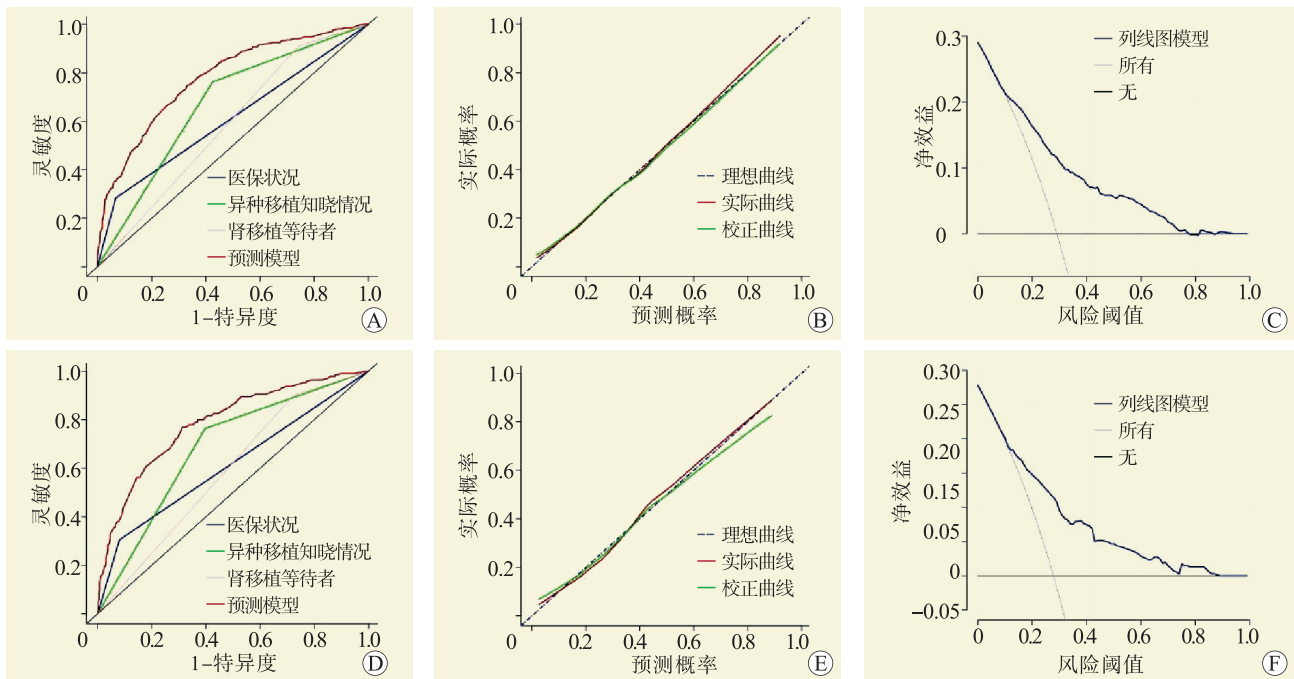


图 1 预测中国公众对异种肾移植接受度的列线图模型  
Figure 1 Nomogram model for predicting public acceptance of kidney xenotransplantation in China

### 3 讨论

本研究中, 我国公众对于异种肾移植的接受度为 71.3%, 在 482 例肾移植等待者群体中, 异种肾移植的接受度上升至 87.6%。一项 meta 分析结果显示, 异种移植与同种移植的效果相同时, 42%~80% 的患者可接受异种移植<sup>[15]</sup>。本研究中公众对于异种肾移植接受度与文献结果基本相符, 且肾移植等待者更能接受这种医学方法。徐莹等<sup>[27]</sup> 研究表明海南地区 53.2% 的受访者接受异种肾移植, 该研究纳入了术前患者、术后患者、患者家属以及医学生等 4 类群体, 群体比较复杂, 且调研对象限定在特定区域内, 可能是导致接受度下降的原因。

本研究结果显示是否有医保是影响异种移植接受度的最重要因素, 表明公众对于异种移植所需的费用是潜在的有争议的话题。心脏异种移植受者存活可达 60 d, 这表明异种移植目前已经进入到临床研究阶段<sup>[28-32]</sup>。今后一旦多个国家和研究机构开始进行异种肾移植, 那么移植所需要的昂贵的费用该如何承担是非常重要的问题。必须要考虑转基因猪提供的肾源、移植手术以及术后长期免疫抑制药使用和随访所引起的花费。异种肾移植是否会纳入医保目前尚未有明确



注: A 图为训练集 ROC 曲线; B 图训练集校准曲线; C 图为训练集 DCA 曲线; D 图为验证集 ROC 曲线; E 图为验证集校准曲线; F 图为验证集 DCA 曲线。

图 2 预测模型的 ROC 曲线  
Figure 2 ROC curves of prediction models

定论,相信随着该研究领域医学技术的发展,异种肾移植是否需要纳入医保报销范畴会有更明确的答案。

本研究还发现对异种肾移植知识背景的了解会提高公众对其接受度,了解过异种肾移植人群接受度明显大于从未了解过异种肾移植的人群。2002 年和 2004 年,澳大利亚关于异种移植的公众咨询在设计 and 实施过程中都存在缺陷,研究者在未完全考虑公民态度的前提下展开了异种移植相关研究,最终导致澳大利亚在 2009 年之前完全暂停动物对人体器官移植的临床试验<sup>[33]</sup>。这提示我们在临床试验之前必须在公众中充分普及异种肾移植知识并充分了解大众的态度。若要得到社会公众的认可,异种肾移植相关知识的普及非常关键,这将避免公众对该研究的抵触,以及伦理问题的阻碍。本项问卷调查发布在微信公众号平台及互联网平台上,客观上也起到了促进中国公众对异种肾移植背景知识的了解。

宗教信仰也是影响公众接受度的重要因素<sup>[34-38]</sup>。中国有独特的宗教信仰群体,如道教和佛教,群体众多且遍布全国各地<sup>[39-40]</sup>。本研究结果显示,信仰基督教的公众对于异种移植接受度相对较高,这与 Padilla 等<sup>[41]</sup>的研究结果一致。而信仰伊斯兰教、道教、天主教以及佛教的公众对异种肾移植的接受度较低。在伊斯兰教的教义中猪被认为是不洁的动物,这可能与该宗教对异种肾移植接受度低相关。佛教的第一戒就是“不杀生”,猪代表的是福报深厚,这可能与信仰佛教的人群对异种移植接受度低有关。但宗教信仰群体大小不一,结果可能有偏差。

综上所述,本研究通过调查问卷发现中国公众对于异种肾移植的接受度相对较高,但对异种肾移植的知晓情况存在较大的提升空间。性别、婚姻状况、居住地区、医保状况、宗教信仰、素食主义、异种肾移植知晓情况、是否肾移植等待者等是公众接受异种肾移植的独立影响因素。基于以上数据所构建的预测模型预测效能较好,为今后的研究提供了参考依据。但本调查问卷时间较短,虽涉及地域广泛但样本量小;在多个媒体平台发布,阅读者众多,但真正有效完成问卷比例较少;未纳入不能使用电子产品的群体可能导致选择偏倚;未纳入不愿填写或特别抵触异种肾移植的群体,可能导致接受度偏高。今后我们将在更大样本量的基础上研究中国公众对异种肾移植的态度,并在此过程中借助多媒体平台宣传、改善异种肾移植知识普及途径和方法。突破异种肾移植研究瓶颈,让

更多公众参与到异种肾移植研究中,有利于促进我国异种肾移植的发展。

致谢: 特别感谢中国人民解放军总医院医学统计学与流行病学教研室童新元老师对问卷设计的指导!

#### 参考文献:

- [1] JAWONIYI O, GORMLEY K, MCGLEENAN E, et al. Organ donation and transplantation: awareness and roles of healthcare professionals—a systematic literature review[J]. *J Clin Nurs*, 2018, 27(5/6): e726-e738. DOI: 10.1111/jocn.14154.
- [2] Keeping kidneys[J]. *Bull World Health Organ*, 2012, 90(10): 718-719. DOI: 10.2471/BLT.12.021012.
- [3] MCCULLOUGH KP, MORGENSTERN H, SARAN R, et al. Projecting ESRD incidence and prevalence in the United States through 2030[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2019, 30(1): 127-135. DOI: 10.1681/ASN.2018050531.
- [4] DOS SANTOS RMN. Kidney xenotransplantation: are we ready for prime time?[J]. *Curr Urol Rep*, 2023, 24(6): 287-297. DOI: 10.1007/s11934-023-01156-7.
- [5] WANG L, XU X, ZHANG M, et al. Prevalence of chronic kidney disease in China: results from the Sixth China Chronic Disease and Risk Factor Surveillance[J]. *JAMA Intern Med*, 2023, 183(4): 298-310. DOI: 10.1001/jamainternmed.2022.6817.
- [6] COOPER DKC, PIERSON RN 3RD. Milestones on the path to clinical pig organ xenotransplantation[J]. *Am J Transplant*, 2023, 23(3): 326-335. DOI: 10.1016/j.ajt.2022.12.023.
- [7] REESE PP, GELB BE, PARENT B. Unique problems for the design of the first trials of transplanting porcine kidneys into humans[J]. *Kidney Int*, 2023, 103(2): 239-242. DOI: 10.1016/j.kint.2022.10.009.
- [8] TATAPUDI VS, GRIESEMER AD. Physiologic considerations of pig-to-human kidney xenotransplantation[J]. *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 2023, 32(2): 193-198. DOI: 10.1097/MNH.0000000000000858.
- [9] PORRETT PM, ORANDI BJ, KUMAR V, et al. First clinical-grade porcine kidney xenotransplant using a human decedent model[J]. *Am J Transplant*, 2022, 22(4): 1037-1053. DOI: 10.1111/ajt.16930.
- [10] MONTGOMERY RA, STERN JM, LONZE BE, et al. Results of two cases of pig-to-human kidney xenotransplantation[J]. *N Engl J Med*, 2022, 386(20): 1889-1898. DOI: 10.1056/NEJMoa2120238.
- [11] ADAMS AB, LOVASIK BP, FABER DA, et al. Anti-C5 antibody tesidolumab reduces early antibody-mediated



- rejection and prolongs survival in renal xenotransplantation[J]. *Ann Surg*, 2021, 274(3): 473-480. DOI: [10.1097/SLA.0000000000004996](https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004996).
- [12] KIM SC, MATHEWS DV, BREEDEN CP, et al. Long-term survival of pig-to-rhesus macaque renal xenografts is dependent on CD4 T cell depletion[J]. *Am J Transplant*, 2019, 19(8): 2174-2185. DOI: [10.1111/ajt.15329](https://doi.org/10.1111/ajt.15329).
- [13] FIRL DJ, LASSITER G, HIROSE T, et al. Clinical and molecular correlation defines activity of physiological pathways in life-sustaining kidney xenotransplantation[J]. *Nat Commun*, 2023, 14(1): 3022. DOI: [10.1038/s41467-023-38465-x](https://doi.org/10.1038/s41467-023-38465-x).
- [14] EL MASRI J, AFYOUNI A, GHAZI M, et al. Current state of clinical trials on xenograft[J]. *Xenotransplantation*, 2023, 30(3): e12801. DOI: [10.1111/xen.12801](https://doi.org/10.1111/xen.12801).
- [15] DELAURA I, ANWAR IJ, LADOWSKI J, et al. Attitudes of patients with renal disease on xenotransplantation: a systematic review[J]. *Xenotransplantation*, 2023, 30(2): e12794. DOI: [10.1111/xen.12794](https://doi.org/10.1111/xen.12794).
- [16] 杨树军, 卫浩, 许勇, 等. 六基因编辑猪-食蟹猴异种肾移植围手术期监测初步报道[J]. *器官移植*, 2023, 14(4): 521-528. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7445.2023.04.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7445.2023.04.008).
- YANG SJ, WEI H, XU Y, et al. Preliminary report of perioperative monitoring of six-gene-edited pig-to-cynomolgus monkey kidney xenotransplantation[J]. *Organ Transplant*, 2023, 14(4): 521-528. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7445.2023.04.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7445.2023.04.008).
- [17] 张玄, 王琳, 张洪涛, 等. 多基因编辑猪-猴心脏、肝脏、肾脏移植临床前研究初步报道[J]. *器官移植*, 2021, 12(1): 51-56. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7445.2021.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7445.2021.01.008).
- ZHANG X, WANG L, ZHANG HT, et al. Preliminary report of preclinical trial of multi-genome engineering pig-to-macaque heart, liver and kidney transplantation[J]. *Organ Transplant*, 2021, 12(1): 51-56. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7445.2021.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7445.2021.01.008).
- [18] 李涛. 多基因修饰猪-猴异种肾移植临床前研究[D]. 海口: 海南医学院, 2022.
- [19] 冯豪. 国产基因工程猪到猕猴异种肾移植的实验研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2022.
- [20] CENGIZ N, WAREHAM CS. Ethical considerations in xenotransplantation: a review[J]. *Curr Opin Organ Transplant*, 2020, 25(5): 483-488. DOI: [10.1097/MOT.0000000000000796](https://doi.org/10.1097/MOT.0000000000000796).
- [21] ENTWISTLE JW, SADE RM, DRAKE DH. Clinical xenotransplantation seems close: ethical issues persist[J]. *Artif Organs*, 2022, 46(6): 987-994. DOI: [10.1111/aor.14255](https://doi.org/10.1111/aor.14255).
- [22] RODGER D, HURST DJ, COOPER DK. Xenotransplantation: a historical-ethical account of viewpoints[J]. *Xenotransplantation*, 2023, 30(2): e12797. DOI: [10.1111/xen.12797](https://doi.org/10.1111/xen.12797).
- [23] 许皓, 张玄, 窦科峰. 异种移植临床试验的有关问题[J]. *中华外科杂志*, 2022, 60(10): 888-893. DOI: [10.3760/cma.j.cn112139-20220626-00286](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20220626-00286).
- XU H, ZHANG X, DOU KF. Key issues related to clinical trials of xenotransplantation[J]. *Chin J Surg*, 2022, 60(10): 888-893. DOI: [10.3760/cma.j.cn112139-20220626-00286](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20220626-00286).
- [24] HURST DJ, PADILLA LA, COOPER DK, et al. Factors influencing attitudes toward xenotransplantation clinical trials: a report of focus group studies[J]. *Xenotransplantation*, 2021, 28(4): e12684. DOI: [10.1111/xen.12684](https://doi.org/10.1111/xen.12684).
- [25] MITCHELL C, LIPPS A, PADILLA L, et al. Meta-analysis of public perception toward xenotransplantation[J]. *Xenotransplantation*, 2020, 27(4): e12583. DOI: [10.1111/xen.12583](https://doi.org/10.1111/xen.12583).
- [26] LIU C, LIU S. Knowledge of and attitude toward xenotransplantation among medical students in China: a cross-sectional study[J]. *Xenotransplantation*, 2021, 28(1): e12654. DOI: [10.1111/xen.12654](https://doi.org/10.1111/xen.12654).
- [27] 徐莹, 陈佳弘, 何松哲, 等. 移植相关人群对异种肾移植的态度及影响因素[J]. *器官移植*, 2023, 14(5): 683-690. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7445.2023118](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7445.2023118).
- XU Y, CHEN JH, HE SZ, et al. Attitudes and influencing factors of transplantation-related populations towards kidney xenotransplantation[J]. *Organ Transplant*, 2023, 14(5): 683-690. DOI: [10.3969/j.issn.1674-7445.2023118](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-7445.2023118).
- [28] 王振迪, 夏秋翔, 曾宪鹏, 等. 公众对异种移植态度的问卷调查分析[J]. *中华器官移植杂志*, 2022, 43(9): 536-543. DOI: [10.3760/cma.j.cn421203-20220304-00033](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn421203-20220304-00033).
- WANG ZD, XIA QX, ZENG XP, et al. A public attitude survey on organ xenotransplantation[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2022, 43(9): 536-543. DOI: [10.3760/cma.j.cn421203-20220304-00033](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn421203-20220304-00033).
- [29] GRIFFITH BP, GOERLICH CE, SINGH AK, et al. Genetically modified porcine-to-human cardiac xenotransplantation[J]. *N Engl J Med*, 2022, 387(1): 35-44. DOI: [10.1056/NEJMoa2201422](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2201422).
- [30] SADE RM, MUKHERJEE R. Ethical issues in

- xenotransplantation: the first pig-to-human heart transplant[J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(3): 712-714. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2022.01.006.
- [31] REARDON S. First pig-to-human heart transplant: what can scientists learn?[J]. *Nature*, 2022, 601(7893): 305-306. DOI: 10.1038/d41586-022-00111-9.
- [32] HAWTHORNE WJ. World first pig-to-human cardiac xenotransplantation[J]. *Xenotransplantation*, 2022, 29(1): e12733. DOI: 10.1111/xen.12733.
- [33] COOK PS. What constitutes adequate public consultation? xenotransplantation proceeds in Australia[J]. *J Bioeth Inq*, 2011, 8: 67-70. DOI: 10.1007/s11673-010-9269-8.
- [34] HAWTHORNE WJ, THOMAS A, PIERSON RN. Ethics and theoretical issues in kidney xenotransplantation[J]. *Semin Nephrol*, 2022, 42(4): 151288. DOI: 10.1016/j.semnephrol.2022.151288.
- [35] LOIKE JD, KRUPKA RM. The Jewish perspectives on xenotransplantation[J]. *Rambam Maimonides Med J*, 2023, 14(4): e0024. DOI: 10.5041/RMMJ.10511.
- [36] TARABEIH M, AMIEL A, NA'AMNIH W. The view of the three monotheistic religions toward xenotransplantation[J]. *Clin Transplant*, 2023, 27(4): e12579. DOI: 10.1111/ctr.15192.
- [37] EBNER K, OSTHEIMER J, SAUTERMEISTER J. The role of religious beliefs for the acceptance of xenotransplantation. exploring dimensions of xenotransplantation in the field of hospital chaplaincy[J]. *Xenotransplantation*, 2020, 27(4): e12579. DOI: 10.1111/xen.12579.
- [38] 邱艳, 李霄, 窦科峰. 异种移植的神学及社会心理学的伦理问题[J]. *器官移植*, 2017, 8(2): 171-173. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2017.02.015.
- QIU Y, LI X, DOU KF. The ethical issues of theology and social psychology in xenotransplantation[J]. *Organ Transplant*, 2017, 8(2): 171-173. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2017.02.015.
- [39] 宋重军, 许荣梅, 王柏利, 等. 宗教信仰对老年人身心健康的双重作用[J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(7): 1539-1542. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.07.054.
- SONG ZJ, XU RM, WANG BL, et al. The dual effects of religious beliefs on the physical and mental health of the elderly[J]. *Chin J Gerontol*, 2021, 41(7): 1539-1542. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.07.054.
- [40] 邢海晶, 杨静. 宗教中国化研究的进路与趋势分析——基于 CiteSpace 知识图谱的分析[J]. *西南民族大学学报(人文社会科学版)*, 2023, 44(6): 60-68. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3926.2023.06.008.
- XING HJ, YANG J. Analysis of the approaches and trends in the study of sinicization of religion: based on the CiteSpace knowledge graph[J]. *J Southwest Univ Natl (Humanit Soc Sci)*, 2023, 44(6): 60-68. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3926.2023.06.008.
- [41] PADILLA LA, HURST D, LOPEZ R, et al. Attitudes to clinical pig kidney xenotransplantation among medical providers and patients[J]. *Kidney360*, 2020, 1(7): 657-662. DOI: 10.34067/KID.0002082020.

(收稿日期: 2023-08-24)

(本文编辑: 方引超 吴秋玲)