

本文引文格式:李会,张海玲,国思霞,等.不同体力活动方式对肾移植受者心血管并发症影响的网状 Meta 分析[J].右江民族医学院学报,2026,48(3):379-385.

【论著与临床报道】

不同体力活动方式对肾移植受者心血管 并发症影响的网状 Meta 分析

李会^{1,2}, 张海玲^{1,2}, 国思霞¹, 袁丽³, 张甜⁴, 杨贝贝⁵, 管晓红⁶

(1. 蚌埠医科大学护理学院, 安徽 蚌埠 233030;

2. 中国科学技术大学附属第一医院, 安徽省立医院护理部, 安徽 合肥 230001;

3. 中国科学技术大学附属第一医院, 安徽省立医院肝移植科, 安徽 合肥 230001;

4. 中国科学技术大学附属第一医院, 安徽省立医院胸外科, 安徽 合肥 230001;

5. 中国科学技术大学附属第一医院, 安徽省立医院肾内科, 安徽 合肥 230001;

6. 中国科学技术大学附属第一医院, 安徽省立医院肾移植科, 安徽 合肥 230001)

摘要:目的 评价不同体力活动方式对肾移植受者心血管并发症的干预效果。方法 系统检索 PubMed、Cochrane Library、EBSCO、Web of Science、万方数据库、中国知网、维普数据库、中国生物医学文献数据库中关于体力活动对肾移植受者心血管并发症影响的随机对照试验,检索时限为自建库至 2025 年 5 月 22 日,采用 Cochrane 手册 5.1.0 版评价工具对文献进行质量评价,采用 Stata 17.0 软件进行数据分析。结果 最终纳入 12 篇文献,包括 7 种体力活动方式,共 683 例肾移植受者。网状 Meta 分析结果显示:在改善体重指数(BMI)方面,与常规护理相比,有氧+力量训练效果显著[SMD=2.53, 95% CI (0.05, 5.01), $P < 0.05$], SUCRA 值排序以有氧+力量训练效果最佳;在改善收缩压(SBP)方面,7 种体力活动方式两两比较差异均无统计学意义;在改善舒张压(DBP)方面,与常规护理相比,有氧运动[SMD=4.72, 95% CI (3.66, 5.77)]、有氧+肌肉强化运动[SMD=2.14, 95% CI (0.89, 3.39)]、有氧+力量训练[SMD=2.87, 95% CI (1.53, 4.22)]及家庭运动[SMD=0.82, 95% CI (0.04, 1.60)]差异有统计学意义($P < 0.05$), SUCRA 值排序以有氧运动效果最佳。结论 有氧+力量训练能更好地改善肾移植受者的 BMI, 有氧运动在改善 DBP 方面更具优势。

关键词:体力活动;肾移植;心血管并发症;网状 Meta 分析

中图分类号:R699.2

文献标识码:A

文章编号:1001-5817(2026)03-0379-07

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2026.03.009

Network Meta-analysis of the effects of different physical activity modalities on cardiovascular complications in renal transplant recipients

LI Hui^{1,2}, ZHANG Hailing^{1,2}, GUO Sixia¹, YUAN Li³,

ZHANG Tian⁴, YANG Beibei⁵, GUAN Xiaohong⁶

(1. School of Nursing, Bengbu Medical University, Bengbu 233030, Anhui, China; 2. Department of Nursing, the First Affiliated Hospital of USTC, Anhui Provincial Hospital, Hefei 230001, Anhui, China; 3. Department of Liver Transplantation, the First Affiliated Hospital of USTC, Anhui Provincial Hospital, Hefei 230001, Anhui, China; 4. Department of Thoracic Surgery, the First Affiliated Hospital of USTC, Anhui Provincial Hospital, Hefei 230001, Anhui, China;

基金项目:国家自然科学基金项目(72504268)

第一作者:李会,在读硕士研究生,研究方向:肾移植, E-mail:1903739749@qq.com

通讯作者:张海玲,博士,主管护师,研究方向:肾移植, E-mail:624473644@qq.com

5. Department of Nephrology, the First Affiliated Hospital of USTC, Anhui Provincial Hospital, Hefei 230001, Anhui, China;
6. Department of Renal Transplantation, the First Affiliated Hospital of USTC, Anhui Provincial Hospital, Hefei 230001, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the intervention effects of different physical activity modalities on cardiovascular complications in renal transplant recipients. **Methods** Randomized controlled trials (RCTs) regarding the impact of physical activity on cardiovascular complications among renal transplant recipients were systematically retrieved from PubMed, Cochrane Library, EBSCO, Web of Science, Wanfang Data, CNKI, VIP Database and Chinese Biomedical Literature Database (CBM). The retrieval period was from the establishment of each database to May 22, 2025. The Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 was used for literature quality assessment, and Stata 17.0 software was adopted for statistical analysis. **Results** A total of 12 eligible studies involving 7 types of physical activity and 683 renal transplant recipients were finally included. The results of network Meta-analysis indicated that combined aerobic and resistance training exerted a significant effect on improving body mass index (BMI) compared with routine care ($SMD=2.53, 95\% CI: 0.05-5.01, P<0.05$), and it ranked first based on the surface under the cumulative ranking curve (SUCRA) values. No statistically significant differences were observed in systolic blood pressure (SBP) among pairwise comparisons of the seven physical activity modalities. For diastolic blood pressure (DBP), statistically significant improvements were observed in aerobic exercise ($SMD=4.72, 95\% CI: 3.66-5.77$), aerobic combined with muscle-strengthening exercise ($SMD=2.14, 95\% CI: 0.89-3.39$), combined aerobic and resistance training ($SMD=2.87, 95\% CI: 1.53-4.22$) and home-based exercise ($SMD=0.82, 95\% CI: 0.04-1.60$) versus routine care ($P<0.05$). Aerobic exercise achieved the highest SUCRA ranking for DBP improvement. **Conclusion** Combined aerobic and resistance training is superior in improving BMI of renal transplant recipients, while aerobic exercise presents more advantages in improving DBP.

Key words: physical activity; renal transplantation; cardiovascular complications; network Meta-analysis

肾移植是终末期肾病患者的首选治疗方式,与透析相比,可显著改善生存率和生活质量^[1-2]。尽管成功的移植可显著降低心血管并发症风险,但心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)仍然是肾移植受者(kidney transplant recipients, KTRs)术后死亡的主要原因,占总死亡率的 20%~35%,远高于普通人群^[3-5]。心血管并发症的有效管理是预防心血管疾病恶化的关键,常见的心血管并发症有高血压、血脂异常、高血糖等。体力活动是指由肌肉收缩引起并造成能量消耗的身体活动^[6],包括有氧运动、阻力运动、有氧+阻力运动、有氧+肌肉强化运动、有氧+力量训练等体力活动方式。有研究表明^[7-8],规律的体力活动可以改善血压、血糖和血脂等心血管指标,对受者的心血管健康产生积极影响,但体力活动对受者心血管并发症的影响研究较少^[9-10]。目前,肾移植受者不同体力活动方式对心血管并发症的影响缺乏系统性比较,研究多集中于单一体力活动方式的干预效果,不同体力活动方式之间的相对疗效仍不明确。因此,本研究采用网状 Meta 分析方法,系统评价不同体力活动方式对心血管并发症相关结局指标的影响效应,为临床护

理实践中不同体力活动干预方案的选择提供最优循证依据。

1 资料与方法

1.1 文献纳入与排除标准 纳入标准:①研究对象:肾移植术后受者,年龄≥18 岁;②干预措施:干预组采取有氧运动、阻力运动、有氧+阻力运动、家庭运动、有氧+肌肉强化运动、八段锦+阻力运动等,对照组采取常规护理;③结局指标:心血管相关指标;④研究类型:随机对照试验。排除标准:①结局指标数值无法转换或数据不完整;②无法获取全文或原始数据;③重复发表;④非中英文文献;⑤文献质量评价为 C 级。本研究已在 PROSPERO 平台注册,注册号为 CRD420250650774。

1.2 检索策略 计算机检索 PubMed、Cochrane Library、EBSCO、Web of Science、万方数据库、中国知网、维普数据库、中国生物医学文献数据库,检索时限为建库至 2025 年 5 月 22 日,采用主题词和自由词相结合的方式,英文检索词为“kidney transplantation、kidney transplant*、renal transplant*、kidney graft*、renal graft*、kidney transplant patient*、renal

transplant patient *、kidney transplant recipient *、renal transplant recipient * ”“exercise、exercise *、physical exercise *、aerobic exercise *、resistant training *、isometric exercise *、acute exercise *、exercise train *、physical activit *、training excrise *、balance training * ”。英文数据库,以 PubMed 数据库为例,检索式为((((“ kidney transplantation” [Mesh])) OR (kidney transplant * [Title/Abstract])) OR (renal transplant * [Title/Abstract])) OR (kidney graft * [Title/Abstract])) OR (renal graft * [Title/Abstract])) AND ((((((“ exercise” [Mesh])) OR (exercise * [Title/Abstract])) OR (resistant training * [Title/Abstract])) OR (physical activit * [Title/Abstract])) OR (training excrise * [Title/Abstract])) OR (balance training * [Title/Abstract]))。中文检索词为肾移植,肾移植受者,肾移植患者;体力活动,锻炼,运动锻炼,有氧运动,阻力运动,剧烈运动,运动训练,康复训练。中文数据库,以中国知网为例,检索式为“肾移植+肾移植受者”“体力活动+锻炼+有氧运动+运动锻炼”。

1.3 文献筛选与资料提取 使用 EndNote X9 软件对文献进行去重及筛选。由 2 名经过系统化培训并具有相关工作经历的研究者进行文献筛查与数据提取工作,若意见分歧,则与第 3 名研究者讨论决定。提取内容主要包括:第一作者、发表年份、国家、研究对象人数、干预方法、主要结局指标。

1.4 文献质量评价 本研究采用 Cochrane 手册 5.1.0 版评价工具对文献进行质量评价,由 2 名小组成员独立进行质量评价,若意见分歧,则与第 3 名成员讨论决定。Cochrane 手册 5.1.0 版评价工具的内容包括随机序列的产生、随机方案的分配隐藏、研究对象及干预者的盲法实施、结果测评者的盲法实施、结局指标数据的完整性、选择性报告研究结果的可能性以及其他偏倚来源共 7 个项目。若 1 篇文献在这 7 个方面均被评为“低风险”,则等级为 A 级;若部分被评为“低风险”,则等级为 B 级;若均被评价为“高风险”,则等级为 C 级,予以剔除。如遇分歧,由第 3 名研究者决定。

1.5 统计学方法 采用 Stata 17.0 软件绘制网状证据图、累积排序概率图等。本研究的结局指标为连续性变量,且采用了不同的测量工具,故选取标准化均数差(standardized mean difference, SMD)及 95% CI 进行分析。通过绘制漏斗图分析发表偏倚。通过累积排序概率图下面积(surface under the cumulative ranking curve, SUCRA)得出心血管并发症相关结局指标中不同体力活动方式的最佳排序,SUCRA 分值越大,表明该体力活动方式对改善心血管并发症的效果越

佳。

2 结果

2.1 文献检索结果 初筛共获得 1 922 篇文献,通过 EndNote 软件进行去重处理,剩余 1 492 篇;再通过阅读题目和摘要排除文献,剩余 109 篇;最后通过阅读全文排除文献,最终纳入 12 篇。整个筛选过程的流程图,见图 1。

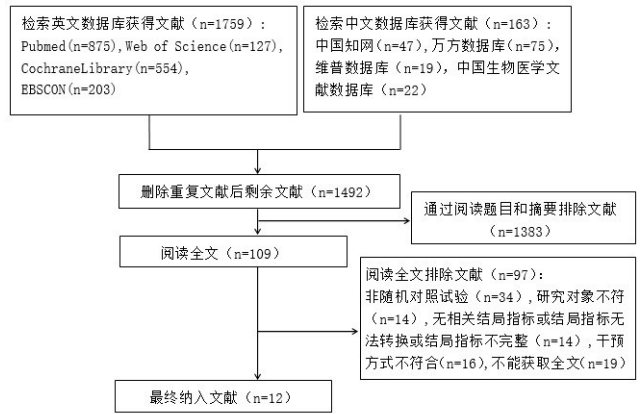


图 1 文献筛选流程图

2.2 纳入文献基本特征 纳入英文文献 12 篇^[11-22]。共 683 例肾移植受者,涉及 7 种体力活动方式,包括有氧运动、阻力运动、八段锦+阻力运动、有氧+肌肉强化运动、有氧+阻力运动、家庭运动、有氧+力量训练。纳入文献的基本特征见表 1。

2.3 文献质量评价 纳入的 12 篇文献质量评价均为 B 级。其中,10 篇文献^[11-15,18-22]详细描述了随机序列的产生,4 篇文献^[13-14,19-20]描述了随机方案的分配隐藏,1 篇文献^[11]对研究对象及干预者实施盲法,3 篇文献^[11,18,22]对结果测评者实施盲法。

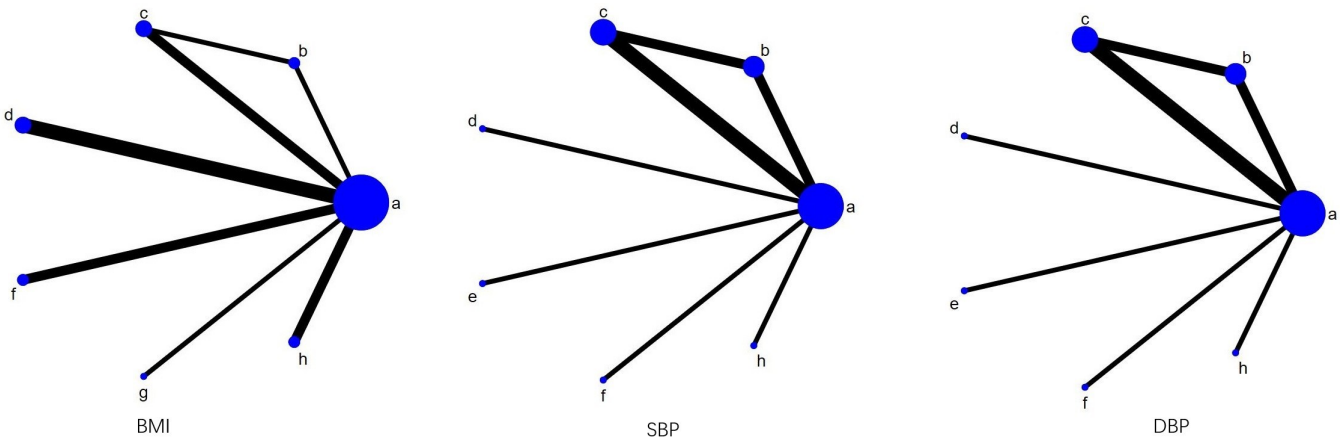
2.4 网状 Meta 分析结果

2.4.1 证据网络及不一致性检验 证据网络图中的每个节点代表一种体力活动方式,节点大小反映该方式纳入的样本量,节点间的连线表示两者存在直接比较,连线粗细与直接比较的研究数量成正比。由图 2 可知:在 BMI 结局中,阻力运动和有氧+阻力运动与其他干预方法的直接比较数量较多;在 SBP 结局中,有氧运动和阻力运动与其他干预方法的直接比较数量较多;在 DBP 结局中,有氧运动和阻力运动与其他干预方法的直接比较数量较多。以 BMI、SBP 和 DBP 为结局指标的研究均形成了证据闭环,需进行整体和局部不一致性检验。检验结果显示 $P > 0.05$,提示整体和局部一致性较好,故本研究采用一致性模型进行分析。

表 1 纳入文献的基本特征

纳入文献	发表 年份/年	国家	研究对象/例		干预方法		主要结 局指标	文献 质量
			试验组	对照组	试验组	对照组		
GREENWOOD S A 等 ^[11]	2015	美国	13、13	20	b、c	a	①②③	B
O'CONNOR E M 等 ^[12]	2017	英国	12、10	20	b、c	a	②③	B
ZHANG P P 等 ^[13]	2023	中国	53	53	g	a	①	B
KOUIDI E 等 ^[14]	2012	希腊	11	12	e	a	②③	B
KNOBBE T J 等 ^[15]	2024	荷兰	77	74	d	a	①②③	B
HEMMATI N 等 ^[16]	2021	伊朗	13	10	d	a	①	B
LIMA P S 等 ^[17]	2019	巴西	7	5	d	a	①	B
SHAKOOR E 等 ^[18]	2018	伊朗	23	21	e	a	①	B
PAINTER P L 等 ^[19]	2002	美国	52	43	h	a	①	B
PAINTER P L 等 ^[20]	2003	美国	51	45	h	a	①②③	B
KARELIS A D 等 ^[21]	2015	加拿大	10	10	c	a	①②③	B
MICHOV V 等 ^[22]	2023	希腊	13	12	f	a	①②③	B

注：a. 常规护理；b. 有氧运动；c. 阻力运动；d. 有氧＋阻力运动；e. 有氧＋肌肉强化；f. 有氧＋力量；g. 八段锦＋阻力；h. 家庭运动。
① 体重指数（BMI）；② 收缩压（SBP）；③ 舒张压（DBP）。



注：a. 常规护理；b. 有氧运动；c. 阻力运动；d. 有氧＋阻力运动；e. 有氧＋肌肉强化；
f. 有氧＋力量；g. 八段锦＋阻力；h. 家庭运动。

图 2 各结局指标的网络证据关系图

2.4.2 不同体力活动方式对肾移植受者心血管并发症的影响效果

2.4.2.1 BMI 共有 10 篇文献表明不同体力活动方式对肾移植受者 BMI 的干预效果。网状 Meta 分析结果显示，与常规护理相比，有氧＋力量训练[SMD＝2.53,95% CI (0.05,5.01), P<0.05]对肾移植受者的 BMI 具有较好的改善效果，见表 2。

2.4.2.2 SBP 共有 7 篇文献表明不同体力活动方式对肾移植受者 SBP 的干预效果。网状 Meta 分析结果显示，与常规护理相比，所涉及的 7 种体力活动方式两两比较，在改善肾移植受者 SBP 方面均无统计学意义，见表 3。

2.4.2.3 DBP 共有 7 篇文献表明不同体力活动方式对肾移植受者舒张压的干预效果。网状 Meta 分析结果显示，与常规护理相比，有氧运动[SMD＝4.72，

95% CI (3.66,5.77), P<0.05]、有氧＋肌肉强化运动[SMD＝2.14,95% CI (0.89,3.39), P<0.05]、有氧＋力量训练 [SMD＝2.87,95% CI (1.53,4.22), P<0.05]、家庭运动 [SMD＝0.82,95% CI (0.04,1.60), P<0.05]对肾移植受者的舒张压具有较好的改善效果，见表 4。

2.4.2.4 概率排序结果 BMI 的 SUCRA 值从高到低依次为：有氧＋力量训练>有氧＋阻力运动>家庭运动>常规护理>阻力运动>八段锦＋阻力运动>有氧运动。SBP 的 SUCRA 值从高到低依次为：有氧运动>有氧＋力量训练>有氧＋肌肉强化运动>常规护理>有氧＋阻力运动>阻力运动>家庭运动。DBP 的 SUCRA 值从高到低依次为：有氧运动>有氧＋力量训练>有氧＋肌肉强化运动>家庭运动>常规护理>有氧＋阻力运动>阻力运动。见表 5。

表 2 体力活动对肾移植受者 BMI 影响效果的联赛表

a		b		c		d		f		g		h	
-2.44(-5.68,0.80)		1.99(-1.26,5.24)		1.78(-1.38,4.95)		1.19(-2.00,4.39)		-4.93(-9.13,-0.73)		2.49(-1.66,6.63)			
-0.45(-2.89,1.99)		3.78(-0.04,7.59)		2.98(-0.50,6.46)		-3.74(-7.68,0.21)		-2.44(-5.88,1.00)					
1.34(-0.68,3.35)		4.97(0.89,9.05)		-1.95(-6.13,2.22)		-1.25(-4.37,1.87)							
2.53(0.05,5.01) *		0.04(-4.65,4.73)		0.53(-2.88,3.95)									
-2.40(-5.79,0.99)		2.53(-1.50,6.55)											
0.09(-2.30,2.47)													

注:a.常规护理;b.有氧运动;c.阻力运动;d.有氧+阻力运动;f.有氧+力量训练;g.八段锦+阻力运动;h.家庭运动。*表示 $P < 0.05$ 。

表 3 体力活动对肾移植受者 SBP 影响效果的联赛表

a		b		c		d		e		f		h	
2.04(-1.20,5.28)		-1.05(-3.83,1.72)		0.45(-5.03,5.93)		0.88(-5.84,7.60)		0.56(-6.20,7.32)		-3.34(-10.07,3.39)			
-0.60(-5.32,4.12)		0.28(-4.50,5.06)		1.33(-4.20,6.86)		1.44(-5.28,8.15)		-2.78(-9.51,3.95)					
0.83(-3.95,5.61)		1.89(-3.64,7.42)		-1.90(-8.59,4.79)									
-2.50(-7.24,2.23)		-1.45(-6.94,4.04)											

注:a.常规护理;c.阻力运动;d.有氧+阻力运动;e.有氧+肌肉强化运动;f.有氧+力量训练;h.家庭运动。

表 4 体力活动对肾移植受者 DBP 影响效果的联赛表

a		b		c		d		e		f		h	
4.72(3.66,5.77) *		-1.23(-1.92,-0.53)		-5.94(-7.07,-4.82)		1.12(0.11,2.13)		2.25(0.80,3.70)		0.74(-1.10,2.57)		-2.05(-3.61,-0.50)	
-0.11(-0.84,0.62)		-2.58(-4.21,-0.94)		3.37(1.94,4.80)		2.99(1.46,4.51)		-1.32(-2.79,0.16)					
2.14(0.89,3.39) *		-1.84(-3.55,-0.14)		4.10(2.59,5.61)		0.93(-0.14,2.00)							
2.87(1.53,4.22) *		-3.89(-5.21,-2.58)		2.05(1.00,3.09)									
0.82(0.04,1.60) *													

注:a.常规护理;b.有氧运动;c.阻力运动;d.有氧+阻力运动;e.有氧+肌肉强化运动;f.有氧+力量训练;h.家庭运动。*表示 $P < 0.05$ 。

表 5 7 种体力活动方式对各指标影响的概率排序结果

干预措施	BMI	SBP	DBP
常规护理	51.75	52.68	27.22
有氧运动	13.30	83.03	99.65
阻力运动	43.45	32.70	0.25
有氧+阻力运动	79.30	43.87	23.57
有氧+肌肉强化运动	—	54.72	69.42
有氧+力量训练	93.08	63.38	79.95
八段锦+阻力运动	15.20	—	—
家庭运动	54.02	19.83	49.73

注:“—”表示未报告。

2.5 发表偏倚分析 对 DBP、BMI、SBP 绘制漏斗图,结果显示漏斗图存在部分不对称,提示存在发表偏倚的可能性,可能与纳入文献的样本量较少有关。

3 讨论

3.1 有氧+力量训练对改善肾移植受者 BMI 效果较好 由概率排序结果可知,相对于单纯的有氧运动或力量训练,有氧+力量训练对改善受者的 BMI 效果更佳,这提示联合运动可通过协同作用,更有效地促进受者的体重管理。有研究表明^[23-24],超过 50%的受者术

后 1 年内体重显著增加,其主要与免疫抑制剂治疗相关,如糖皮质激素是导致体重增加、腹部脂肪堆积的重要因素,可通过增加食欲和促进脂肪储存来影响体重,同时也可诱导胰岛素抵抗和增加肝脏糖异生,进一步加剧了代谢紊乱^[25-26];钙调神经磷酸酶抑制剂(如环孢素、他克莫司)可通过影响肾脏的水钠代谢,导致体内水潴留,还可能干扰脂肪细胞的分解和储存,加剧肥胖及胰岛素抵抗^[27];此外,术后早期活动受限、生活方式改变等因素也与体重增加有关。有氧运动通过激活 AMPK 信号通路,增强线粒体生物合成与脂肪酸氧化能力,增加能量消耗,促进脂肪的氧化与分解,尤其是减少腹部脂肪;移植受者常因术前尿毒症、术后活动不足及激素作用,导致肌肉减少但脂肪增加。力量训练通过激活 mTOR 通路促进肌肉蛋白质合成,对抗糖皮质激素的蛋白分解作用,增加骨骼肌质量及肌肉组织分泌的肌源性因子,从而增加能量消耗与产热^[28-29]。联合训练能显著提高骨骼肌和肝脏的胰岛素敏感性,促进葡萄糖摄取而非转化为脂肪储存,同时改善脂质代谢,直接对抗药物引起的脂质分布异常和脂肪堆积,因此在改善 BMI 方面效果更显著^[30]。尽管该研究证

实了有氧+力量训练在改善肾移植受者 BMI 方面效果较好,但仍然存在一定的局限性,如纳入文献较少,后续应增加相关随机对照研究;同时,不同研究中肾移植受者的个体差异都可能对研究结果造成影响,未来研究应充分考虑基线特征,深入探讨不同体力活动对肾移植受者 BMI 的影响。

3.2 有氧运动在改善肾移植受者舒张压方面效果较好 由 SUCRA 排序结果显示,干预效果从高到低依次为:有氧运动、有氧+力量训练、有氧+肌肉强化运动、家庭运动、常规护理、有氧+阻力运动、阻力运动。这提示有氧运动对受者舒张压的改善效果最佳。肾移植术后高血压发生率较高,部分原因与长期免疫抑制治疗、移植肾功能变化及体液容量负荷等因素相关。而舒张压升高是心血管事件的重要危险因素,尤其在移植人群中需加以重点控制。

有氧运动是指机体在进行锻炼时有充足的氧气供应,即在运动过程中,摄氧量与耗氧量保持动态平衡,主要包括步行、慢跑、游泳、骑自行车、打太极拳、跳健身操等^[31]。其作用机制:①规律的有氧运动可以促进人体血管内皮细胞释放一氧化氮等血管舒张因子,增强血管内皮的扩张功能,改善血管壁弹性,进而降低外周血管阻力,达到降低舒张压的目的^[32];②有氧运动可以调节肾素-血管紧张素-醛固酮系统(RAAS)的活性,抑制肾素分泌,减少血管紧张素Ⅱ生成及醛固酮释放,减轻水钠潴留,从而进一步降低血压水平^[33]。此外,运动训练也可能通过间接方式调节血压,如减轻体重、缓解焦虑、提高生活质量等,进而改善血压水平。以往研究表明,有氧运动有助于恢复交感-迷走神经之间的动态平衡,使心血管自主神经系统达到平衡状态,从而降低血压^[34-35],与本研究结果一致。基于该研究结果,护理人员应优先考虑将有氧运动作为改善肾移植受者舒张压的干预方式,但鉴于个体身心状况存在差异,护理人员应结合受者实际情况,给予个性化活动方案。此外,应探索个体依从性与血压变化之间的关联,以优化运动方案的临床应用价值。未来研究可进一步比较不同有氧运动亚型(如间歇训练和持续训练)的效果。

本研究共纳入 12 篇文献,探讨了 7 种体力活动方式对肾移植术后受者 DBP、BMI 和 SBP 方面的影响。现有证据表明,有氧+力量训练对改善肾移植受者的 BMI 效果较好,有氧运动对改善肾移植受者舒张压方面的效果较好。本研究存在以下局限性:首先,纳入文献较少,部分活动方式仅纳入 1 篇文献,可能影响证据稳定性;其次,各项研究在运动强度、频率等方面存在差异,且干预周期、患者基线特征等不同,可能导致临床异质性;此外,未系统评估随访时间对结局指标的影

响。未来研究建议开展更多大样本的随机对照研究,在证据总结时,可进一步通过亚组分析探讨干预周期、运动强度、患者基线特征等因素对结局指标的影响,以提高证据可靠性。

参考文献:

- [1] BIRDWELL K A, PARK M. Post-transplant cardiovascular disease[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2021, 16(12): 1878-1889.
- [2] POGGIO E D, AUGUSTINE J J, ARRIGAIN S, et al. Long-term kidney transplant graft survival-Making progress when most needed[J]. Am J Transplant, 2021, 21(8): 2824-2832.
- [3] AZIZ F, JORGENSEN M, GARG N, et al. New approaches to cardiovascular disease and its management in kidney transplant recipients[J]. Transplantation, 2022, 106(6): 1143-1158.
- [4] METHVEN S, STEENKAMP R, FRASER S. UK renal registry 19th annual report: chapter 5 survival and causes of death in UK adult patients on renal replacement therapy in 2015: national and centre-specific analyses[J]. Nephron, 2017, 137(Suppl 1): 117-150.
- [5] SARAN R, ROBINSON B, ABBOTT K C, et al. US renal data system 2018 annual data report: epidemiology of kidney disease in the united states[J]. Am J Kidney Dis, 2019, 73(3 Suppl 1): A7-A8.
- [6] CASPERSEN C J, POWELL K E, CHRISTENSON G M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research[J]. Public Health Rep, 1985, 100(2): 126-131.
- [7] KASTELZ A, FERNHALL B, WANG E, et al. Personalized physical rehabilitation program and employment in kidney transplant recipients: a randomized trial [J]. Transpl Int, 2021, 34(6): 1083-1092.
- [8] KANG A W, BOSTOM A G, KIM H, et al. Physical activity and risk of cardiovascular events and all-cause mortality among kidney transplant recipients[J]. Nephrol Dial Transplant, 2020, 35(8): 1436-1443.
- [9] CALELLA P, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ S, GAROFALO C, et al. Exercise training in kidney transplant recipients: a systematic review[J]. J Nephrol, 2019, 32(4): 567-579.
- [10] TAKAHASHI A, HU S L, BOSTOM A. Physical activity in kidney transplant recipients: a review[J]. Am J Kidney Dis, 2018, 72(3): 433-443.
- [11] GREENWOOD S A, KOUFAKI P, MERCER T H, et al. Aerobic or resistance training and pulse wave velocity in kidney transplant recipients: a 12-week pilot randomized controlled trial (the exercise in renal transplant [ExeRT] trial)[J]. Am J Kidney Dis, 2015, 66(4): 689-698.
- [12] O'CONNOR E M, KOUFAKI P, MERCER T H, et al.

Long-term pulse wave velocity outcomes with aerobic and resistance training in kidney transplant recipients- a pilot randomised controlled trial[J]. *PLoS One*,2017,12 (2):e0171063.

[13] ZHANG P P, LIU S, ZHU X, et al. The effects of a physical exercise program in Chinese kidney transplant recipients;a prospective randomised controlled trial[J]. *Clin Kidney J*,2023,16(8):1316-1329.

[14] KOUIDI E, VERGOULAS G, ANIFANTI M, et al. A randomized controlled trial of exercise training on cardiovascular and autonomic function among renal transplant recipients[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2013, 28 (5):1294-1305.

[15] KNOBBE T J, KREMER D, ZELLE D M, et al. Effect of an exercise intervention or combined exercise and diet intervention on health-related quality of life-physical functioning after kidney transplantation;the Active Care after Transplantation (ACT) multicentre randomised controlled trial [J]. *Lancet Healthy Longev*, 2024, 5 (9): 100622.

[16] HEMMATI N, KAZEMI S, JAMSHIDIAN-TEHRANI N, et al. Effects of exercise training on immunological factors in kidney transplant recipients;a randomized controlled trial[J]. *Res Sports Med*,2022,30(1):80-91.

[17] LIMA P S, DE CAMPOS A S, DE FARIA NETO O, et al. Effects of combined resistance plus aerobic training on body composition, muscle strength, aerobic capacity, and renal function in kidney transplantation subjects [J]. *J Strength Cond Res*,2021,35(11):3243-3250.

[18] SHAKOOR E, SALESI M, JAHROMI M K, et al. The effect of exercise on interferon gamma, body fat and bmi of kidney transplant patients[J]. *Rev Bras Med Esporte*, 2018,24(5):333-337.

[19] PAINTER P L, HECTOR L, RAY K, et al. Effects of exercise training on coronary heart disease risk factors in renal transplant recipients[J]. *Am J Kidney Dis*,2003,42 (2):362-369.

[20] PAINTER P L, HECTOR L, RAY K, et al. A randomized trial of exercise training after renal transplantation [J]. *Transplantation*,2002,74(1):42-48.

[21] KARELIS A D, HÉBERT M J, RABASA-LHORET R, et al. Impact of resistance training on factors involved in the development of new-onset diabetes after transplantation in renal transplant recipients;an open randomized pilot study[J]. *Can J Diabetes*,2016,40(5):382-388.

[22] MICHOU V, NIKODIMOPOULOU M, LIAKOPOULOS V, et al. Home-based exercise training and cardiac autonomic neuropathy in kidney transplant recipients with type-II diabetes mellitus [J]. *Life*, 2023, 13 (6): 1394.

[23] FORTE C C, PEDROLLO E F, NICOLETTO B B, et al. Risk factors associated with weight gain after kidney transplantation;a cohort study [J]. *PLoS One*, 2020, 15 (12):e0243394.

[24] ALTHEABY A, ALAJLAN N, SHAHEEN M F, et al. Weight gain after renal transplant: incidence, risk factors, and outcomes [J]. *PLoS One*, 2022, 17 (6): e0268044.

[25] PACCAGNELLA C, ANDREOLA S, GAMBARO A, et al. Immunosuppressive therapy-related cardiovascular risk factors in renal transplantation; a narrative review [J]. *Cardiorenal Med*,2025,15(1):209-228.

[26] RHEN T, CIDLOWSKI J A. Antiinflammatory action of glucocorticoids:new mechanisms for old drugs[J]. *N Engl J Med*,2005,353(16):1711-1723.

[27] HOORN E J, WALSH S B, MCCORMICK J A, et al. The calcineurin inhibitor tacrolimus activates the renal sodium chloride cotransporter to cause hypertension[J]. *Nat Med*,2011,17(10):1304-1309.

[28] HAWLEY J A, HARGREAVES M, JOYNER M J, et al. Integrative biology of exercise[J]. *Cell*,2014,159(4): 738-749.

[29] OGASAWARA R, FUJITA S, HORNBERGER T A, et al. The role of mTOR signalling in the regulation of skeletal muscle mass in a rodent model of resistance exercise [J]. *Sci Rep*,2016,6:31142.

[30] SIGAL R J, KENNY G P, BOULÉ N G, et al. Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes;a randomized trial[J]. *Ann Intern Med*,2007,147(6):357-369.

[31] 张朵,单继新. 有氧训练干预模式下膝关节韧带损伤患者膝关节及韧带功能的改变[J]. *中国组织工程研究*, 2023,27(26):4107-4112.

[32] DAVIES M D, HUGHES F, SANDOO A, et al. The effect of exercise on vascular health in chronic kidney disease;a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Am J Physiol Renal Physiol*,2023,325(5):F638-F655.

[33] BAFFOUR-AWUAH B, MAN M, GOESSLER K F, et al. Effect of exercise training on the renin-angiotensin-aldosterone system; a Meta-analysis [J]. *J Hum Hypertens*,2024,38(2):89-101.

[34] SPRICK J D, MAMMINO K, JEONG J, et al. Aerobic exercise training improves endothelial function and attenuates blood pressure reactivity during maximal exercise in chronic kidney disease[J]. *J Appl Physiol*,2022, 132(3):785-793.

[35] JEONG J, SPRICK J D, DACOSTA D R, et al. Exercise modulates sympathetic and vascular function in chronic kidney disease[J]. *JCI Insight*,2023,8(4):e164221.

收稿日期:2025-07-28;修回日期:2025-11-04

(本文编辑 钟琳)