

【循证护理】

抗阻运动对血液透析患者血压控制 及运动耐量恢复效果 Meta 分析

守丹¹, 梁欣², 黄金丹¹, 高祖梅¹

(1.长江大学附属第一医院,湖北荆州 434023;2.长江大学医学部,湖北荆州 434000)

【摘要】目的 通过 Meta 分析探讨抗阻运动对血液透析患者血压控制及运动耐量恢复的效果。**方法** 检索 Cochrane library、PubMed、Medline、Web of Science、EMbase、Sciondirect、中国生物医学、中国知网、万方、维普数据库,收集文献由建库至 2019 年 8 月,血液透析患者采用抗阻运动或常规护理对透析期间血压控制效果的随机对照试验。严格文献质量评价后,利用 RevMan 5.3 进行统计处理。**结果** 纳入中英文文献 17 篇,研究的样本量为 618 例。Meta 分析结果显示:抗阻运动组较常规组降低透析中低血压的发生率 [RR=0.57,95%CI (0.43,0.77),P<0.01]; 干预 2~3 个月后抗阻运动组的舒张压、收缩压均比对照组对血压控制效果好 [MD=-3.53,95%CI(-6.28,-0.78),P=0.01],[MD=-6.29,95%CI(-9.34,-3.23),P<0.01],干预>3 个月后抗阻运动组舒张压、收缩压均比对照组对血压控制效果好[MD=-4.70,95%CI(-8.55,-0.84),P=0.02],[MD=-7.79,95%CI(-14.51,-1.07),P=0.02];抗阻运动组较常规组提高患者 6 min 步行距离[RR=33.06,95%CI(7.89,58.23),P=0.01]。**结论** 抗阻运动对血液透析患者血压控制较好,能提高患者运动耐量,医务人员可根据患者耐力及病情制定个性化抗阻运动,以期取得更好的临床效果。

【关键词】 抗阻运动; 血液透析患者; 血压; 运动耐量; Meta 分析

【中图分类号】 R459.5 **【文献标识码】** B **【DOI】** 10.16460/j.issn1008-9969.2020.15.044

血液透析是终末期肾脏病患者主要延缓治疗的方法,透析性高血压和透析中低血压(intradialytic hypotension, IDH)是血透期间最常见的并发症,也是引起血透患者死亡的危险因素^[1]。约 60%~90%的血液透析患者因细胞外容量超负荷而出现透析性高血压,20%~30%的血透患者在透析期间会出现透析间低血压,不仅降低了透析的质量,还导致了透析终止^[2]。同时,血液透析患者活动耐力差,体能消耗过多,不利于身体恢复,目前已有 Meta 分析证实透析患者恢复肌力及体能可采用抗阻运动,是以自身用力来克服阻力从而完成运动的方法,而阻力可来自他人、自身或器械,如哑铃、弹簧、沙袋等^[3]。但抗阻运动是否对血液透析患者血压的控制有效仍存在争议^[4-5],国外系统评价中抗阻运动在稳定血液透析患者血压中没有明显效果^[5],目前临床多采用药物治疗,药物治疗效果不稳定且存在不良反应^[6],因此抗阻运动作为一种安全、持续的方法是本次研究重点,而对血液透析患者运动的频率、强度、类型、时间也有待进一步确定^[7]。因此,本研究通过 Meta 分析结合国内外研究,分析抗阻运动对血液透析患者高血压、透析中低血压发生率及运动耐量效果,以确定抗

阻运动的具体干预方法,为控制血液透析血压及改善患者生活质量提供依据。

1 资料与方法

1.1 文献纳入排除标准

1.1.1 纳入标准 (1)研究设计,内容涉及抗阻运动对血液透析患者透析血压控制及运动耐量恢复效果的随机对照试验(randomized controlled trial,RCT);(2)研究对象,纳入标准:年龄≥18 周岁;慢性肾功能衰竭需进行维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)治疗≥3 个月;透析前收缩压≥90 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);病情稳定,使用动静脉瘘透析;研究期间未调整降压、升压药物(仅在非透析日服用降压药物,在透析前或过程中服用升压药物);无严重心脑血管疾病,如心功能不全、严重心律失常、不稳定型心绞痛、心肌梗死、脑卒中等;无下肢肌肉或关节严重肿胀、肢体活动障碍;自愿参加本研究。(3)纳入研究的干预措施,2 组均给予血液透析常规护理,透析液温度 36~37℃,血流量 180~280 mL/min。对照组:透析过程中护士测血压,1 次/h,给予相关饮食指导、并发症预防指导;干预组:在常规护理基础上,透析中给予抗阻运动干预 8~24 周,每次开始和结束前各进行热身及放松运动 5 min,正式运动约 15~30 min。(4)结局指标:①透析中低血压发生率(透析中低血压的评估为收缩压下降>20 mmHg,或平均动脉压下降>10 mmHg,伴随有相关临床不适的症状)^[8],在患者整个透析期间至研究结束,患者在

【收稿日期】2020-03-27

【基金项目】湖北省卫生和医药院校科研专项立项(WJ2016-Y-10);荆州市 2017 年医疗卫生科技计划项目[荆科发(2017)39 号]

【作者简介】守丹(1984-),女,湖北宜都人,本科学历,主管护师,护士长。

【通信作者】高祖梅(1970-),女,湖北荆州人,本科学历,护理部主任,主任护师。E-mail:371311306@qq.com

整个透析期间发生低血压的次数;②透析后血压,为研究干预后的血压情况;③6 min 步行距离。

1.1.2 排除标准 (1)原始文献类型为个案报告、综述、质性研究;(2)无相关结局指标或无法计算得到;(3)已在原始研究基础上进行 Meta 分析或系统评价的二次分析文献;(4)联合多项干预措施。

1.2 检索策略 检索英文数据库 Cochrane library、PubMed、Medline、Web of Science、Embase、Sciondirect,中文数据库:中国生物医学、中国知网、万方、维普数据库,先进行预检索,再根据预检索结果确定检索策略,检索文献时间均从建库至 2019 年 8 月。检索词根据具体的数据库进行调整,对查到的论文文题、摘要、所用的关键词以及主题词进行分析,进一步确定文献检索的关键词,为进一步查全通过滚雪球方式对检索到的论文和综述的参考文献进一步检索。中文关键词为:血透患者/血液透析、抗阻运动/有氧运动/运动干预、透析低血压/血管压力/肌力/效果;英文为: hemodialysis patients/ continuous blood dialysis/ Isometric training、resistance exercise / exercise training、blood pressure/ Intradialytic Hypotension/effect/ hypotensive symptoms、RCT/systematic review。以 PubMed 数据库检索策略为例,见图 1。

```

1 ((hemodialysis patients [Title/Abstract]) OR (Continuous blood dialysis [Title/Abstract]) OR (Isometric training [Title/Abstract]))
2 ( (resistance exercise [Title/Abstract]) OR (exercise training [Title/Abstract]) )
3 ((blood pressure [Title/Abstract]) OR (Intradialytic Hypotension [Title/Abstract]) OR (effect [Title/Abstract]))
#4 ( (RCT[Title/Abstract]) OR (systematic review [Title/Abstract]) )
#5 #1 AND #2 AND #3 AND#4
    
```

图 1 PubMed 数据库检索策略

1.3 文献质量评价 由 2 名经循征护理系统培训的研究人员完成,其中 2 名研究人员按照 Cochrane 系统评价手册中关于随机对照试验的评价标准进行评价^[9],主要评价内容包括:随机序列产生、分配隐藏、盲法、结果数据的完整性、选择性报告研究结果和其他偏倚来源,完全满足质量评价标准,为 A 级,

部分满足为 B 级,完全不满足为 C 级,予以排除。A、B 级符合纳入文献要求可以采用。出现意见分歧时,由第 3 名研究人员仲裁。

1.4 资料提取 对符合本研究纳入标准的文献按以下内容提取基本资料,对符合标准的文献进行资料提取:作者、年龄、样本量、干预措施、透析时间、透析间血压等。

1.5 资料分析与方法 采用 RevMan 5.3 进行 Meta 分析。连续变量资料用均数差(MD)或标准化均数差(SMD),采用 95%可信区间(CI)评价;二分类资料计算相对危险度 RR 值和 95%可信区间(CI)评价。并分别进行异质性检验和敏感性分析,异质性检验通过 Cochran Q 检验计算 P 值检验^[9],P<50%提示无异质性,则采用固定效应模型;P≥50%提示异质性较大,采用随机效应模型,并通过亚组分析探讨异质性来源,P<0.05 为差异有统计学意义,并对纳入文献结局指标进行漏斗图绘制以评价发表偏倚。

2 结果

2.1 文献检索结果 检索到相应文献 2 987 篇,中文 389 篇,英文 2 598 篇。经筛选最终纳入 17 篇文献,具体纳入研究步骤见图 2。

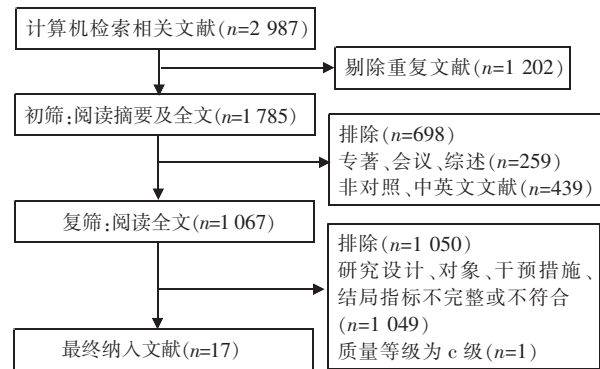


图 2 纳入文献流程图

2.2 纳入文献基本特征及方法学质量 纳入 17 篇文献的基本情况见表 1。本研究纳入的 17 篇文献中^[10-26],2 篇文献的质量等级较好,为 A 级;15 篇文献质量等级为 B 级^[20,25]。

表 1 纳入文献基本情况

纳入研究	国家	年份	样本量 抗阻运动组/常规组	干预措施		干预强度、 频次、时间	干预持续 时间(个月)	结局 指标	评价 时间
				常规组	抗阻运动组				
Jeong et al ^[10]	美国	2019	49/45	常规护理+ 营养指导	透析前营养支持+缓 慢加强的举重锻炼	中等强度,2 次/周,2~3 组 /次,30~45 min/次	6~12	A	干预前及后 3、6、12 个月
Kim et al ^[11]	韩国	2019	8/11	常规护理+ 无阻力运动	缓慢加强的骑行运动 +举重运动	中等强度,2 次/周,40 min/次, 20 min 之间休息 1 h	3	A	干预前、后
Liao et al ^[12]	中国 台湾	2016	20/20	常规护理	渐进式上肢哑铃抗 阻运动	中等强度,3 次/周,2~3 组/次, 20 min/次	3	A	干预前及后 1、2、3 个月
Ookawara et al ^[13]	日本	2016	12/12	常规护理	渐进式腿部、臂膀抗 阻运动	低强度,2 次/周,15~20 min/次, 2~3 组/次	3	A、B	干预前及后 1、2、3 个月

续表 1

纳入研究	国家	年份	样本量 抗阻组/常规组	干预措施		干预强度、 频次、时间	干预持续 时间(个月)	结局 指标	评价 时间
				常规组	抗阻运动组				
DePaul et al ^[14]	加拿大	2002	20/18	常规护理	渐进式腿部抗阻运动	低强度,3次/周,5组/次,30 min/次	3	A、C	干预前、后
Wilunod et al ^[15]	埃及	2015	18/12	常规护理	渐进式腿部、臂膀抗阻运动	低强度,3次/周,3组/次,15 min/次	2	A	干预前及后1、2个月
Greenwood et al ^[16]	英国	2015	13/20	常规护理	渐进式腿部抗阻运动	中等强度,1次/周,40 min/次	3	A	干预前及后3个月
Álvares et al ^[17]	巴西	2017	21/21	常规护理	缓慢加强的骑行运动+上肢阻力运动	中等强度,2次/周,20~30 min/次	3	B	干预前后
Koh et al ^[18]	澳大利亚	2010	15/16	常规护理+健康教育	渐进式爬坡运动	低强度,3次/周,12周前每次30 min,12周后每次45 min	6	A、C	干预前及后3、6个月
Wilund et al ^[19]	美国	2010	8/9	常规护理	缓慢加强的骑行运动	低强度,3次/周,45 min/1次	4	A	干预前及后4个月
Toussaint et al ^[20]	美国	2008	9/10	常规护理+无运动	缓慢加强的骑行运动	低强度,3次/周,30 min/1次	3	A	干预前及后3个月
Painter et al ^[21]	美国	2002	14/10	常规护理	缓慢循环的骑行运动	低强度,开始10~15 min无阻力,后30 min有阻力运动,2次/周	5	A	干预前及后5个月
Parsons et al ^[22]	加拿大	2004	6/7	常规护理+无阻力运动	缓慢加强的骑行运动	低强度,2次/周,30~45 min/1次	2	A	干预前后
Segura-Ortí et al ^[23]	西班牙	2009	18/17	常规护理+无阻力运动	阶梯式腿部抗阻运动	低强度,每周1次,25 min/次	6	B、C	干预前后
Song et al ^[24]	韩国	2012	20/20	常规护理+教育	渐进式上、下肢沙袋抗阻运动	低强度,2次/周,20 min/次	3	C	干预前后
Chan et al ^[25]	美国	2019	24/24	常规护理	渐进式下肢抗阻运动	低强度,2~3次/周,45 min/次	3	C	干预前、中、后
刘洋等 ^[26]	中国	2017	39/38	常规护理	渐进式腿部阻力运动	低强度,3次/周,15~20 min/次	3	A、B	干预前、中

注:A表示血压;B表示透析中低血压总发生率;C表示6 min步行距离

2.3 Meta分析结果

2.3.1 透析中低血压的发生率 4篇文献评估抗阻运动对透析患者透析中低血压发生率的影响^[13,17,23,26],结果显示($I^2=0\%$, $P=0.46$),不存在异质性,采用固定

效应模型,抗阻运动组较常规组能降低透析中低血压的发生率 $[RR=0.57,95\%CI(0.43,0.77),P<0.01]$ 差异有统计学意义,见图3。

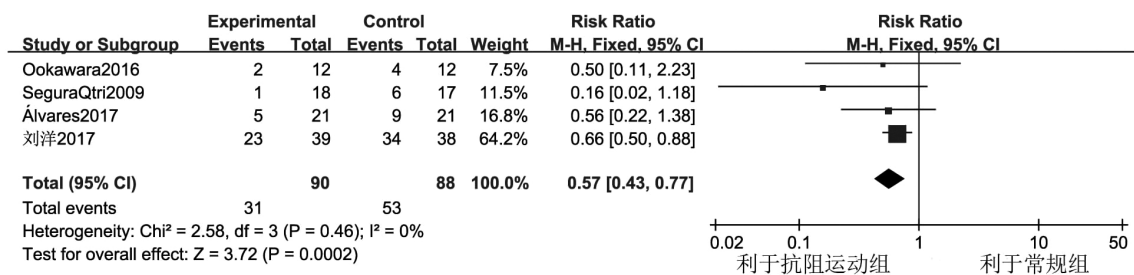


图3 抗阻运动组和常规组降低透析中低血压发生率的比较

2.3.2 血压稳定性 11篇文献评估了抗阻运动对透析患者舒张压的影响^[10,12,14-16,18-22,26],12篇文献评估抗阻运动对透析患者收缩压的影响^[10-13,15-16,18-22,26],根据各研究的干预时间的不同(2~3个月、>3个月)做亚组分析,异质性分析显示干预时间2~3个月舒张压、收缩压的结果分别为($P=0\%$, $P=0.49$; $I^2=31\%$, $P=0.18$),干预时间>3个月舒张压、收缩压的结果分别为($P=0\%$, $P=0.44$; $I^2=0\%$, $P=0.50$)亚组分分结果评估中均不存在异质性,用固定效应模型进行分析,结果

显示干预2~3个月后抗阻运动组的舒张压、收缩压均比对照组对血压控制效果好 $[MD=-3.53,95\%CI(-6.28,-0.78),P=0.01]$, $[MD=-6.29,95\%CI(-9.34,-3.23),P<0.01]$,干预>3个月后抗阻运动组舒张压、收缩压均比对照组对血压控制效果好 $[MD=-4.70,95\%CI(-8.55,-0.84),P=0.02]$, $[MD=-7.79,95\%CI(-14.51,-1.07),P=0.02]$,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表2。

表 2 舒张压和收缩压干预后的 Meta 分析结果汇总

指标	纳入研究数	效应模型	Meta 分析结果			I ² (%)	P
			MD	95%CI	P		
干预 2~3 月舒张压	7 ^[12,14-16,20,22,26]	固定	-3.53	-6.28~-0.78	0.01	0.0	0.49
干预>3 月舒张压	4 ^[10,18-19,21]	固定	-4.70	-8.55~-0.84	0.02	0.0	0.44
干预 2~3 月收缩压	8 ^[11-13,15-16,20,22,26]	固定	-6.29	-9.34~-3.23	<0.01	31.0	0.18
干预>3 月收缩压	4 ^[10,18-19,21]	固定	-7.79	-14.51~-1.07	0.02	0.0	0.50

2.3.3 6 min 步行距离 4 篇文献评估了抗阻运动对透析患者透析期间 6 min 步行距离的影响^[14,18,23,25],结果显示(I²=0%,P=0.44),不存在异质性,采用固定效

应模型,抗阻运动能提高 6 min 步行距离,[RR=33.06,95%CI(7.89,58.23),P=0.01]差异有统计学意义,见图 4。

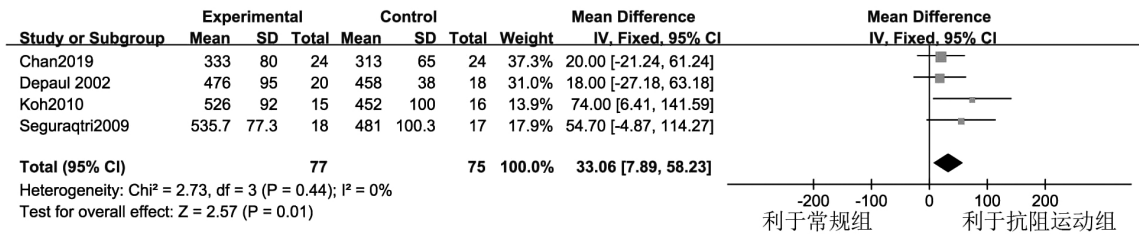


图 4 6min 步行距离

2.4 敏感性分析及发表偏倚 对上述合并 Meta 分析结果进行逐一剔除单个研究并对剩余研究重新进行分析,结果无改变,提示本研究结果稳健性较好。对 12 篇透析患者收缩压及 11 篇透析患者舒张压控制效果的文献合并结果进行 Egger 检验,其结果呈对称,不存在发表偏倚,见图 5。

C 反应蛋白的水平,而降低发生低血压的风险,对血流运动起到管理作用^[28-29]。在 Rhee 等^[30]的研究中通过对 20 例血透患者进行自行车骑行的抗阻康复训练期间,增加了心脏的交感活动,患者的心输出量可以增加 4 倍以匹配骨骼肌肉的供氧需求,而活跃了骨骼肌作用于血管以促进静脉回流,从而增加舒张末期容量和收缩。同时,透析间低血压也是复杂的病理生理问题,对血压的管理多靠药物控制,在出现紧急情况下需遵医嘱进行护理,使护理人员处于被动地位,对血透患者进行抗阻运动训练的同时对血压进行监测管理是护理人员人文关怀和整体护理的体现,也可减少血压控制中药物使用的次数。因此抗阻运动能有效降低透析间低血压的发生率,提高患者透析间的透析质量^[31]。

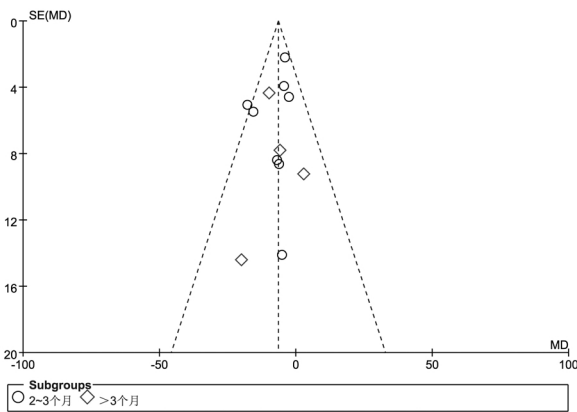


图 5 收缩压发表偏倚检测结果

3 讨论

3.1 抗阻运动可减少血液透析患者透析中低血压的发生率 本研究中抗阻运动可减少透析间低血压的发生率,有研究指出透析间低血压的发生率与 C 蛋白水平低有关,且是独立的危险因素,当 C 蛋白水平低,患者血浆胶体渗透压会下降,血液容量减少,而引起透析性低血压^[27],中低强度的抗阻运动可促进血液流动性及充盈性、保证有效血容量,并提高

3.2 抗阻运动有助于改善患者透析后的血压状态

本研究中抗阻运动对血压的影响分析中根据运动干预的时间分为≤3 个月组和>3 个月组,在收缩压、舒张压的控制中,低强度的抗阻运动训练均可降低血压均值,渐进式阻力运动可降低交感神经系统敏感性和心输出量,有效稳定血压^[32],Fauchère 的研究中对心脏术后患者进行抗阻康复训练后可增加心脏泵血量,并提高血管通透性及对机体状况的敏感性,从而有效稳定血压有利于心肌恢复,和本研究的结果有一致性^[33]。Meta 分析结果中,>3 个月的抗阻力训练血压控制情况较好于<3 个月的训练。在刘洋等^[26]的研究中对血液透析患者进行 3 个月的抗阻运

动后,其收缩压未产生明显影响,考虑可能与研究干预时间较短有关,同时,国外研究^[34]在对透析患者病死率的分析中透析前血压不稳定性是危险因素,理想的血压为收缩压 ≤ 140 mmHg,舒张压 ≤ 80 mmHg,本 Meta 分析中的各项研究通过抗阻运动训练均能达到理想血压的状态。因此在血压管理中抗阻运动的时间越长,对血液透析患者的血压改善效果越明显,建议在指导血透患者进行抗阻运动训练时应更关注其持久性及有效性。

3.3 抗阻运动有助于增加患者的运动耐量 抗阻运动训练中动脉血管扩张,以支持氧气送达工作肌肉,心输出量可有效重新分配到心肌和骨骼肌满足运动的代谢需求本,以增加骨骼肌肉的协调性和耐力^[35]。本研究中抗阻运动训练后透析患者 6 min 步行距离比常规组要长。Hiraki 等研究对 33 例血透患者进行透析前的抗阻运动,改善了手臂和腿部肌肉的强度,在不影响肾脏功能下可提高患者对运动的耐力和依从性,增加患者的运动耐量^[36]。而透析患者因病情及透析中消耗使其身心疲惫且活动耐力逐渐下降,运动量减少而引起肌力减弱,影响患者自主性及机体恢复。对相关研究的干预方法进行归纳整理,考虑到透析患者体能会低于健康的同龄人群,且在透析后期会出现逐渐下降的趋势。因此,为稳定患者病情,提高患者透析间生存质量,建议对于抗阻运动训练的强度及频次以中低强度,每周 2~3 次,渐进式进行干预训练为宜。

4 研究不足及展望

因仅纳入中英文随机对照试验的文献,且因研究对象的特殊性及其干预时间较长,疾病治疗和康复中会出现退出或患者去世而失访,各研究的样本量均较少;同时部分文章未具体阐述随机序列的产生和分配隐藏,易引起测量偏倚,未来研究应注重随机序方法的实施;虽国外对抗阻运动在血液透析患者血压管理中的研究相对较成熟,但由于疾病的特殊性使得在随机对照试验中可操作性存在困难,多以前瞻性研究为主,而对抗阻运动对血压的管理和改善作用也不一致,且多局限在肌力的改善方面。本研究通过 Meta 分析结果显示中低等渐进性抗阻运动可有效改善患者血压,提高患者活动耐量,但抗阻运动的干预时间较长,如何做到患者出院后对运动干预的持续性和有效性,如何根据患者耐力及病情制定个性化运动种类及规范随访程序,将是未来需要

进一步解决的问题。

[参 考 文 献]

- [1] Agarwal R. Blood Pressure and Mortality Among Hemodialysis Patients[J]. *Hypertension*, 2010, 55(3):762-768. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.144899.
- [2] Palmer BF, Henrich WL. Recent Advances in the Prevention and Management of Intradialytic Hypotension[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2008, 19(1):8-11. DOI: 10.1681/ASN.2007091006.
- [3] Bogataj Š, Pajek M, Pajek J, et al. Exercise-based Interventions in Hemodialysis Patients: A Systematic Review with a Meta-analysis of Randomized Controlled Trials[J]. *J Clin Med*, 2019, 29(1):43-48. DOI: 10.3390/jcm9010043.
- [4] Moraes C, Marinho SM, da Nobrega AC, et al. Resistance Exercise: A Strategy to Attenuate Inflammation and Protein-energy Wasting in Hemodialysis Patients? [J]. *Int Urol Nephrol*, 2014, 46(8):1655-1662. DOI: 10.1007/s11255-014-0712-3.
- [5] Scapini KB, Bohlke M, Moraes OA, et al. Combined Training Is the Most Effective Training Modality to Improve Aerobic Capacity and Blood Pressure Control in People Requiring Haemodialysis for End-stage Renal Disease: Systematic Review and Network Meta-analysis[J]. *J Physiother*, 2019, 65(1):4-15. DOI: 10.1016/j.jphys.2018.11.008.
- [6] 季大玺. 血液透析相关高血压及低血压的治疗对策[J]. *中国实用内科杂志*, 2007, 15(11):1749-1752.
- [7] 董志娟, 张海林. 维持性血液透析患者透析期运动的研究进展[J]. *护理学报*, 2018, 25(2):29-33. DOI: 10.16460/j.issn1008-9969.2018.03.028.
- [8] Kooman J, Basci A, Pizzarelli F, et al. EBP Guideline on Haemodynamic Instability[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2007, 22(2):22-44.
- [9] Higgins JP, Green S. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Intervention Version 5.1.0*[EB/OL]. [2016-05-10]. <http://handbook.cochrane.org>.
- [10] Jeong JH, Biruete A, Tomayko EJ, et al. Results from the Randomized Controlled IHOPE Trial Suggest No Effects of Oral Protein Supplementation and Exercise Training on Physical Function in Hemodialysis Patients[J]. *Kidney Int*, 2019, 96(3):777-786. DOI: 10.1016/j.kint.2019.03.018.
- [11] Kim JS, Yi JH, Shin J, et al. Effect of Acute Intradialytic Aerobic and Resistance Exercise on One-day Blood Pressure in Patients Undergoing Hemodialysis: A Pilot Study[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2019, 59(8):1413-1419. DOI: 10.23736/S0022-4707.18.07921-5.
- [12] Liao MT, Liu WC, Lin FH, et al. Intradialytic Aerobic Cycling Exercise Alleviates Inflammation and Improves Endothelial Progenitor Cell Count and Bone Density in Hemodialysis Patients[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(27):e4134-4145. DOI: 10.1097/MD.0000000000004134.
- [13] Ookawara S, Miyazawa H, Ito K, et al. Blood Volume Changes Induced by Low-intensity Intradialytic Exercise in Long-term Hemodialysis Patients[J]. *ASAIO J*, 2016, 62(2):190-196. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000320.
- [14] DePaul V, Moreland J, Eager T, et al. The Effectiveness of Aerobic and Muscle Strength Training in Patients Receiv-

- ing Hemodialysis and EPO: A Randomized Controlled Trial [J]. *Am J Kidney Dis*, 2002, 40(6):1219–1229. DOI:10.1053/ajkd.2002.36887.
- [15] Wilund KR, Tomayko EJ, Wu PT, et al. Effect of Intradialytic Exercise on Fatigue, Electrolytes Level and Blood Pressure in Hemodialysis Patients: A Randomized Controlled Trial [J]. *Int Nurs Prac*, 2015, 5(11):16–18. DOI: 10.5430/jnep.v5n11p16.
- [16] Greenwood SA, Koufaki P, Mercer TH, 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. DOI:10.1053/j.ajkd.2015.06.016.
- [17] Álvares VRC, Ramos CD, Pereira BJ, et al. Pneumatic Compression, but not Exercise, Can Avoid Intradialytic Hypotension: A Randomized Trial [J]. *Am J Nephrol*, 2017, 45(5):409–416. DOI:10.1159/000471513.
- [18] Koh KP, Fassett RG, Sharman JE, et al. Effect of Intradialytic Versus Home-based Aerobic Exercise Training on Physical Function and Vascular Parameters in Hemodialysis Patients: A Randomized Pilot Study [J]. *Am J Kidney Dis*, 2010, 55(1):88–99. DOI: 10.1053/j.ajkd.2009.09.025.
- [19] Wilund KR, Tomayko EJ, Wu PT, et al. Intradialytic Exercise Training Reduces Oxidative Stress and Epicardial Fat: A Pilot Study [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2010, 25(8): 2695–2701. DOI:10.1093/ndt/gfq106.
- [20] Toussaint ND, Polkinghorne KR, Kerr PG. Impact of Intradialytic Exercise on Arterial Compliance and B-type Natriuretic Peptide Levels in Hemodialysis Patients [J]. *Hemodial Int*, 2008, 12(2):254–63. DOI:10.1111/j.1542-4758.2008.00262.x.
- [21] Painter P, Moore G, Carlson L, et al. Effects of Exercise Training Plus Normalization of Hematocrit on Exercise Capacity and Health-related Quality of Life [J]. *Am J Kidney Dis*, 2002, 39(2):257–265. DOI:10.1053/ajkd.2002.30544.
- [22] Parsons TL, Toffelmire EB, King-VanVlack CE. The Effect of an Exercise Program during Hemodialysis on Dialysis Efficacy, Blood Pressure and Quality of Life in End-stage Renal Disease (ESRD) Patients [J]. *Clin Nephrol*, 2004, 61(4):261–274. DOI:10.5414/cnp61261.
- [23] Segura-Ortí E, Kouidi E, Lisón JF. Effect of Resistance Exercise during Hemodialysis on Physical Function and Quality of Life: Randomized Controlled Trial [J]. *Clin Nephrol*, 2009, 71(5):527–537. DOI:10.5414/cnp71527.
- [24] Song WJ, Sohng KY. Effects of Progressive Resistance Training on Body Composition, Physical Fitness and Quality of Life of Patients on Hemodialysis [J]. *J Korean Acad Nurs*, 2012, 42(7):947–956. DOI:10.4040/jkan.2012.42.7.947.
- [25] Chan KN, Chen Y, Lit Y, et al. A Randomized Controlled Trial of Exercise to Prevent Muscle Mass and Functional Loss in Elderly Hemodialysis Patients: Rationale, Study Design, and Baseline Sample [J]. *Contemp Clin Trials Commun*, 2019, 19(5):365–374. DOI:10.1016/j.conctc.2019.100365.
- [26] 刘洋, 沙丽艳. 应用抗阻运动预防患者透析低血压的效果 [J]. *中国护理管理*, 2017, 17(7):999–1003. DOI:10.3969/j.issn.1672-1756.2017.07.033.
- [27] Husain-Syed F, McCullough PA, Birk HW, et al. Cardio Pulmonary-renal Interactions: A Multidisciplinary Approach [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 65(22):2433–2448. DOI:10.1016/j.jacc.2015.04.024.
- [28] 吴寿岭, 高竞生, 郝冰, 等. 血清高敏 C 反应蛋白浓度与高血压病的相关性研究 [J]. *中华心血管病杂志*, 2003, 31(12):917–920. DOI:10.3760/j.issn.0253-3758.2003.12.009.
- [29] Moraes C, Marinho SM, Da NA, et al. Resistance Exercise: A Strategy to Attenuate Inflammation and Protein-energy Wasting in Hemodialysis Patients? [J]. *Int Urol Nephrol*, 2014, 46(8):1655–1662. DOI:10.1007/s11255-014-0712-3.
- [30] Rhee SY, Song JK, Hong SC, et al. Intradialytic Exercise Improves Physical Function and Reduces Intradialytic Hypotension and Depression in Hemodialysis Patients [J]. *Korean J Intern Med*, 2019, 34(3):588–598. DOI:10.3904/kjim.2017.020.
- [31] Vinet A, Nottin S, Lecoq AM, et al. Cardiovascular Responses to Progressive Cycle Exercise in Healthy Children and Adults [J]. *Int J Sports Med*, 2002, 23(4):242–246. DOI:10.1055/s-2002-29076.
- [32] 李燕, 单亚维, 张翠娣. 慢性肾脏病中晚期患者体力活动干预方案及评估工具研究进展 [J]. *护理学报*, 2019, 26(1):40–44. DOI:10.16460/j.issn1008-9969.2019.01.040.
- [33] Fauchère I, Weber D, Maier W, et al. Rehabilitation after TAVI Compared to Surgical Aortic Valve Replacement [J]. *Int J Cardiol*, 2014, 173(3):564–566. DOI:10.1016/j.ijcard.2014.03.121.
- [34] Workgroup K. K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Cardiovascular Disease in Dialysis Patients [J]. *Am J Kidney Dis*, 2005, 45(4):S147–S153.
- [35] Rivera-Brown AM, Frontera WR. Principles of Exercise Physiology: Responses to Acute Exercise and Long-term Adaptations to Training [J]. *Pm R*, 2012, 4(11):797–804. DOI:10.1016/j.pmrj.2012.10.007.
- [36] Hiraki K, Shibagaki Y, Izawa KP. Effects of Home-based Exercise on Pre-dialysis Chronic Kidney Disease Patients: A Randomized Pilot and Feasibility Trial [J]. *BMC Nephrol*, 2017, 18(1):198–203. DOI:10.1186/s12882-017-0613-7.

[本文编辑: 谢文鸿]