· 临床研究 ·

维持性血液透析患者心肺适能与下肢肌力的相关性及其对峰值摄氧量的影响研究

刘沙沙　杨文君　迪丽努尔·麦海提江　马艺榕
新疆医科大学第一附属医院肾病科，乌鲁木齐 830000
通信作者：杨文君，Email：455123651@qq.com

【摘要】　目的　探究维持性血液透析患者心肺适能（cardiorespiratory fitness，CRF）与下肢肌力的相关性，以及影响峰值摄氧量的独立因素。**方法**　采用单中心回顾性分析，选取新疆医科大学第一附属医院肾病科 2024 年 1 月至 2025 年 1 月期间收治的 330 例维持性血液透析患者为研究对象，作为患病组，并匹配 326 名同期健康人群作为健康组。通过心肺运动测试评估 CRF，伸膝力量测量量化下肢肌力，结合 6 min 步行距离测试反映运动耐力。比较两组受试者各指标差异，并运用多元线性回归分析，深入探究影响维持性血液透析患者峰值摄氧量的关键因素。**结果**　患病组患者在关键体能指标上均显著劣于健康组：峰值摄氧量[（14.33±2.68）mL·kg^{-1}·min^{-1}比（21.36±2.76）mL·kg^{-1}·min^{-1}]、伸膝力量[（26.65±3.69）kg 比（43.49±5.65）kg]及 6 min 步行距离[（419.65±37.98）m 比（533.32±24.56）m]均较低，而计时起立行走试验（timed up and go test，TUGT）时间[（12.39±2.98）s 比（8.95±2.45）s]更长（P 均＜0.05）。相关性分析显示，峰值摄氧量与伸膝力量、6 min 步行距离呈正相关（r=0.631、0.589，P＜0.05），与 TUGT 呈负相关（r=-0.613，P＜0.05）。多元线性回归进一步证实，年龄、肌肉量减少及肌力减退是影响峰值摄氧量的独立危险因素（P＜0.05），且变量间无显著共线性（VIF 均＜5）。**结论**　维持性血液透析患者 CRF 与下肢肌力密切相关，年龄增长、肌肉量减少及肌力减退是影响峰值摄氧量的关键因素。通过针对性干预下肢肌力，可有效提升峰值摄氧量，进而改善患者运动耐力与生活质量，对优化临床康复策略具有重要指导价值。

【关键词】　血液透析；心肺适能；下肢肌力；峰值摄氧量
基金项目：“天山英才”医药卫生高层次人才培养计划项目（TSYC202301B051）
DOI：10.3969/j.issn.1671-2390.2026.10.005

Correlation between cardiorespiratory fitness and lower limb muscle strength in patients undergoing maintenance hemodialysis and its effect on peak oxygen uptake

Liu Sha-sha, Yang Wen-jun, Maihaitijiang Dilinuer, Ma Yi-rong
Department of Nephrology, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, *China*
Corresponding author: Yang Wen-jun, Email: 455123651@*qq.com*

【Abstract】　Objective　To investigate the correlation between cardiorespiratory fitness (CRF) and lower limb muscle strength in patients undergoing maintenance hemodialysis, and to identify the independent factors affecting peak oxygen uptake. **Methods**　A single-center retrospective analysis was conducted. A total of 330 patients undergoing maintenance hemodialysis who were admitted to the Department of Nephrology of the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from January 2024 to January 2025 were selected as the disease group, and 326 matched healthy individuals from the same period were included as the healthy group. CRF was assessed by cardiopulmonary exercise testing, lower limb muscle strength was quantified by knee extension strength measurement, and exercise endurance was reflected by the 6-minute walk distance test. Differences in each indicator were compared between the two groups, and multivariate linear regression analysis was used to further explore the key factors af-

fecting peak oxygen uptake in patients undergoing maintenance hemodialysis. **Results** Compared with the healthy group, patients in the disease group showed significantly poorer performance in key physical fitness indicators: peak oxygen uptake ([14.33±2.68] mL·kg^{-1}·min^{-1} *vs* [21.36±2.76] mL·kg^{-1}·min^{-1}), knee extension strength ([26.65±3.69] kg *vs* [43.49±5.65] kg), and 6-minute walk distance ([419.65±37.98] m *vs* [533.32±24.56] m) were all lower, whereas the timed up and go test (TUGT) time ([12.39±2.98] s *vs* [8.95±2.45] s) was longer (all $P<0.05$). Correlation analysis showed that peak oxygen uptake was positively correlated with knee extension strength and 6-minute walk distance (r=0.631, 0.589; $P<0.05$), and negatively correlated with TUGT (r=-0.613, $P<0.05$). Multivariate linear regression further confirmed that age, reduced muscle mass, and decreased muscle strength were independent risk factors affecting peak oxygen uptake ($P<0.05$), and there was no significant collinearity among variables (all $VIF<5$). **Conclusion** CRF is closely associated with lower limb muscle strength in patients undergoing maintenance hemodialysis. Advancing age, reduced muscle mass, and decreased muscle strength are key factors affecting peak oxygen uptake. Targeted intervention to improve lower limb muscle strength can effectively increase peak oxygen uptake, thereby improving exercise endurance and quality of life, and may provide important guidance for optimizing clinical rehabilitation strategies.

【Key words】 Hemodialysis; Cardiorespiratory fitness; Lower limb muscle strength; Peak oxygen uptake

Fund program: "Tianshan Talents" High-level Talent Training Program for Medical and Health Care (TSYC202301B051)

DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2026.10.005

终末期肾病作为多种因素引发的肾功能障碍性疾病，以肾功能进行性损害及丧失为主要特征。维持性血液透析虽可延长患者生存期[1]，但患者常并发心肺功能与肌肉力量下降，严重影响其生活质量及预后[2]。既往研究多聚焦于下肢肌力与运动耐力的关联，而本研究重点探讨峰值摄氧量的独立影响因素。心肺适能(cardiorespiratory fitness，CRF)反映机体心肺循环系统供氧及能量生产能力，是衡量健康水平与运动耐力的重要指标[3]；下肢肌力对维持机体日常活动至关重要。近年来多项研究表明，肌肉量减少在终末期肾病患者躯体功能减退中发挥关键作用[4-5]。峰值摄氧量作为评估CRF的金标准，能精准反映患者最大运动状态时的心肺储备功能。本研究纳入肌肉量减少这一关键变量，探讨其与肌力、峰值摄氧量的关系，可为制定针对性康复干预方案提供理论支撑。通过改善下肢肌力与CRF，能够提升峰值摄氧量，增强患者运动耐力，降低心血管并发症发生风险，进而提高患者生活质量，为维持性血液透析患者的综合管理开辟新路径。现报道如下。

资料与方法

一、一般资料

样本量选取依据参考许明煜等[6]的研究，以峰值摄氧量为主要指标，设定检验效能为0.9，α设定为0.05，B1假设下斜率=0.12，X的标准差=5.38，Y的标准差=3.66，最终估算所需样本量n=330，故本研究选取新疆医科大学第一附属医院肾病科2024年1月至2025年1月期间收集的330例维持性血液透析患者(患病组)基本资料进行回顾性分析，其中男175例，女155例，年龄(62.38±4.87)岁；透析龄(24.86±4.86)个月；原发病：高血压肾病84例，原发性肾小球疾病81例，紫癜性肾炎75例，糖尿病肾脏疾病56例，慢性肾盂肾炎34例。本研究经新疆医科大学第一附属医院伦理委员会审批(审批编号：23.1240)。纳入标准：(1)接受维持性血液透析≥3个月，透析频率每周3次；(2)无需辅助工具可独立行走≥50 m；(3)临床资料如体重指数、运动习惯、基础疾病等信息完整。排除标准：(1)存在严重出血倾向者；(2)有严重肝功能障碍、血液病或慢性炎症者；(3)近3个月内发生过心血管事件者；(4)合并活动性全身感染者；(5)合并恶性肿瘤者；(6)存在免疫性疾病者；(7)合并急性骨髓炎、急性肠炎等影响运动功能的感染性疾病者；(8)近期有心肺功能不良的急性疾病者；(9)无法配合完成相关测试者。于同时期内选取326名健康人群作为健康组，其中男166名，女160名，年龄(62.45±4.23)岁。两组受试者性

别、年龄等基本资料比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）。健康组纳入标准为与患病组在性别、年龄相匹配的基础上，进一步匹配体重指数、运动习惯、基础疾病比例的健康人群。排除有运动禁忌证、心肺功能异常或其他可能影响测试结果的健康问题的人群。

二、各项指标判定

1. 心肺运动测试　采用心肺功能测试系统（南京瀚雅健康科技有限公司，系统：SMAX58CE）开展心肺运动试验（cardiopulmonary exercise test，CPET），该测试涵盖全导联心电图、血氧饱和度、无创血压及气体交换等指标的检测，所有检测均在严格定标后实施，其中，心电图可监测心脏电活动；无创血压能反映心脏泵血能力；气体交换指标可体现心脏与肺部协同功能，此类指标能够间接反映心功能状态。试验选用 V6001-0004 型功率脚踏车作为 CPET 测功器，运动方案采用 Ramp10"递增负荷方案。具体运动流程如下：第 1 阶段为 3 min 安静期，确保各项数据稳定；第 2 阶段为 3 min 无负荷热身期，车轮转速维持在 55～60 转/min；第 3 阶段为负荷期，起始负荷为 0 瓦，后续根据受试者实际情况调整，常规情况下需每 12s 递增 1 瓦，车轮转速同样保持在 55～60 r/min，直至受试者因力竭等因素无法维持踏车转速，或医师依据监测指标主动终止测试。终止运动指征包括受试者感知胸痛、胸闷、心悸等症状。记录并精确计算受试者 CPET 各项参数，如峰值摄氧量、峰值代谢当量、无氧阈等，其中峰值摄氧量是评估受试者 CRF 的金标准[7]。患病组患者在提前告知注意事项、确保其安全且严格质量控制的前提下，于透析后 48 h 进行。

2. 伸膝力量　使用日本 Biodex System 4 等速肌力测试训练系统测量 2 次受力腿伸膝力量，每次间隔 60 s，记录最高数值。

3. 6 min 步行距离

测试选择 30 m 无路障平直道路，两端设标记物。测试前受试者热身、听指导语。测试中允许休息，研究人员每隔 1 min 标准化鼓励，6 min 结束记录行走总长度，精确至米。

4. 计时起立行走试验（timed up and go test，TUGT）　受试者从坐姿站起，以正常步速行走 3 m 后转身返回坐下，全程记录时间。试验需在安全环境进行，测试前允许练习 1 次，正式测试时研究者使用秒表计时，重复 2 次取平均值，用于评估受试者运动功能与平衡能力。

三、资料收集

收集患病组患者性别、年龄、体重指数、原发病、透析充分性（Kt/V≥1.2）、透析龄、肌肉量减少情况、肌力减退情况。其中，肌力判定[8]为肌肉量减少：使用 Biaspace Inbody 720 型号人体成分分析仪测定骨骼肌质量指数（sarcopenia index，SMI），SMI=骨骼肌质量/身高^2（kg/m^2），SMI 减少女性≤5.4 kg/m^2 或男性≤7.0 kg/m^2；肌力减退：使用选用 JAMAR 握力计测定握力值，测定三次，取平均值，肌力减少，女性握力＜18 kg 或男性握力＜28 kg[9]。

四、统计学方法

使用 SPSS 26.0 软件计算数据，计数资料用例（%）表示，行 χ^2 检验；计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 检验均符合正态分布，用 $\bar{x}\pm s$ 表示，行独立样本 t 检验。多组间行单因素方差 ANOVA 分析；经 Pearson 法分析峰值摄氧量与各指标相关性。维持性血液透析患者峰值摄氧量影响因素行多元线性回归分析；α=0.05 为检验水准。

结　果

一、两组受试者各项指标比较

患病组患者非内瘘手上臂肌围与健康组受试者比较，差异无统计学意义（$P>0.05$）；患病组患者的峰值摄氧量、伸膝力量、6 min 步行距离低于健康组，TUGT 结果高于健康组（$P<0.05$）。（表 1）

二、峰值摄氧量与各指标相关性分析

经 Pearson 法分析，峰值摄氧量与伸膝力量、6 min 步行距离呈正相关性，与 TUGT 呈负相关性。

表 1　两组受试者各项指标对比（$\bar{x}\pm s$）

Tab 1　Comparison of various indicators between the two groups（$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	峰值摄氧量（mL·kg^{-1}·min^{-1}）	伸膝力量（kg）	6 min 步行距离（m）	TUGT（s）	非内瘘手上臂肌围（cm）
患病组	330	14.33±2.68	26.65±3.69	419.65±37.98	12.39±2.98	21.96±2.65
健康组	326	21.36±2.76	43.49±5.65	533.32±24.56	8.95±2.45	21.81±2.13
t 值	-	39.257	45.250	45.459	16.567	0.803
P 值	-	＜0.001	＜0.001	＜0.001	＜0.001	0.422

注：TUGT 为计时起立行走试验。

（表2、图1～3）

表2　峰值摄氧量与各指标相关性分析（n=656）

Tab 2　Correlation between peak oxygen uptake and various indicators（n=656）

指标	r值	P值
伸膝力量	0.631	＜0.001
6 min步行距离	0.589	＜0.001
TUGT	-0.613	＜0.001

注：TUGT为计时起立行走试验。

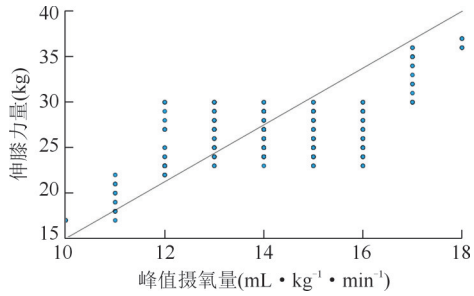


图1　峰值摄氧量与伸膝力量相关性（n=656）

Fig1　Correlation between peak oxygen uptake and knee extension strength（n=656）

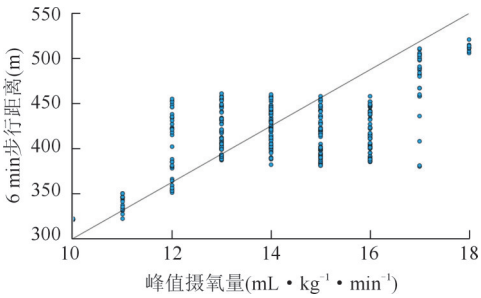


图2　峰值摄氧量与6 min步行距离相关性（n=656）

Fig 2　Correlation between peak oxygen uptake and 6-minute walk distance（n=656）

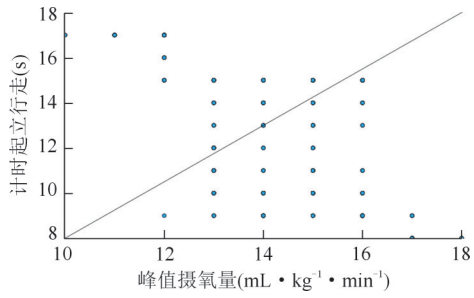


图3　峰值摄氧量与TUGT相关性（n=656）

Fig 3　Correlation between peak oxygen uptake and TUGT（n=656）

三、单因素分析

不同性别、体重指数、原发病、透析充分性、透析龄不会对峰值摄氧量产生显著影响（P＞0.05），年龄、肌肉量减少、肌力减退不同人群会对峰值摄氧量产生显著影响（P＜0.05）。（表3）

表3　不同人群的峰值摄氧量比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab 3　Comparison of peak oxygen uptake among different populations（$\bar{x}\pm s$）

指标	例数	峰值摄氧量（mL·kg^{-1}·min^{-1}）	t/F值	P值
性别			0.507	0.612
男	175	14.25±1.72		
女	155	14.35±1.75		
年龄			2.560	0.011
＜60岁	143	14.57±1.76		
≥60岁	187	14.09±1.68		
体重指数			0.012	0.990
＜24 kg/m^2	161	14.30±1.80		
≥24 kg/m^2	169	14.30±1.67		
原发病			0.252	0.908
高血压肾炎	84	14.25±1.77		
原发性肾小球疾病	81	14.25±1.92		
紫癜性肾炎	75	14.47±1.73		
糖尿病肾脏疾病	56	14.29±1.56		
慢性肾盂肾炎	34	14.18±1.49		
透析充分性			1.549	0.122
透析充分	215	14.40±1.78		
透析不充分	115	14.10±1.61		
透析龄			1.117	0.265
≤24个月	198	14.38±1.68		
＞24个月	132	14.17±1.80		
肌肉量减少			3.113	0.002
是	185	14.04±1.81		
否	145	14.63±1.56		
肌力减退			3.970	＜0.001
是	181	13.96±1.64		
否	149	14.70±1.76		

四、影响维持性血液透析患者峰值摄氧量的多元线性回归分析

峰值摄氧量设为因变量，将单因素分析中有差异的因素（年龄、肌肉量减少、肌力减退）设为自变量，并进行相应赋值（表4）。多元线性回归分析显示，年龄、肌肉量减少、肌力减退是影响维持性血液透析患者峰值摄氧量的主要因素（P＜0.05）（表5）。同时，本次模型VIF均＜5，不存在明显共线性（图4、5）。

讨　论

维持性血液透析是终末期肾病患者重要的替代治疗方法，其通过血液透析机将患者血液引出体外，经透析器清除代谢废物、多余水分和毒素后回输体

表4　变量赋值

Tab 4　Variable assignment

变量	指标	赋值
因变量	峰值摄氧量	原值录入
自变量	年龄	＜60岁=1；≥60岁=0
	肌肉量减少	是=1；否=0
	肌力减退	是=1；否=0

内，以维持生命体征稳定。虽然效果显著，但长期维持性血液透析可能导致患者运动耐力下降、心肺功能受损及下肢肌力减弱，进而增加心血管疾病风险与病死率。CRF反映机体心、肺和循环系统向运动肌群输送氧气，并利用氧气产生能量的能力，而下肢肌力是维持日常活动和生活自理能力的关键因素[10]。当患者下肢肌力减弱时，运动过程中肌肉对氧气的需求和摄取能力下降，会间接加重心肺系统的负担[11]。反之，心肺功能受损导致氧气输送不足，又会使下肢肌肉因缺氧而更易疲劳，进一步削弱下肢肌力[12]。二者相互制约，共同影响患者的运动耐力和生活质量，增加心血管疾病的发生风险，因此深入探究其相关性对改善患者预后至关重要。

本研究结果显示，患病组的患者峰值摄氧量、伸膝力量、6 min步行距离均低于健康组，而TUGT高于健康组，分析其原因，是因长期维持性血液透析会致使心肺功能受损，心脏泵血能力与肺气体交换效率降低，氧气输送和利用受限，进而直接导致峰值摄氧量下降。且维持性血液透析引发的营养不良、慢性炎症，会加速肌肉蛋白质分解、抑制合成，加之患者活动量不足，下肢肌肉缺乏足够的锻炼刺激，导致伸膝力量随之减弱[13]。心肺功能差与下肢肌力弱双重影响下，患者运动耐力大幅降低，表现为6 min步行距离缩短。此外，下肢肌力不足，使得患者从坐到站及行走时动作迟缓、吃力，完成TUGT动作耗时更久[14]。为进一步分析下肢肌力与CRF的关系，本研究经Pearson法分析，结果显示，峰值摄氧量与伸膝力量、6 min步行距离呈正相关，表明患者下肢肌力越强、6 min内步行距离越远，其心肺输送和利用氧气的能力就越好，反映机体整体机能和运动耐力处于较好状态[15]。而峰值摄氧量与TUGT时间呈负相关，表明患者完成从坐到站并行走一定距离用时越短，CRF越佳。以上结果提示，在临床中可通过评估患者的伸膝力量、6 min步行距离以及TUGT情况，间接了解其心肺功能状态，为制定个性化康复方案、改善患者预后提供关键依据[16]。

本研究虽未直接探讨CRF、下肢肌力与心血管预后不良事件的关联，但峰值摄氧量降低已被证实与心血管疾病风险增加密切相关[17]。本次结果经多元线性回归分析显示，年龄、肌肉量减少、肌力减退是影响维持性血液透析患者峰值摄氧量的主要因素，具体分析如下：(1)年龄：年龄≥60岁的维持性血液透析患者，其机体机能呈自然衰退趋势。心脏方面，心肌细胞数量减少、纤维化程度增加，导致心脏收缩和舒张功能下降，泵血能力减弱，进而影响氧气输送，且炎症反应会损伤心肌细胞，加速肺泡弹性纤维破坏，促进肌肉蛋白分解，进一步导致心肺功能下降、肌肉量减少，进而限制氧气输送与利用，降低峰值摄氧量；肺部功能方面，肺泡弹性降低、呼吸肌力量减弱，气体交换效率下降，导致血液循环受阻，进一步限制氧气到达肌肉组织，因此对于年龄≥60岁患者，要密切关注其心肺功能变化[18]；(2)肌肉量减少：本次结果显示，存在肌肉量减少的患者，其峰值摄氧量较无肌肉量减少者平均降低0.572 $mL\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$，是因肌肉是运动时消耗氧气的主要部位，肌肉量多，运动中氧需求量大，间接反映出心肺输送氧气的能力较强。当肌肉量减少时，运动中参与收缩的肌纤维数量下降，对氧气的需求和摄取能力降低，影响心肺功能的正常调节，导致心肺在运动时无法充分发挥输送和利用氧气的功能，进而降低峰值摄氧量。因此，对于肌肉量减少患者，需全面评估其营养状况，制定合理的营养支持方案，增加蛋白质等营养物质的摄入；(3)肌力减退：结果显示，存在肌力减退的患者，其峰值摄氧量较无肌力减退者平均降低0.749 $mL\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$。是因为肌力与运动

表5　影响维持性血液透析患者峰值摄氧量的多元线性回归分析(n=330)

Tab 5　Multiple linear regression analysis of factors influencing peak oxygen uptake in maintenance hemodialysis patients(n=330)

影响因素	未标准化系数		标准化系数	t值	P值	95%CI		共线性统计	
	B值	SE值	B值			下限	上限	容差	VIF值
常量	13.027	0.510	-	25.552	＜0.001	12.024	14.030	-	-
年龄	-0.408	0.185	-0.117	-2.202	0.028	-0.772	-0.043	0.989	1.011
肌肉量减少	0.572	0.185	0.164	3.091	0.002	0.208	0.935	0.989	1.011
肌力减退	0.749	0.184	0.216	4.078	＜0.001	0.387	1.110	0.998	1.002

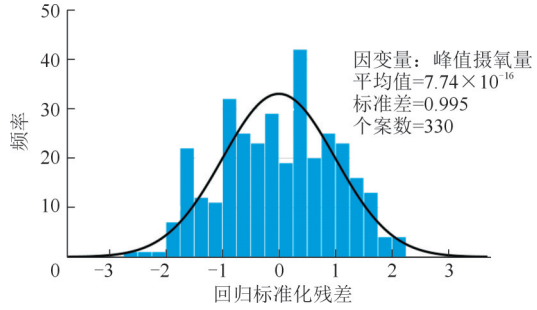


图4　回归标准化直方图(n=330)

Fig4　Standardized histogram of regression residuals(n=330)

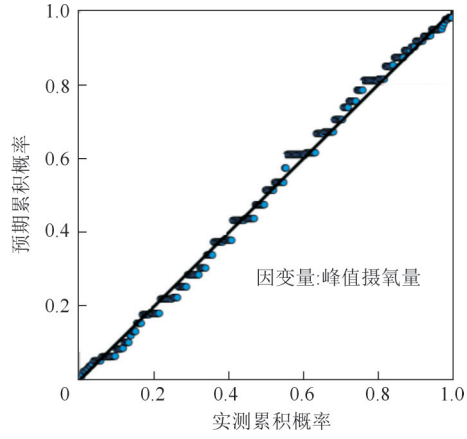


图5　回归标准化正态概率-概率图(n=330)

Fig 5　Standardized normal probability-probability plot of regression residuals(n=330)

时肌肉对氧气的摄取和利用密切相关。肌力强，运动中肌肉收缩有力，能更高效地摄取和利用氧气，促使心肺系统更积极地工作，从而提高峰值摄氧量。而肌力减退时，肌肉收缩能力下降，运动中肌肉做功减少，对氧气的需求降低，反馈至心肺系统，使其工作强度减弱，氧气输送和利用效率降低，最终导致峰值摄氧量下降。白金晨等[19]也在研究中提示握力是影响峰值摄氧量下降的关键因素。因此，对肌力减退患者，需先全面评估其身体状况和运动能力。另外，有研究表明，血红素水平与心肺功能存在一定关联[20]。终末期肾病患者常因肾功能衰竭导致促红细胞生成素分泌减少，引发贫血，降低血红素水平。血红素等生化指标可能通过影响氧气运输能力间接参与CRF、下肢肌力与峰值摄氧量的调控，但本研究未对此进行深入探讨，未来研究需进一步纳入血红素等关键生化指标，明确其与CRF、下肢肌力的直接关系，为综合干预提供更全面的依据。

综上所述，维持性血液透析患者CRF与下肢肌力紧密相关。当下肢肌力减弱会导致运动时肌肉氧摄取能力下降，间接限制峰值摄氧量。而年龄、肌肉量减少、肌力减退是影响峰值摄氧量的主要因素。对此需通过踝泵运动、弹力带训练等抗阻训练干预下肢肌力，建议每周3～5次，强度以中等为宜，逐步提升峰值摄氧量，改善患者状况。然而，本研究尚存在不足：单中心设计可能导致样本代表性不足，回顾性研究可能存在信息偏倚；未严格控制营养状况（如血清白蛋白、前白蛋白水平）和运动习惯（如每周运动频率、强度）等混杂因素，这些因素可能通过影响肌肉量和心肺功能间接干扰研究结果；未开展不同透析龄、原发病的亚组分析，缺乏长期随访数据，难以明确干预后峰值摄氧量变化对预后的影响。未来研究需采用多中心、前瞻性设计，纳入营养评估和运动习惯量化指标，并通过分层分析或协变量调整控制混杂因素，以提升研究的科学性和临床指导价值。

利益冲突　所有作者均声明没有利益冲突

参　考　文　献

[1] 邓天娇，蒋亚芬，张青云，等. 基于列线图的维持性血液透析患者生存预后预测[J]. 湖南师范大学学报(医学版)，2024，21(2)：107-113. DOI：10.3969/j.issn.1673-016X.2024.02.020.
Deng TJ，Jiang YF，Zhang QY，et al. Prediction of survival and prognosis of maintenance hemodialysis patients based on nomogram[J]. J Hunan Norm Univ Med Sci，2024，21(2)：107-113. DOI：10.3969/j.issn.1673-016X.2024.02.020.

[2] 马娟，侯彦杰，陈路锋，等. 肌肉质量减少对不同部位肿瘤病人的预后分析[J]. 肠外与肠内营养，2024，31(5)：293-299. DOI：10.16151/j.1007-810x.2024.05.007.
Ma J，Hou YJ，Chen LF，et al. Analysis of muscle mass reduction on the prognosis of patients with tumors in different locations[J]. Parenter Enter Nutr，2024，31(5)：293-299. DOI：10.16151/j.1007-810x.2024.05.007.

[3] 贲峰，顾顺忠，陆洋. 心肺运动试验指导下高强度间歇训练对慢性心力衰竭患者心肺功能及体适能的影响[J]. 临床内科杂志，2025，42(7)：603-605. DOI：10.3969/j.issn.1001-9057.2025.07.022.
Ben F，Gu SZ，Lu Y. Effect of high-intensity interval training under the guidance of cardiopulmonary exercise test on cardiopulmonary function and physical fitness of patients with chronic heart failure[J]. J Clin Intern Med，2025，42(7)：603-605. DOI：10.3969/j.issn.1001-9057.2025.07.022.

[4] 丁浩，危志强，印荻，等. 慢性肾脏病患者肌肉质量下降的影响因素分析[J]. 重庆医学，2020，49(16)：2711-2714，2718.
Ding H，Wei ZQ，Yin D，et al. Analysis of factors associated with decreased muscle mass in chronic kidney disease patients[J]. Chongqing Med，2020，49(16)：2711-2714，2718.

[5] Nascimento Alves M，Souza Soares A，Melo Marinho P. Efficacy of resistance exercise during hemodialysis on improving lower limb muscle strength in patients with chronic kidney disease：a meta-analysis of randomized clinical trials[J]. Physiother

Theory Pract, 2024, 40(6): 1351-1361. DOI: 10.1080/09593985.2022.2141084.

[6] 许明煜, 李威亚, 周浩锋, 等. 峰值摄氧量对中国冠状动脉粥样硬化性心脏病患者不良预后的预测价值[J]. 岭南心血管病杂志, 2024, 30(2): 135-140. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9688.2024.02.03.
Xu MY, Li WY, Zhou HF, et al. Prognostic value of peak oxygen consumption for adverse outcomes in Chinese people with coronary artery disease[J]. South China J Cardiovasc Dis, 2024, 30(2): 135-140. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9688.2024.02.03.

[7] 朱张逸, 张昆, 李馨, 等. 维持性血液透析患者运动耐量的影响因素分析[J]. 临床肾脏病杂志, 2023, 23(10): 793-797. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2023.10.001.
Zhu ZY, Zhang K, Li X, et al. Factors influencing exercise tolerance in maintenance hemodialysis patients[J]. J Clin Nephrol, 2023, 23(10): 793-797. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2023.10.001.

[8] 马月, 陈玉华, 顾浩然. 亚洲肌少症工作组专家共识解读及对我国社区老年人肌少症防治的启示[J]. 中国医药导报, 2023, 20(36): 189-193. DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2023.36.41.
Ma Y, Chen YH, Gu HR. Interpretation of expert consensus of Asian Working Group for Sarcopenia and implications for prevention and treatment of sarcopenia in Chinese community elderly[J]. China Med Her, 2023, 20(36): 189-193. DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2023.36.41.

[9] 李泽甜, 且亚玲, 张雪, 等. 老年肌力减少症与肌肉衰减症患者身体成分的比较[J]. 西南医科大学学报, 2024, 47(5): 420-427. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2024.05.010.
Li ZT, Qie YL, Zhang X, et al. A comparative study of body composition in elderly patients with dynapenia and sarcopenia [J]. J Southwest Med Univ, 2024, 47(5): 420-427. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2024.05.010.

[10] Lin YL, Liu CH, Lai YH, et al. Association of serum indoxyl sulfate levels with skeletal muscle mass and strength in chronic hemodialysis patients: a 2-year longitudinal analysis[J]. Calcif Tissue Int, 2020, 107(3): 257-265. DOI: 10.1007/s00223-020-00719-x.

[11] 李洪, 陈汝满, 曾欣, 等. 维持性血液透析患者肌少症患病的风险因素分析[J]. 中华肾脏病杂志, 2023, 39(11): 815-821.
Li H, Chen RM, Zeng X, et al. Analysis of risk factors of sarcopenia in maintenance hemodialysis patients[J]. Chin J Nephrol, 2023, 39(11): 815-821.

[12] 聂宇昕, 张沥文, 杨强, 等. 维持性血液透析患者超声心动图异常情况及危险因素分析[J]. 中国临床医学, 2023, 30(3): 404-413. DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20230240.
Nie YX, Zhang LW, Yang Q, et al. Echocardiography abnormalities and related risk factors in patients with maintenance hemodialysis[J]. Chin J Clin Med, 2023, 30(3): 404-413. DOI: 10.12025/j.issn.1008-6358.2023.20230240.

[13] 陈杨, 杨玉洁, 邱瑛, 等. 维持性血液透析患者的相位角在肌肉力量与肌肉功能间的中介效应分析[J]. 华西医学, 2025, 40(7): 1061-1066. DOI: 10.7507/1002-0179.202405217.
Chen Y, Yang YJ, Qiu Y, et al. Mediating effect of phase angle between muscle strength and muscle function in patients with maintenance hemodialysis[J]. West China Med J, 2025, 40(7): 1061-1066. DOI: 10.7507/1002-0179.202405217.

[14] 蔡根莲, 应金萍, 王春燕, 等. 维持性血液透析患者肌肉衰减综合征现状及影响因素分析[J]. 中国实用护理杂志, 2021, 37(6): 437-442. DOI: 10.3760/cma.j.cn211501-20200504-02159.
Cai GL, Ying JP, Wang CY, et al. Analysis of the current situation and influencing factors of sarcopenia in maintenance hemodialysis patients[J]. Chin J Pract Nurs, 2021, 37(6): 437-442. DOI: 10.3760/cma.j.cn211501-20200504-02159.

[15] Faye M, Lemrabott AT, Keita N, et al. Pulmonary hypertension in chronic hemodialysis patients at Aristide le dantec university hospital[J]. OJNeph, 2022, 12(1): 93-100. DOI: 10.4236/ojneph.2022.121009.

[16] 张晓, 张伟, 王尊理, 等. 维持性血液透析患者计时站立行走测试时间延长的影响因素分析[J]. 首都医科大学学报, 2025, 46(1): 130-135. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2025.01.020.
Zhang X, Zhang W, Wang ZL, et al. Analysis of influencing factors of time prolongation of time up and go test in maintenance hemodialysis patients[J]. J Cap Med Univ, 2025, 46(1): 130-135. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2025.01.020.

[17] 郑树斌, 平伟, 王麒, 等. 心肺运动试验联合心肌灌注显像预测围术期心血管不良事件发生风险[J]. 武汉大学学报(医学版), 2025, 46(3): 370-374.
Zheng SB, Ping W, Wang Q, et al. Cardiopulmonary exercise testing combined with myocardial perfusion imaging predicts the risk of perioperative cardiovascular adverse events[J]. Med J Wuhan Univ, 2025, 46(3): 370-374.

[18] Chou HH, Lin JY, Shen GT, et al. Validation of an automated cardiothoracic ratio calculation for hemodialysis patients [J]. Diagnostics, 2023, 13(8): 1376. DOI: 10.3390/diagnostics13081376.

[19] 白金晨, 李英. 代谢相关脂肪性肝病患者峰值摄氧量降低的影响因素[J]. 山东医药, 2022, 62(19): 52-54. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2022.19.012.
Bai JC, Li Y. Influencing factors of decreased peak oxygen uptake in patients with metabolic-related fatty liver disease[J]. Shandong Med J, 2022, 62(19): 52-54. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2022.19.012.

[20] 邵明璐, 任敏, 庄燕, 等. 基于心肺功能监测的个体化运动配合针刺夹脊穴对PCI术后患者氧化应激相关指标的影响[J]. 保健医学研究与实践, 2024, 21(7): 83-89. DOI: 10.11986/j.issn.1673-873X.2024.07.14.
Shao ML, Ren M, Zhuang Y, et al. Impact of individualized exercise based on cardiopulmonary monitoring combined with acupuncture at Jiaji points on oxidative stress-related indicators in patients after PCI[J]. Health Med Res Pract, 2024, 21(7): 83-89. DOI: 10.11986/j.issn.1673-873X.2024.07.14.

（收稿日期：2025-11-12）