

· 临床研究 ·

握力和肌肉质量与腹膜透析患者全因死亡的相关性

刘聪慧, 史亚男, 史春夏, 蔡佳杰, 李忠心*

(首都医科大学附属北京潞河医院肾病中心, 北京 101100)

【摘要】目的 验证握力和肌肉质量是否都与腹膜透析患者的全因死亡相关。**方法** 回顾性分析2019年2月至7月于首都医科大学附属北京潞河医院腹膜透析中心随访的腹膜透析患者, 收集患者的临床资料, 测量握力, 并应用人体成分分析仪测量计算四肢骨骼肌质量指数(ASMI)。所有患者随访至2022年5月, 以死亡为观察终点, 分为生存组和死亡组。应用多因素Cox回归分析筛选患者全因死亡的危险因素, 评价握力及ASMI与全因死亡的相关性。采用SPSS 26.0软件进行数据分析。根据数据类型, 组间比较分别采用 t 检验、Mann-Whitney U 检验及 χ^2 检验。**结果** 最终纳入腹膜透析患者76例, 平均年龄(57.43 ± 13.01)岁, 平均随访(941.49 ± 312.32)d, 其中死亡患者27例(35.52%)。全因死亡的单因素Kaplan-Meier检验结果显示: 与生存组相比, 死亡组患者年龄更大, 糖尿病患病率较高、握力下降患者占比较多, 血清肌酐、血清白蛋白较低($P < 0.05$)。将年龄、透析龄、是否合并糖尿病、ASMI、握力、血肌酐、白蛋白及C-反应蛋白纳入多因素Cox回归分析, 提示低握力($HR = 3.182$, 95%CI 1.114~9.089, $P = 0.031$)、合并糖尿病($HR = 4.053$, 95%CI 1.320~12.446, $P = 0.014$)和年龄($HR = 4.191$, 95%CI 1.281~13.711, $P = 0.018$)是腹膜透析患者全因死亡的独立预测因素, 而ASMI无统计学意义。**结论** 低握力, 而非低肌肉质量, 是腹膜透析患者全因死亡的独立危险因素。

【关键词】 腹膜透析; 握力; 全因死亡; 肌肉衰减综合征

【中图分类号】 R459.5

【文献标志码】 A

【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2023.08.125

Association of grip strength and muscle mass with all-cause mortality in patients receiving peritoneal dialysis

Liu Conghui, Shi Yanan, Shi Chunxia, Cai Jiajie, Li Zhongxin*

(Department of Nephrology, Beijing Luhe Hospital, Capital Medical University, Beijing 101100, China)

【Abstract】 Objective To verify whether grip strength and muscle mass are both associated with all-cause mortality in the patients receiving peritoneal dialysis (PD). **Methods** A retrospective analysis was made of all followed-up patients at the PD Center of Beijing Luhe Hospital Affiliated to Capital Medical University from February to July 2019. Their clinical data were collected, hand grip strength were measured, and appendicular skeletal muscle mass index (ASMI) was measured using the body composition analyzer. All the patients were followed up until May 2022. With death as the endpoint, the patients were divided into the survival group and death group. Multivariate Cox regression was used to screen the risk factors for all-cause mortality and evaluate the association of grip strength and ASMI with all-cause mortality in PD patients. SPSS 26.0 was used for data analysis. Comparison between two groups was performed using t -test, Mann-Whitney U test or χ^2 test, depending on data type. **Results** A total of 76 PD patients were enrolled, with an average age of (57.43 ± 13.01) years and an average follow-up period of (941.49 ± 312.32) d. Among them, 27 (35.52%) died. The results of univariate analysis for all-cause mortality using Kaplan-Meier test showed that the patients in death group were older, had a higher incidence of diabetes mellitus, a higher proportion of those with decreased grip strength, and lower levels of serum creatinine and serum albumin than those in the survival group ($P < 0.05$). Multivariate Cox regression analysis with age, years of dialysis, diabetes mellitus, ASMI, grip strength, serum creatinine, albumin and C-reactive protein showed that lower hand grip strength ($HR = 3.182$, 95%CI 1.114~9.089; $P = 0.031$), diabetes mellitus ($HR = 4.053$, 95%CI 1.320~12.446; $P = 0.014$) and age ($HR = 4.191$, 95%CI 1.281~13.711; $P = 0.018$) were independent predictors of all-cause mortality in PD patients and that ASMI had no statistical difference. **Conclusion** Grip strength instead of muscle mass is associated with all-cause mortality of PD patients.

【Key words】 peritoneal dialysis; grip strength; all-cause mortality; sarcopenia

This work was supported by Planned Project in Science and Technology of Tongzhou District of Beijing (KJ2019CX012-18).

Corresponding author: Li Zhongxin, E-mail: 13621211613@139.com

收稿日期: 2022-11-30; 接受日期: 2023-03-09

基金项目: 通州区科技计划项目(KJ2019CX012-18)

通信作者: 李忠心, E-mail: 13621211613@139.com

欧洲肌肉衰减综合征工作组将肌肉衰减综合征定义为一种普遍骨骼肌质量减少和力量减退的退行性综合征,与年龄增长、慢性疾病、营养不良等相关,增加了日常生活活动受限、跌倒、残疾甚至死亡等不良事件的发生风险^[1]。透析患者因透析期间的蛋白质丢失、代谢性酸中毒、胰岛素抵抗、炎症、氧化应激和共病等^[2-4],造成蛋白质负平衡,进而使得肌肉衰减综合征发病率显著升高。虽然肌肉质量是肌肉功能的主要决定因素,但二者并不完全相互依赖。握力和步速是肌肉功能的两个指标,既往研究发现,握力和步速下降在对血液透析患者住院风险、死亡风险的预测中保持较好的相关性^[5]。而握力具有快速、安全、简单、可靠、无创、无痛、无辐射、低成本等优点,且不受容量状态影响,在近年来的研究中作为营养状态和肌肉功能的指标得到了很多关注,可能是营养不良^[6]的早期预测因子。本研究旨在探讨肌肉质量和握力与腹膜透析患者全因死亡的相关性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

纳入 2019 年 2 月至 7 月于首都医科大学附属北京潞河医院腹膜透析中心随访的患者。对入选的患者随访至 2022 年 5 月,根据患者的生存情况,将患者分为生存组和死亡组。本研究为观察性研究,得到了首都医科大学附属北京潞河医院伦理委员会的批准(2019-LHKY-019-02)。

纳入标准:(1)透析龄 ≥ 3 个月;(2)年龄 ≥ 18 岁;(3)自愿加入本研究并签署知情同意书。排除标准:(1)既往诊断有精神智力障碍或躯体残疾;(2)合并恶性肿瘤,急性感染,严重心血管疾病、肝脏疾病及急性脑血管病等急、危重症患者;(3)6个月内曾行重大手术;(4)体内放置有金属材质医疗材料,不能应用生物电阻抗技术分析人体成分的患者。

1.2 方法

(1)一般资料:记录患者的年龄、性别、透析龄、体质量指数(body mass index, BMI)、收缩压、舒张压及是否合并糖尿病。(2)实验室指标:血红蛋白、白蛋白、血肌酐、尿素氮、尿酸、空腹血糖、血钙、血磷、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、C-反应蛋白、血钾、全段甲状旁腺激素、每周尿素清除率及血清铁蛋白等。(3)人体成分测量:应用人体成分分析仪(Inbody 770, Biospace, Korea)进行四肢骨骼肌质量及水负荷(over hydration, OH)测定,后计算四肢骨骼肌质量指数(appendicular skeletal muscle mass index, ASMI)。应用握力器(香山EH101)测得握力。根据亚洲肌

肉衰减综合征工作组 2019 年更新的指南,肌肉质量减少定义为男性 $ASMI < 7.0 \text{ kg/m}^2$, 女性 $ASMI < 5.7 \text{ kg/m}^2$ 。肌肉力量下降定义为男性握力 $< 28 \text{ kg}$, 女性 $< 18 \text{ kg}$ 。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验;不符合正态分布的计量资料采用中位数(四分位数间距) $[M(Q_1, Q_3)]$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料用例数(百分率)表示,采用 χ^2 检验。对生存分析的研究,首先采用单因素 Kaplan-Meier 分析法,不同层级的比较使用 Log-rank 检验法;后将单因素检验中 $P < 0.05$ 的变量纳入后续的多因素 Cox 回归模型中,对于多分类变量选择合适的参考层,建立多因素 Cox 回归模型,以 HR 值作为风险评估参数。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者基本资料

本研究符合入组标准患者 89 例。随访至 2022 年 5 月,转院患者 3 例,改为血液透析患者 10 例,最终纳入研究患者 76 例,其中死亡患者 27 例,存活患者 49 例。

76 例患者平均年龄(57.43 ± 13.01)岁,其中男性 32 例(42.11%),平均透析龄(34.04 ± 30.26)个月,合并糖尿病患者 50 例(65.79%)。随访期间共有死亡患者 27 例,平均随访时间(941.49 ± 312.32)d;死亡原因:心脑血管事件 13 例(48.15%),感染 3 例(11.11%),肿瘤 3 例(11.11%),原因不明 6 例(22.22%),消化道出血 1 例(3.7%),药物过量 1 例(3.7%)。

2.2 死亡组和生存组临床资料比较

死亡组的患者年龄、糖尿病患病率、握力下降患者占比显著高于生存组患者,白蛋白低于生存组患者,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。而性别、透析龄、收缩压、舒张压、BMI、OH、低肌肉质量患者占比、血肌酐、尿素氮、血糖、血钙、血磷、血钾、二氧化碳结合力、尿酸、总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、全段甲状旁腺激素、每周尿素清除率、C-反应蛋白和血清铁蛋白组间比较,差异均无统计学意义(表 1)。

2.3 单因素生存分析

将性别、年龄、透析龄、糖尿病、ASMI 值是否下降、握力是否减低、BMI、白蛋白、C-反应蛋白、血红蛋白、血肌酐、总胆固醇进行单因素生存分析,结果显示:合并糖尿病、年龄、ASMI 下降、握力减低、血肌酐、白蛋白与全因死亡相关($P < 0.05$;表 2)。

表 1 死亡组与生存组基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between death group and survival group

Item	Death group(<i>n</i> = 27)	Survival group(<i>n</i> = 49)	<i>t</i> / <i>χ</i> ²	<i>P</i> value
Age(years, $\bar{x}\pm s$)	65. 48±10. 02	53. 00±12. 39	20. 107	<0. 001
Male[<i>n</i> (%)]	11(40. 74)	21(42. 86)	0. 032	0. 858
Duration of dialysis[months, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	40(6, 62)	24(7, 49)	-0. 664	0. 507
Diabetes mellitus[<i>n</i> (%)]	23(85. 20)	27(55. 10)	7. 000	0. 008
SBP(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	135. 04±19. 33	137. 33±18. 64	0. 256	0. 614
DBP(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	71. 85±10. 89	76. 31±15. 85	1. 689	0. 198
BMI(kg/m ² , $\bar{x}\pm s$)	25. 16±4. 22	24. 85±3. 39	0. 119	0. 731
OH[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	2. 10(1. 10, 4. 60)	2. 20(1. 40, 3. 85)	-0. 304	0. 761
Low ASMI[<i>n</i> (%)]	4(14. 81)	2(4. 08)	1. 479	0. 224
Low HGS[<i>n</i> (%)]	22(81. 48)	13(26. 53)	21. 158	<0. 001
SCr(μmol/L, $\bar{x}\pm s$)	784. 44±235. 19	913. 50±321. 99	3. 345	0. 071
BUN(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	18. 76±4. 77	20. 20±5. 93	1. 182	0. 281
ALB(g/L, $\bar{x}\pm s$)	34. 52±3. 79	37. 74±3. 62	13. 404	<0. 001
HGB(g/L, $\bar{x}\pm s$)	114. 30±16. 66	118. 37±11. 52	1. 571	0. 214
GLU[mmol/L, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	7. 24(5. 65, 10. 61)	6. 09(5. 36, 7. 58)	-1. 433	0. 152
Ca(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	2. 27±0. 22	2. 29±0. 24	0. 049	0. 825
P[mmol/L, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	1. 59(1. 33, 1. 82)	1. 67(1. 45, 1. 97)	-1. 433	0. 152
K(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	4. 32±0. 55	4. 40±0. 62	0. 312	0. 578
CO ₂ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	26. 29±2. 90	26. 23±2. 07	0. 010	0. 920
SUA(μmol/L, $\bar{x}\pm s$)	340. 70±62. 83	339. 51±71. 91	0. 005	0. 943
TC(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	4. 73±1. 21	4. 64±1. 28	0. 098	0. 756
TG[mmol/L, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	1. 94(1. 13, 2. 73)	1. 82(1. 16, 2. 37)	-0. 700	0. 484
LDL-C[mmol/L, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	2. 76(2. 29, 3. 47)	2. 58(2. 17, 3. 21)	-0. 342	0. 732
HDL-C[mmol/L, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	0. 99(0. 89, 1. 19)	1. 04(0. 88, 1. 28)	-1. 080	0. 280
iPTH[pg/ml, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	123. 60(34. 67, 285. 10)	150. 00(68. 19, 282. 00)	-0. 564	0. 572
wKt/V($\bar{x}\pm s$)	1. 99±0. 69	2. 01±0. 42	0. 024	0. 877
CRP[mg/L, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	6. 47(2. 25, 8. 98)	3. 00(1. 11, 6. 56)	-1. 482	0. 138
SF[ng/ml, <i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	210. 70(148. 00, 421. 30)	245. 00(138. 90, 349. 35)	-0. 260	0. 794

SBP: systolic blood pressure; DBP: diastolic blood pressure; BMI: body mass index; OH: over hydration; ASMI: appendicular skeletal muscle index; HGS: hand grip strength; SCr: serum creatinine; BUN: blood urea nitrogen; ALB: serum albumin; HGB: hemoglobin; GLU: serum glucose; Ca: serum calcium; P: serum phosphorus; K: serum potassium; CO₂: carbon dioxide; SUA: serum uric acid; TC: total cholesterol; TG: triglyceride; LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol; HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol; iPTH: intact parathyroid hormone; CRP: C-reactive protein; SF: serum ferritin. 1 mmHg=0. 133 kPa.

表 2 全因死亡的单因素 Kaplan-Meier 检验

Table 2 Univariate analysis for all-cause mortality using Kaplan-Meier test

Variable	Log-rank χ^2	<i>P</i> value
Age [#]	19. 528	0. 001
Male	0. 007	0. 932
BMI [#]	0. 104	0. 747
Diabetes mellitus	5. 749	0. 016
Duration of dialysis [#]	0. 286	0. 593
Low ASMI [*]	4. 780	0. 029
Low HGS [*]	22. 626	0. 001
SCr [#]	7. 356	0. 007
ALB [#]	8. 179	0. 004
TC [#]	0. 518	0. 472
CRP [#]	3. 040	0. 081
HGB [#]	0. 126	0. 723

BMI: body mass index; ASMI: appendicular skeletal muscle index; HGS: hand grip strength; SCr:serum creatinine; ALB: serum albumin; TC: total cholesterol; CRP: C-reactive protein; HGB: hemoglobin. ^{*} Classification according to Asian Working Group for Sarcopenia diagnostic criteria; [#]classification according to two-category by median.

2.4 多元 Cox 回归分析

将年龄、合并糖尿病、透析龄及 ASMI 下降、握力降低、血肌酐、白蛋白及 C-反应蛋白纳入多因素 Cox 回归分析。结果显示,低握力、合并糖尿病和年龄是腹膜透析患者全因死亡的独立预测因素 (*P*<0. 05),而 ASMI 无统计学意义(表 3)。

3 讨 论

Abro 等^[7]的研究中,纳入 155 例腹膜透析患者,应用不同诊断标准握力下降的发生率为 45%~60%,与本研究(46. 05%)相似。既往研究中发现肌肉质量和肌肉力量下降并非同时出现,随着人们年龄的增长,肌肉质量和力量在成年后达到顶峰,在经历一个稳定期之后,随着肌肉力量的快速下降,肌肉质量开始逐渐下降^[8]。

表3 全因死亡的多因素Cox回归分析

Table 3 Multivariate Cox regression analysis of all-cause mortality

Variable	B	P value	HR	95%CI
Age [#]	1.433	0.018	4.191	1.281-13.711
Diabetes mellitus	1.399	0.014	4.053	1.320-12.446
Duration of dialysis [#]	0.280	0.522	1.324	0.561-3.123
Low ASMI [*]	1.059	0.096	2.882	0.830-10.01
Low HGS [*]	1.158	0.031	3.182	1.114-9.089
SCr [#]	-0.760	0.114	0.468	0.183-1.199
ALB [#]	-0.441	0.335	0.643	0.263-1.576
CRP [#]	0.089	0.842	1.093	0.456-2.618

DM: diabetes mellitus; ASMI: appendicular skeletal muscle index; HGS: hand grip strength; SCr: serum creatinine; ALB: serum albumin; CRP: C-reactive protein. ^{*} Classification according to Asian Working Group for Sarcopenia diagnostic criteria; [#] classification according to two-category by median.

本研究中生存组和死亡组之间的的年龄、糖尿病、白蛋白、血肌酐存在差异,这些变量与共病、炎症和营养状况相关;单因素生存分析提示肌肉质量下降和握力下降都是很强的死亡预测因素,但经多变量分析后,只有握力与死亡独立相关,提示握力能够识别出腹膜透析患者全因死亡风险的增加,而非肌肉质量。在一项纳入了170例老年血液透析患者的研究中,多因素校正后,仅有握力下降及肌肉衰减综合征与较高的住院率独立相关^[9]。另有研究证实,血液透析患者握力下降对心血管事件的预测能力优于瘦体质量,预测能力仅次于既往有冠心病病史^[10]。而腹膜透析患者中,握力下降和肌肉衰减综合征状态使技术生存率显著下降,但经过年龄、糖尿病、透析龄、白蛋白等多因素校正后,仅有握力下降与技术失败独立相关,而肌肉质量下降和肌肉衰减综合征则无统计学差异^[11]。meta分析同样提示肌肉质量下降和握力下降的透析患者发生全因死亡的风险分别增加55%及128%^[12]。由此可见,握力对透析患者预后的预测能力优于肌肉质量,与本研究结果相符合。Isoyama等^[13]发现在透析人群中,老年、合并症、蛋白质能量消耗、缺乏运动、低白蛋白和炎症状态与与肌肉力量下降相关,但与低肌肉质量无关。握力对预后有良好的预测能力可能与此有关,因此,在临床工作中,我们需要更加重视握力的监测,但也不能忽略患者肌量的下降。

糖尿病是透析患者常见的并发症,我国的一项研究显示,糖尿病使透析患者全因死亡及心血管事件的发生风险显著增加,与本研究结果相符合^[14]。而糖尿病也可以对肌肉功能产生影响。研究中发现糖尿病与透析患者的身体功能相关,可能的原因为胰岛素抵抗降低肌肉对葡萄糖的摄取及肌肉组织合成代谢率^[15]。此外,微血管的变化也减少了流向肌肉的血流量;其他普遍的共病(如视力下降、心力衰竭、神经病变和周围血管疾病)导致体力活动减少,

也可能解释透析人群^[16,17]的身体功能下降。

综上,目前关于握力对腹膜透析患者预后的影响报道较少。本研究探讨了握力及肌肉质量对腹膜透析患者3年全因死亡的不同影响,发现握力下降、年龄、糖尿病是腹膜透析患者全因死亡的独立预测因素。本研究的不足之处在于本研究为单中心研究,样本量较小,存在一定局限性,将来我们会扩大样本量、延长随访时间进一步验证。

【参考文献】

[1] Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, *et al.* Sarcopenia; European consensus on definition and diagnosis; report of the European Working Group on Sarcopenia in older people[J]. Age Ageing, 2010, 39(4): 412-423. DOI: 10.1093/ageing/afq034.

[2] Fahl AH. Uraemic sarcopenia; aetiology and implications[J]. Nephrol Dial Transplant, 2014, 29(9): 1655-1665. DOI: 10.1093/ndt/gh070.

[3] Gamboa JL, Roshanravan B, Towse T, *et al.* Skeletal muscle mitochondrial dysfunction is present in patients with CKD before initiation of maintenance hemodialysis[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2020, 15(7): 926-936. DOI: 10.2215/CJN.10320819.

[4] Wang XH, Mitch WE. Mechanisms of muscle wasting in chronic kidney disease[J]. Nat Rev Nephrol, 2014, 10(9): 504-516. DOI: 10.1038/nrneph.2014.112.

[5] Lin YL, Liou HH, Wang CH, *et al.* Impact of sarcopenia and its diagnostic criteria on hospitalization and mortality in chronic hemodialysis patients: a 3-year longitudinal study[J]. J Formos Med Assoc, 2020, 119(7): 1219-1229. DOI: 10.1016/j.jfma.2019.10.020.

[6] Flood A, Chung A, Parker H, *et al.* The use of hand grip strength as a predictor of nutrition status in hospital patients[J]. Clin Nutr, 2014, 33(1): 106-114. DOI: 10.1016/j.clnu.2013.03.003.

[7] Abro A, Delicata LA, Vongsanim S, *et al.* Differences in the prevalence of sarcopenia in peritoneal dialysis patients using hand grip strength and appendicular lean mass: depends upon guideline definitions[J]. Eur J Clin Nutr, 2018, 72(7): 993-999. DOI: 10.1038/s41430-018-0238-3.

[8] Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, *et al.* The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2006, 61(10): 1059-1064. DOI: 10.1093/gerona/61.10.1059.

[9] Giglio J, Kamimura MA, Lamarca F, *et al.* Association of sarcopenia with nutritional parameters, quality of life, hospitalization, and mortality rates of elderly patients on hemodialysis[J]. J Ren Nutr, 2018, 28(3): 197-207. DOI: 10.1053/j.jrn.2017.12.003.

[10] Kim JK, Kim SG, Oh JE, *et al.* Impact of sarcopenia on long-term mortality and cardiovascular events in patients undergoing hemodialysis[J]. Korean J Intern Med, 2019, 34(3): 599-607. DOI: 10.3904/kjim.2017.083.

[11] Kang SH, Kim AY, Do JY. Association of sarcopenia and its components with clinical outcomes in patients undergoing peritoneal dialysis[J]. Kidney Res Clin Pract, 2022, 41(6): 741-752. DOI: 10.23876/j.krcp.21.278.

[12] Ribeiro HS, Neri SGR, Oliveira JS, *et al.* Association between sarcopenia and clinical outcomes in chronic kidney disease patients: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Nutr, 2022, 41(5): 1131-1140. DOI: 10.1016/j.clnu.2022.03.025.

[13] Isoyama N, Qureshi AR, Avesani CM, *et al.* Comparative associations of muscle mass and muscle strength with mortality in dialysis patients[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2014, 9(10): 1720-1728. DOI: 10.2215/CJN.10261013.

[14] Hu PJ, Chen YW, Chen TT, *et al.* Impact of dialysis modality on major adverse cardiovascular events and all-cause mortality: a national population-based study[J]. Nephrol Dial Transplant, 2021, 36(5): 901-908. DOI: 10.1093/ndt/gfaa282.

[15] Evans WJ, Paolisso G, Abbatecola AM, *et al.* Frailty and muscle metabolism dysregulation in the elderly[J]. Biogerontology, 2010, 11(5): 527-536. DOI: 10.1007/s10522-010-9297-0.

[16] McKee A, Morley JE, Matsumoto AM, *et al.* Sarcopenia: an endocrine disorder? [J]. Endocr Pract, 2017, 23(9): 1140-1149. DOI: 10.4158/EP171795.RA.

[17] Robin LM, LaStayo PC, Ikizler TA, *et al.* Low physical function in maintenance hemodialysis patients is independent of muscle mass and comorbidity[J]. J Ren Nutr, 2015, 25(4): 371-375. DOI: 10.1053/j.jrn.2015.01.020.