

· 论 著 · DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2019.09.025

# 基于 FMEA 理论护理对 PICC 置管后深静脉血栓预防效果研究

田文玲

(山东省立第三医院普外科, 济南 250031)

**摘要:**目的 探讨基于失效模式与效应分析(FMEA)理论护理对经外周静脉置入中心静脉导管(PICC)置管后深静脉血栓的预防效果。方法 选取 2015 年 7 月至 2017 年 8 月就诊于该院的恶性肿瘤患者共 82 例作为研究对象,82 例患者分为试验组(41 例)和对照组(41 例)。所有患者均行 PICC 置管化疗,化疗期间给予对照组常规护理干预,试验组在常规护理基础上实施基于 FMEA 理论护理,比较两组护理效果。结果 两组失效模式的危急值(RPN)比较,试验组均低于对照组( $P < 0.05$ ),提示对照组患者发生深静脉血栓等并发症的风险明显高于试验组;深静脉血栓及其他并发症发生率比较,试验组明显低于对照组( $P < 0.05$ );护理干预前,两组患者血管扩张反应(FMD)、内皮微粒(EMCs)水平比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),护理后对照组 FMD 水平均明显低于护理前和试验组( $P < 0.05$ ),EMCs 明显高于护理前和试验组( $P < 0.05$ );护理总满意率比较,试验组明显高于对照组( $P < 0.05$ )。结论 给予 PICC 置管患者基于 FMEA 理论护理,可明显降低深静脉血栓等并发症发生率,减少患者血管损伤,提升护理满意度,值得推广。

**关键词:**FMEA 理论; PICC 置管; 深静脉血栓; 恶性肿瘤

中图法分类号:R473.6

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2019)09-1244-05

## Effect of nursing care on prevention of deep venous thrombosis after PICC catheterization based on FMEA theory

TIAN Wenling

(Department of Surgery, the Third Provincial Hospital of Shandong Province, Ji'nan, Shandong 250031, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effect of nursing care on the prevention of deep venous thrombosis after PICC catheterization based on FMEA theory. **Methods** A total of 82 patients with malignant tumors who visited the hospital from Jul 2015 to Aug 2017 were selected as study subjects. 82 patients were divided into experimental group (41 cases) and control group (41 cases). All patients received PICC catheterization chemotherapy. During the chemotherapy period, the control group received routine nursing intervention. The experimental group performed FMEA theoretical nursing on the basis of routine nursing care and compared the nursing effects. **Results** The RPN values of the two groups of failure modes were lower in the experimental group than in the control group ( $P < 0.05$ ), suggesting that the risk of complications such as deep vein thrombosis was significantly higher in the control group than in the experimental group; The incidence of deep venous thrombosis and other complications was significantly lower in the experimental group than in the control group ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference in FMD and EMCs levels between the two groups before the nursing intervention ( $P > 0.05$ ). After the nursing, the control group was FMD. The average level of the patients was significantly lower than that of the pre-care and experimental groups ( $P < 0.05$ ), and the EMCs were significantly higher than those of the pre-care and experimental groups ( $P < 0.05$ ). The total nursing satisfaction rate was significantly higher in the experimental group than in the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** According to FMEA theoretical nursing, PICC catheterization can significantly reduce the incidence of complications such as deep vein thrombosis, reduce vascular injury, and improve nursing satisfaction. It is worth promoting.

**Key words:**FMEA theory; PICC catheter; deep venous thrombosis; malignant tumor

经外周静脉置入中心静脉导管(PICC)即外周穿刺置入中心静脉导管,是一种从周围静脉导入且末端

位于中心静脉的深静脉置管技术。PICC 主要在上臂贵要静脉、肘正中静脉、头静脉等外周静脉进行穿刺,然后插管,将管的末端置放在上腔静脉或锁骨下静脉这些中心大静脉处<sup>[1]</sup>。并不是所有患者都需要行 PICC 置管,对恶性肿瘤患者来讲,化疗是最常用也是最重要的治疗方法,很多化疗药物都是通过静脉输入,但如果使用的化疗药物具有腐蚀性和刺激性,一旦外渗,将引起较为严重的后果,如血管炎、皮肤及软组织溃疡、感染等<sup>[2]</sup>。另外有的化疗药物需要持续 1~2 d 或更长的给药时间,普通输液通道几乎很难做到,而且易出现危险,因此建立高质量的静脉通道非常重要<sup>[3]</sup>。PICC 置管有效避免了以上问题,还能有效保护患者血管和皮肤组织,减少了反复静脉穿刺给患者带来的痛苦,对提升恶性肿瘤患者的治疗效果有重要意义<sup>[4]</sup>。但 PICC 也有一定的并发症风险,最常见和最严重的为深静脉血栓,当血液持续淤积在外周血管中,引发周围组织水肿后,将对周围神经产生较大刺激,引发疼痛、肿胀等症状;随着病情发展,大量血液凝结、淤积在静脉腔内,患者可能并发感染;血栓脱落还可引起肺栓塞,威胁患者生命安全。因此,如何降低 PICC 置管患者深静脉血栓发生率是当前临床学者研究的重点<sup>[5]</sup>。目前临床 PICC 置管患者多采用常规护理干预,但往往达不到令人满意的效果,本研究试验组患者在常规护理基础上实施基于失效模式与效应分析(FMEA)理论护理,取得了较为显著的效果,现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 研究对象为 2015 年 7 月至 2017 年 8 月本院收治的 82 例恶性肿瘤患者,将其分为试验组(41 例)和对照组(41 例),所有患者均行 PICC 置管化疗。82 例患者中,男 40 例,年龄 36~76 岁、平均(65.33±2.16)岁;女 42 例,年龄 30~74 岁、平均(60.43±4.21)岁;疾病类型:乳腺癌 34 例、肺癌 27 例、食管癌 15 例、其他 6 例。诊断标准:参照中华医学会外科学分会血管外科学组制订的《深静脉血栓形成的诊断和治疗指南(第 2 版)》<sup>[6]</sup>中对深静脉血栓诊断。纳入标准:(1)均行 PICC 置管化疗;(2)自愿参与本次研究并在知情同意书上签字;(3)未伴有严重心、肺等脏器衰竭。排除标准:(1)拒绝行 PICC 置管,拒绝参与本次研究或未签署书面知情同意书;(2)伴有严重脏器功能衰竭;(3)并发严重病毒性肝炎、梅毒、

肺结核等传染性疾病;(4)并发严重精神类疾病,神志不清,配合度差;(5)并发严重凝血功能异常或其他血液性疾病。向所有患者及家属详细讲解研究内容,同意参与并在知情同意书上签字后开展研究。两组患者一般资料比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1。

**1.2 方法** 给予对照组患者常规护理干预,具体内容包括:常规定期换药、进行 PICC 置管维护、对患者及家属进行健康教育、预防感染,护理期间指导患者开展适当肢体运动,促进局部血液循环,向患者及家属讲解 PICC 置管期间的护理注意事项,发现异常后及时通知医师处理。试验组在常规护理基础上实施基于 FMEA 理论护理,具体内容:(1)建立护理小组,至少由 4 名护理人员组成,1 位专科护士担任组长,每位组员事先均接受过 FMEA 培训,能熟练掌握 FMEA 相关护理操作及评估方法,由组长带头共同制订针对性的护理方案。(2)失效模式确定,详细调查每例患者病历资料,尤其针对护理期间发生过深静脉血栓的患者,在 FMEA 理论上为患者制订管理流程图。流程图内容为:患者基本情况评估→置管前准备→置管中护理→冲、封管→健康教育→日常管理。(3)分析发生深静脉血栓等并发症的原因及概率,查阅国内外资料,分析哪些因素会导致患者并发症风险增高,并根据每例患者的实际情况,将 PICC 置管过程中各项流程记录在 FMEA 风险分析表中,由护理小组进行风险分析并计算危急值(RPN), $RPN = \text{影响严重性}(S) \times \text{失效模式出现频率}(O) \times \text{探测失效水平}(D)$ 。RPN 越高,表示失效风险即并发症发生概率越高。对患者因素,导管因素,置管操作因素,冲、封管操作,健康教育及置管后管理 6 项日常护理失效模式进行 RPN 计算。根据 RPN 制订改进措施,见表 2。

表 1 两组患者一般资料比较

项目	试验组 (n=41)	对照组 (n=41)	t/ $\chi^2$	P
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	60.34±3.41	59.88±3.74	0.582	0.562
病程( $\bar{x} \pm s$ , 年)	0.84±0.53	0.80±0.55	0.335	0.738
BMI( $\bar{x} \pm s$ , kg/m <sup>2</sup> )	21.76±2.43	21.80±2.30	0.077	0.939
男[n(%)]	19(46.34)	21(51.22)	0.195	0.659
女[n(%)]	22(53.66)	20(48.78)	0.195	0.659
已婚[n(%)]	39(95.12)	40(97.56)	0.346	0.556

表 2 PICC 置管患者生静脉血栓形成的 FMEA

失效模式	原因分析	O	D	S	RPN	应对措施
基本评估	1. 年龄偏大; 2. 不良生活习惯; 3. 凝血功能异常; 4. 既往病史、用药史	7	8	9	504	1. 改善不良生活习惯; 2. 积极治疗原发疾病; 3. 加强护理人员培训工作, 强化疗效评估, 日常监测工作
导管因素	型号不匹配	5	7	8	280	根据留置血管大小选择导管型号

续表 2 PICC 置管患者生静脉血栓形成的 FMEA

失效模式	原因分析	O	D	S	RPN	应对措施
置管	1. 进针操作不规范;2. 末端放置不当	7	7	6	294	1. 压迫式进针, 遵照操作规范进行;2. 在心电图引导下置管操作
冲、封管	1. 发生静脉回血;2. 氯化钠冲管不及时;3. 封管操作失误	7	6	5	210	1. 化疗过程中安排专人监测患者血流变化情况;2. 要求护理人员熟练掌握 PICC 置管操作及冲管规范
健康教育因素	1. PICC 置管了解较少;2. 置管肢体功能锻炼较少	6	7	7	294	1. 重点加强 PICC 置管健康教育, 突出教育内容及层次;2. 置管后定期指导患者开展功能锻炼
置管后日常护理	1. 病情变化发现不及时、沟通不足;2. 置管肢体护理欠佳	6	8	6	288	1. 培养护士沟通能力, 加强护患交流;2. 住院期间安排专人定期巡视病房, 加强置管肢体保暖

**1.3 观察指标** 计算两组患者日常护理过程中各失效模式 RPN 并比较;通过彩色多普勒超声检查,判断两组患者 PICC 置管期间发生深静脉血栓的概率;PICC 置管取出后 3 d,使用本院自制满意度评分表对所有患者护理满意度进行调查,共 30 项,每项 0~3 分,0 分表示不满意,3 分表示满意,总分 90 分,75~90 分为满意,45~74 分为基本满意,<45 分表示不满意,护理总满意率=满意率+基本满意率。PICC 置管取出后 3 d,测定两组患者血管扩张反应(FMD)和内皮微粒(EMCs)功能,评估其血管内皮弹性及血管损伤程度。

**1.4 统计学处理** 采用 SPSS19.0 统计学软件进行数据处理,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用 *t* 检验;计数资料以百分比(%)表示,采用  $\chi^2$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结 果**

**2.1 两组 RPN 比较** PICC 置管结束后,比较两组失效模式的 RPN,试验组各项数值均明显低于对照组 ( $P < 0.05$ ),对照组患者发生深静脉血栓等并发症的

风险明显高于试验组,见表 3。

表 3 两组 RPN 比较结果( $\bar{x} \pm s$ )

类型	试验组(n=41)	对照组(n=41)	t	P
患者因素	74.66±8.12	120.35±13.55	18.520	0.000
导管因素	75.46±8.62	134.15±15.71	20.972	0.000
置管操作因素	71.44±8.67	113.12±12.42	17.620	0.000
冲、封管操作	67.88±7.92	98.41±10.01	15.315	0.000
健康教育	84.66±8.40	134.44±14.57	18.953	0.000
置管后管理	69.76±9.48	108.66±11.20	16.975	0.000

**2.2 深静脉血栓发生率比较** PICC 置管期间,试验组患者发生深静脉血栓及其他并发症的概率均明显低于对照组 ( $P < 0.05$ ),见表 4。

**2.3 护理前后血管内功能检测对比** 护理干预前,两组患者 FMD、EMCs 水平比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ );护理后对照组 FMD 水平明显低于护理前和试验组 ( $P < 0.05$ ),EMCs 水平明显高于护理前和试验组 ( $P < 0.05$ ),见表 5。

表 4 两组患者并发症发生率比较结果

组别	n	感染[n(%)]	导管堵塞[n(%)]	静脉炎[n(%)]	深静脉血栓[n(%)]	其他[n(%)]	总发生率(%)
试验组	41	2(4.88)	0(0.00)	1(2.44)	2(4.88)	1(2.44)	14.63
对照组	41	3(7.32)	1(2.44)	2(4.88)	8(19.51)	2(4.88)	36.59
$\chi^2$		0.213	1.012	0.346	4.100	0.346	5.185
P		0.644	0.314	0.556	0.043	0.556	0.023

表 5 两组患者护理干预前后 FMD、EMCs 水平比较结果( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	FMD(/ $\mu$ L)		EMCs(%)	
		护理前	护理后	护理前	护理后
试验组	41	809.33±98.01	1 423.66±151.47*	5.01±0.88	3.26±0.43*
对照组	41	810.24±97.95	703.55±86.79*	5.09±0.90	6.03±0.92*
t		0.042	26.413	0.407	17.465
P		0.967	0.000	0.685	0.000

注:与护理前相比,\* $P < 0.05$

**2.4 护理满意度比较** 拔管后进行护理满意度调查,结果显示试验组护理总满意率显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),见表 6。

表 6 试验组与对照组护理总满意率比较

组别	n	满意 [n(%)]	基本满意 [n(%)]	不满意 [n(%)]	总满意率 (%)
试验组	41	30(73.17)	6(14.63)	5(12.20)	87.80
对照组	41	10(24.39)	16(39.02)	15(36.59)	63.41
$\chi^2$		19.524	6.212	6.613	6.613
P		0.000	0.013	0.010	0.010

### 3 讨 论

近年来,PICC 在临床上的应用越来越频繁,PICC 的优势非常明显,首先其操作较为简单,参加过 PICC 置管相关培训且被证实具备临床置入技术的操作者基本都能完成<sup>[7]</sup>。相较于传统穿刺技术,PICC 导管的使用明显减少了静脉穿刺的次数,为患者的治疗提供了一个更安全的静脉通路,减少了导管穿刺相关性气胸及大血管穿孔的风险,明显降低了患者的精神压力<sup>[8]</sup>。置入方法及维护对 PICC 尤为重要,研究表明,置入操作正确且维护良好的 PICC 并发症发生率显著低于其他通路装置<sup>[9]</sup>。但调查发现,PICC 患者发生深静脉血栓的概率较高,且多数无明显症状,PICC 相关深静脉血栓涉及部位包括上肢深静脉、颈内静脉、腋静脉及锁骨下静脉等,若治疗不及时,可引起肺栓塞、血管闭塞、上腔静脉综合征等,对患者生命安全造成威胁<sup>[10]</sup>。

FMEA 的定义为分析失效产品,寻找流程中的失效模式,鉴定其失效原因,分析各项失效模式会对系统产生何种影响;失效分析即找出零组件或系统的潜在弱点,提供给设计、制造、品保等单位而采取可行之对策<sup>[11]</sup>。简单来讲,可以将 FMEA 看作一组系统化的活动,这项活动的目的是评估、发现产品生产过程中的潜在的失效及失效效应,并探寻如何避免或减少这些失效效应的发生。FMEA 的优点较为明显:(1)能在早期设计阶段,协助选定设计替换方法,以提高产品的可靠度和安全性<sup>[12]</sup>。(2)所有可能的失效模式及其效应都已考虑清楚,生产作业更加顺利<sup>[13]</sup>。(3)能清楚了解、掌握潜在失效模式发生的原因及对应的效应大小。本研究试验组患者在常规护理基础上实施基于 FMEA 理论护理,护理期间患者并发症发生率明显降低,护理满意度也得到明显提升。FMEA 应用于临床护理中,可作为一种系统化的风险管理分析模式,它能系统性、前瞻性地对护理过程中的风险进行评估和分析,并预估护理流程中可能出现的失效模式,提前做好预防、改进计划,有利于降低或消除风险<sup>[14-16]</sup>。周芳等<sup>[17]</sup>为寻找 PICC 置管操作及为护

理中的失效模式和潜在风险,给予收治的 122 例患者行 PICC 置管 FMEA 护理,计算 RPN,对优先风险数值的失效模式进行分析并制订了针对性的防范措施,结果发现,行 FMEA 护理干预后,PICC 置管操作及维护中所有失效模式 RPN 均显著降低,PICC 置管成功率明显提升,并发症发生率明显低于平均水平,一次性置管成功率超过 85%,得出结论:FMEA 护理应用于 PICC 置管护理中,能明显提高护理人员的置管技术,降低 PICC 并发症发生率,对提高护理质量有重要意义。吴丽芬等<sup>[18]</sup>以 FMEA 理论为基础,为收治的所有 PICC 置管患儿制订了安全管理方案,并对 PICC 期间可能发生的风险因素进行了评估,选择其中失效模式优先风险数值最高的 6 项因素,针对性制订完善的安全管理措施,建立安全管理模式,结果发现,安全管理措施建立完善后,PICC 患儿 RPN 较之前显著降低,PICC 置管期间多种并发症发生率及非计划拔管率明显降低,得出结论:以 FMEA 理论为基础评估各项风险因素,根据评估结果建立完善、健全的管理模式,可有效降低患儿 PICC 置管期间并发症发生率及非计划拔管率。以上两位学者研究结果与本研究结论基本相同,可证明本次研究的准确性。

FMEA 是团队合作的产物,对失效模式的严重程度和频度进行风险评估是其工作的主要目的,通过量化指标筛选出风险最高的多项失效模式,并制订预防措施加以控制,将风险因素消除在萌芽中或降低到可以接受的范围<sup>[19]</sup>。FMEA 原理适用于多种管理体系中,应用在临床医疗方面,可有效提高质量、可靠性和安全性,使用各种方法评估可能产生失效的过程、设计、服务等,持续降低了失效模式发生的频度和影响,防止现存或潜在的失效对患者产生影响;能量化失效优先度,提供设计、过程变更的文件记录;可在风险因素失效发生前进行评估,更早发现潜在问题,实施相关前期措施,增强团队凝聚力,发挥团队的力量促成更全面及系统的问题分析,更容易辨别改进点<sup>[20]</sup>。

综上所述,给予 PICC 置管患者 FMEA 护理,可明显降低深静脉血栓等并发症发生率,减少患者血管损伤,提升护理满意度,值得推广。

### 参考文献

- [1] FAN Z Y, WANG T T, XIAO Y, et al. Problem analysis and solutions of the B-ultrasound-guided peripherally inserted central catheter process[J]. 护理研究(英文版), 2016, 3(3): 142-145.
- [2] 王淑花. 失效模式与效应分析在控制 PICC 相关性导管感染中的应用[J]. 医学临床研究, 2016, 33(5): 977-979.
- [3] 王莉, 田静, 杜艳艳, 等. 肿瘤患者 PICC 置管后发生静脉血栓的影响因素分析及护理对策[J]. 中华现代护理杂志, 2016, 22(21): 2992-2995.

[4] 季艳,甄云,曾云香. 失效模式和效果分析在降低重型颅脑损伤患者非计划性拔管率中的应用[J]. 中国实用护理杂志, 2017, 33(6): 450-453.

[5] 李力,曾从容,杨春雪,等. 失效模式与效果分析用于新生儿 PICC 置管风险管理的研究[J]. 护理学杂志, 2015, 30(3): 7-9.

[6] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 深静脉血栓形成的诊断和治疗指南[J]. 中华普通外科杂志, 2008, 23(3): 235-238.

[7] 吴俊梅,周兴梅,朱瀛,等. 综合 ICU 患者不同 PICC 置管方式发生导管异位情况分析[J]. 上海护理, 2017, 17(4): 52-55.

[8] 关晨阳,廖海涛,高文,等. 肿瘤病人 PICC 导管相关性血栓的危险因素分析[J]. 护理研究, 2017, 31(10): 1211-1215.

[9] 丁海燕. 专科护理门诊在 PICC 置管患者的应用[J]. 江苏医药, 2015, 41(7): 866-867.

[10] 韩玲,王蓓,王莉莉,等. 上臂不同穿刺部位留置 PICC 导管对置管相关并发症的影响[J]. 护理研究, 2017, 31(19): 2394-2396.

[11] 梁蕊瑜. PICC 置管后血栓形成的危险因素和护理体会[J]. 血栓与止血学, 2017, 23(4): 682-684.

[12] 蔡华,陈春梅,吴宏,等. 延续护理服务对 PICC 置管患者护理效果的研究[J]. 实用临床医药杂志, 2016, 20(12): 56-58, 69.

[13] 闻曲,成芳,鲍爱琴,等. 多维度关怀措施在肿瘤患者 PICC 置管中的实践与体会[J]. 护理管理杂志, 2015, 15

(2): 120-122.

[14] JAISWAL S, LIU X B, WEI Q C, et al. Effect of corticosteroids on atrial fibrillation after catheter ablation: a meta-analysis[J]. J Zhejiang Univ Sci B, 2018, 19(1): 57-64.

[15] 王丽荣,王亚丽,成志勇,等. 急性白血病患者 PICC 不同置管时期对并发症的影响[J]. 医学临床研究, 2015, 32(9): 1849-1851.

[16] 刘阿敏,荣加. PICC 导管穿刺、维护和使用过程中出现静脉血栓的相关因素与护理[J]. 血栓与止血学, 2017, 23(4): 709-710.

[17] 周芳,张春华,王梅新,等. 失效模式-效果分析法在 PICC 置管质量管理中的应用[J]. 护士进修杂志, 2017, 32(1): 34-37.

[18] 吴丽芬,刘恋,胡德英. 失效模式和效果分析法在儿童 PICC 安全管理中的应用及效果评价[J]. 护理研究, 2016, 30(28): 3524-3526.

[19] WU M K, LUO X Y, ZHANG F X. Incidence and risk factors of deep venous thrombosis in asymptomatic iliac vein compression: a prospective cohort study[J]. Chinese medical journal, 2016, 129(18): 2149-2152.

[20] LI Q C, CHENG Y F, ZHANG H W, et al. Simulating the effect of hydrate dissociation on wellhead stability during oil and gas development in deepwater[J]. J Ocean Univ China, 2018, 17(1): 35-45.

(收稿日期: 2018-10-14 修回日期: 2018-12-28)

(上接第 1243 页)

[8] 单敏捷. N-乙酰半胱氨酸辅助治疗慢性阻塞性肺疾病急性加重期的疗效分析[J/CD]. 中华肺部疾病杂志(电子版), 2016, 9(2): 178-181.

[9] MANNINO D M, BUIST A S. Global burden of COPD: risk factors, prevalence, and future trends[J]. Lancet, 2007, 370(9589): 765-773.

[10] ALIBAKHSHI E, SHIRVANI H. NUTRITION review article nutritional status in patients with chronic obstruction pulmonary disease(COPD)-Review article[J]. Nutr J, 2015, 2(1): 267-274.

[11] CINDY NG L W, MACKNEY J, JENKINS S, et al. Does exercise training change physical activity in People with COPD? A systematic review and meta-analysis[J]. Chron Respir Dis, 2012, 9(1): 17-26.

[12] GAO Y L, ZHAI X L, LI K, et al. Asthma COPD overlap syndrome on CT densitometry: a distinct phenotype from COPD[J]. COPD, 2016, 13(4): 471-476.

[13] 李辉,杨莹. 肠内营养支持治疗在慢性阻塞性肺疾病并发呼吸衰竭病人的疗效观察[J]. 肠外与肠内营养, 2015, 22(3): 164-167.

[14] 李永强. 呼吸运动锻炼联合营养支持治疗慢性阻塞性肺疾病的临床疗效观察[J]. 实用心脑血管病杂志, 2016,

24(3): 107-110.

[15] SONG C, SHIEH C H, WU Y S, et al. The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in the treatment of major depression and Alzheimer's disease: Acting separately or synergistically? [J]. Prog Lipid Res, 2016, 62(1): 41-54.

[16] CARSON E L, POURSHAHIDI L K, HILL T R, et al. Vitamin D, muscle function, and cardiorespiratory fitness in adolescents from the young hearts study[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2015, 100(12): 4621-4628.

[17] STOCK M S, YOUNG J C, GOLDING L A, et al. The effects of adding leucine to pre and postexercise carbohydrate beverages on acute muscle recovery from resistance training[J]. J Strength Cond Res, 2010, 24(8): 2211-2219.

[18] VAN DE BOOL C, RUTTEN E P, VAN HELVOORT A A, et al. A randomized clinical trial investigating the efficacy of targeted nutrition as adjunct to exercise training in COPD[J]. J Cachexia Sarcopenia Muscle, 2017, 8(5): 748-758.

(收稿日期: 2018-09-11 修回日期: 2018-12-25)