

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2024.02.018

论著 · 临床

脂肪酸氧化和促分解脂质介质水平与阴茎勃起功能障碍的相关性研究

阿不来提·买买提明, 许鹏, 艾热提·阿皮孜, 艾沙江·阿卜力, 李晓东



基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2022D01C782)

作者单位: 830054 乌鲁木齐, 新疆医科大学第一附属医院泌尿中心

通信作者: 李晓东, E-mail: 371099077@qq.com

【摘要】 目的 探究脂肪酸氧化和促分解脂质介质水平与阴茎勃起功能障碍的相关性。方法 选取 2022 年 10 月—2023 年 4 月新疆医科大学第一附属医院泌尿中心诊治的勃起功能障碍患者 70 例作为观察组, 另外选取同期健康男性 70 例作为健康对照组。比较 2 组受试者一般临床资料、血清睾酮(T)、勃起硬度评分(EHS)、阴茎单侧动脉最大收缩期血流速度(PSV)、血清过氧化脂质(LPO)、消退素 D1(RvD1)及消退素 E1(RvE1)的表达水平。通过相关性分析、多因素 Logistic 回归分析筛选勃起功能障碍发生的危险因素。进一步通过受试者工作特征曲线(ROC)及曲线下面积(AUC)评价各危险因素对勃起功能障碍发生的预测价值。结果 观察组患者血清 LPO 显著高于健康对照组($t/P=8.714/<0.001$), RvD1、RvE1 及 EHS 评分、PSV 水平均显著低于健康对照组($t/P=10.109/<0.001$, $10.410/<0.001$, $6.271/<0.001$, $13.243/<0.001$); Pearson 相关性分析表明, 血清 LPO 水平与 EHS、PSV 呈负相关($r/P=-0.275/0.033$, $-0.233/0.049$), RvD1 及 RvE1 水平与 EHS、PSV 呈正相关($r/P=0.391/<0.001$, $0.366/<0.001$, $0.423/<0.001$, $0.387/<0.001$); 多因素 Logistic 回归分析表明, 血清 LPO 水平升高是勃起功能障碍发生的独立危险因素[OR(95%CI)=1.127(1.045~1.216)], RvD1 及 RvE1 水平升高均是勃起功能障碍发生的保护因素[OR(95%CI)=0.761(0.669~0.866), 0.787(0.707~0.876)]; ROC 曲线分析表明, 血清 LPO、RvD1 及 RvE1 预测勃起功能障碍发生的效能均较高, 三者联合预测疾病的价值高于各指标独立预测价值($Z/P=1.873/0.013$, $1.803/0.019$, $1.711/0.033$)。结论 血清脂肪酸氧化水平增高、促分解脂质介质水平降低是勃起功能障碍发生的危险因素, 为进一步探究勃起功能障碍的发生、发展机制提供新的思路。

【关键词】 勃起功能障碍; 脂肪酸氧化; 促分解脂质介质; 血管内皮**【中图分类号】** R698.1**【文献标识码】** A

A study on the correlation between levels of fatty acid oxidation and lipolytic mediators and penile erectile dysfunction

Abuliti Maimaitiming, Xu Peng, Aireti Apizi, Aishajiang Abuli, Li Xiaodong. Urology Center of the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Xinjiang Province, Urumqi 830054, China

Corresponding author: Li Xiaodong, E-mail: 371099077@qq.com

Funding program: Natural Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region (2022D01C782)

【Abstract】 Objective To explore the correlation between levels of fatty acid oxidation and pro lipolytic mediators and penile erectile dysfunction. **Methods** Seventy patients with erectile dysfunction treated at the Urology Center of the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from October 2022 to April 2023 were selected as the observation group, and an additional 70 healthy males during the same period were selected as the healthy control group. Compare the general clinical data, serum testosterone (T), erectile hardness score (EHS), maximum systolic blood flow velocity (PSV) of unilateral penile artery, serum lipid peroxidation (LPO), expression levels of vasopressin D1 (RvD1) and vasopressin E1 (RvE1) between two groups of subjects. Screening for risk factors for erectile dysfunction through correlation analysis and multivariate logistic regression analysis. Further evaluate the predictive value of various risk factors for the occurrence of erectile dysfunction through receiver operating characteristic curve (ROC) and area under curve (AUC). **Results** The average serum LPO of the observation group patients was significantly higher than that of the healthy control group ($t/P=8.714/<0.001$), while RvD1, RvE1, EHS scores, and PSV levels were significantly lower than those of the healthy control group ($t/P=10.109/<0.001$, $10.410/<0.001$, $6.271/<0.001$, $13.243/<0.001$); Pearson correlation analysis showed that serum LPO levels were negatively corre-

lated with EHS and PSV ($r/P = -0.275/0.033, -0.233/0.049$), while RvD1 and RvE1 levels were positively correlated with EHS and PSV ($r/P = 0.391/<0.001, 0.366/<0.001, 0.423/<0.001, 0.387/<0.001$); Multivariate logistic regression analysis showed that elevated serum LPO levels were independent risk factors for the occurrence of erectile dysfunction [$OR(95\% CI) = 1.127 (1.045-1.216)$], and elevated levels of RvD1 and RvE1 were protective factors for the occurrence of erectile dysfunction [$OR(95\% CI) = 0.761 (0.669-0.866), 0.787 (0.707-0.876)$]; ROC curve analysis shows that serum LPO, RvD1, and RvE1 have high predictive power for the occurrence of erectile dysfunction, and their combined predictive value for disease is higher than the independent predictive value of each indicator ($Z/P = 1.873/0.013, 1.803/0.019, 1.711/0.033$). **Conclusion** Elevated levels of serum fatty acid oxidation and decreased levels of pro lipolytic mediators are risk factors for the occurrence of erectile dysfunction, providing new ideas for further exploration of the mechanisms underlying the occurrence and development of erectile dysfunction.

【Key words】 Erectile dysfunction; Fatty acid oxidation; Pro-resolving lipid mediators; Vascular endothelium

阴茎的正常勃起是血管、神经、激素等多重因素共同介导的生理过程,其中任何一方面受损均可能引起勃起功能障碍^[1]。目前导致阴茎勃起功能障碍的具体原因尚不明晰,其中阴茎血管内皮损伤被认为是诱导疾病发生、发展的重要机制之一^[2]。而导致微血管损伤的原因包括病原菌侵袭、过度免疫激活、氧化应激及炎性反应增高等,其中炎性介质在勃起功能障碍中的作用也逐渐凸显^[3]。多不饱和脂肪酸在炎性反应的不同阶段均具有重要作用,特别是应激条件下容易发生脂肪酸氧化,可反映患者体内炎性介质的氧化应激水平^[4]。促分解脂质介质是主要由多不饱和脂肪酸酶催化氧化形成,包含多种亚族及亚型^[5]。其中由二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸衍生的消退素亚族在血管内皮相关的炎性反应中扮演重要角色,既往多项研究均表明在冠心病、动脉粥样硬化、动脉夹层等多种血管相关疾病中消退素不同亚型发挥不同调节功能^[6-7],但其在勃起功能障碍中的作用尚不明晰。基于此,本研究旨在探究脂肪酸氧化和促分解脂质介质水平与阴茎勃起功能障碍的相关性,为进一步了解勃起功能障碍的发生、发展过程提供新思路,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2022 年 10 月—2023 年 4 月新疆医科大学第一附属医院泌尿中心诊治的勃起功能障碍患者 70 例作为观察组,另外选取同期健康男性 70 例作为健康对照组。2 组年龄、BMI、病程、吸烟史、饮酒史、运动习惯、高血压患病率及糖尿病患病率等比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。本研究已通过医院伦理委员会审批(K202209-06),参研者知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1)纳入标准:①符合我国《勃起功能障碍诊断与治疗指南》中勃起功能障碍的诊断标准^[8];②患者静脉通路良好,可抽取外周静脉血进行检测;③患者既往病史、个人史等一般临床资料完

整。(2)排除标准:①就诊前 1 周内合并泌尿系统急性感染;②合并骑跨伤、挫裂伤等阴茎外伤或白膜破裂;③合并严重的焦虑、抑郁等精神类疾病;④合并任何类型的恶性肿瘤。

表 1 2 组受试者临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between two groups of subjects

临床资料	健康对照组 (n = 70)	观察组 (n = 70)	t/χ^2 值	P 值
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	44.97 ± 4.47	45.53 ± 4.75	0.715	0.476
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	23.81 ± 2.10	24.22 ± 2.20	1.128	0.261
病程($\bar{x} \pm s$, 月)	6.14 ± 1.22	6.23 ± 1.02	0.450	0.653
吸烟史[例(%)]	54(77.14)	52(74.29)	0.155	0.693
饮酒史[例(%)]	53(75.71)	51(72.86)	0.150	0.699
有运动习惯[例(%)]	30(42.86)	32(45.71)	0.116	0.734
高血压病史[例(%)]	29(41.43)	30(42.86)	0.029	0.864
糖尿病病史[例(%)]	27(38.57)	28(40.00)	0.030	0.863

1.3 观察指标与方法

1.3.1 血清脂肪酸氧化及特异性促炎性消退介质(specialized pro-resolving mediators, SPM) 指标检测: 2 组受试者均在入组时抽取肘静脉血 8 ml,室温下离心获取上层血清,通过酶联免疫吸附法(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)测定患者血清中过氧化脂质(lipid peroxides, LPO)、消退素 D1(resolvin D1, RvD1)及消退素 E1(resolvin E1, RvE1)的表达水平。LPO ELISA 试剂盒由上海初态生物有限公司生产(货号为 CT64099);RvD1 ELISA 试剂盒由天津肽链生物科技有限公司生产(货号为 TL501346);RvE1 ELISA 试剂盒由上海木栾科技有限公司生产(货号为 SBJ-H2195-48T)。所有 ELISA 检测操作步骤均按照试剂盒说明书进行,所有样本均进行复孔检测。最终各样本及试剂盒中标准品共同在 LD-96A 全自动酶标仪(山东莱恩德智能科技有限公司)上检测 OD 值,根据标准品 OD 值拟合浓度标准曲线并计算出各样本中

LPO、RvD1 及 RvE1 的表达水平。

1.3.2 血清睾酮检测:受试者均在入组时抽取肘静脉血 5 ml,室温下离心获取上层血清,通过 ELISA 法测定患者血清睾酮 (testosterone, T) 的表达水平, ELISA 试剂盒由上海初态生物有限公司生产 (货号为 CT60323),严格按照试剂盒说明书操作。

1.3.3 勃起功能障碍指标检测:(1) 阴茎勃起硬度通过勃起硬度评分 (erectile hardness score, EHS) 分为 1~4 级,级别越高表明阴茎硬度越强;(2) 通过海绵体内注射血管活性药物联合彩色双功能多普勒超声 (购自武汉科尔达医疗科技有限公司,型号:BLS-X1) 测定阴茎单侧动脉最大收缩期血流速度 (peak systolic velocity, PSV)。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 23.0 及 GraphPad Prism8.0 对所有数据进行统计分析。经过 KS 检验符合正态分布的计量资料以均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示,2 组间比较采用 Student-*t* 检验。计数资料以频数或率 (%) 表示,2 组间比较采用 χ^2 检验。患者血清中 LPO、RvD1、RvE1 与勃起功能障碍发生和 EHS、PSV 的相关性采用 Pearson 相关性检验。对于 $P<0.05$ 的指标进一步通过多因素 Logistic 回归检验是否为勃起功能障碍的危险因素。通过受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线及曲线下面积 (area under the curve, AUC) 判断各危险因素独立、联合预测勃起功能障碍发生的价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组受试者血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平比较 观察组血清 LPO 水平高于健康对照组,RvD1 及 RvE1 水平均低于健康对照组 ($P<0.01$),见表 2。

表 2 健康对照组及观察组血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of serum LPO, RvD1, and RvE1 levels between healthy control group and observation group patients

组别	例数	LPO($\mu\text{mol/L}$)	RvD1(ng/L)	RvE1(ng/L)
健康对照组	70	65.23±7.70	56.23±7.03	69.53±6.11
观察组	70	78.21±9.80	46.23±4.38	58.64±6.28
<i>t</i> 值		8.714	10.109	10.410
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001

2.2 2 组血清睾酮和勃起功能障碍比较 2 组受试者血清睾酮水平比较差异无统计学意义 ($P>0.01$),观察组患者 EHS 评分及 PSV 均低于健康对照组 ($P<$

0.01),见表 3。

表 3 健康对照组及观察组勃起功能障碍指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of erectile dysfunction indicators between healthy control group and observation group patients

组别	例数	T($\mu\text{g/L}$)	EHS(分)	PSV(cm/s)
健康对照组	70	4.56±0.92	3.83±0.10	32.45±3.23
观察组	70	4.60±0.84	1.21±0.50	16.46±4.77
<i>t</i> 值		0.210	6.271	13.243
<i>P</i> 值		0.421	<0.001	<0.001

2.3 血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平与勃起功能障碍发生的相关性分析 Pearson 相关性分析表明,血清 LPO 水平与勃起功能障碍发生呈正相关,RvD1 及 RvE1 水平与勃起功能障碍发生呈负相关 ($P<0.01$);血清 LPO 水平与 EHS、PSV 呈负相关,RvD1 及 RvE1 水平与 EHS、PSV 呈正相关 ($P<0.01$),见表 4。

表 4 血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平与勃起功能障碍发生的相关性分析

Tab.4 Correlation Analysis between Serum cPLA2 and F2 Isoprostaglandin Levels and Erectile Dysfunction

指标	LPO		RvD1		RvE1	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
EHS	-0.275	0.033	0.391	<0.001	0.423	<0.001
PSV	-0.233	0.049	0.366	<0.001	0.387	<0.001
发生勃起功能障碍	0.603	<0.001	-0.621	<0.001	-0.712	<0.001

2.4 勃起功能障碍发生的多因素 Logistic 回归分析 以阴茎勃起功能障碍为因变量,以上述结果中 $P<0.05$ 项目为自变量进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示:血清 LPO 水平升高是勃起功能障碍发生的独立危险因素,RvD1 及 RvE1 水平升高是勃起功能障碍发生的独立保护因素 ($P<0.01$),见表 5。

表 5 阴茎勃起功能障碍发生的危险多因素 Logistic 回归分析

Tab.5 Multivariate logistic regression analysis of the risk factors for penile erectile dysfunction

变量	β 值	SE 值	Wald 值	<i>P</i> 值	OR(95%CI)
LPO 高	0.120	0.039	9.488	0.002	1.127(1.045~1.216)
RvD1 高	-0.273	0.066	17.180	0.001	0.761(0.669~0.866)
RvE1 高	-0.239	0.055	19.042	0.001	0.787(0.707~0.876)

2.5 血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平对勃起功能障碍发生的预测价值分析 绘制血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平预测勃起功能障碍发生的 ROC 曲线,并计算 AUC,结果显示,LPO、RvD1、RvE1 及三项联合预测勃起功能障碍发生的 AUC 分别为 0.848、0.858、0.911、0.969,

三者联合优于各自单独预测效能(并用 DeLong 法对其差异进行比较)($Z/P=1.873/0.013$ 、 $1.803/0.019$ 、 $1.711/0.033$),见表 6、图 1。

表 6 血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平对勃起功能障碍发生的预测价值分析

Tab.6 Analysis of the predictive value of serum LPO, RvD1, and RvE1 levels for the occurrence of erectile dysfunction

变量	Cut-off 值	AUC	95%CI	敏感度	特异度	Youden 指数
LPO	>74.23 $\mu\text{mol/L}$	0.848	0.785~0.911	0.875	0.851	0.727
RvD1	<43.36 ng/L	0.858	0.789~0.928	0.854	0.832	0.686
RvE1	<57.91 ng/L	0.911	0.856~0.967	0.902	0.785	0.687
三项联合		0.969	0.945~0.993	0.923	0.875	0.799

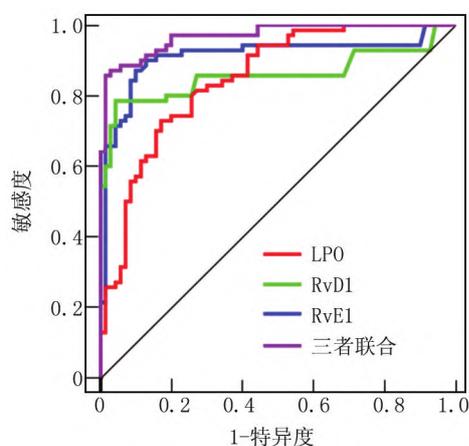


图 1 各指标预测勃起功能障碍发生的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curves of various indicators predicting the occurrence of erectile dysfunction

3 讨论

勃起功能障碍对于男性患者不仅造成日常生活质量下降、影响生育需求,还容易导致患者出现严重负性情绪^[9]。由于勃起涉及神经、血管、体液、激素等多种因素及环节,因此造成勃起功能障碍的具体机制并不明晰,可能是多因素影响的结果^[10]。血管完整性、内皮功能正常及充分的动脉灌注是生理性勃起的必要因素,而血管内皮的损伤及功能破坏可能是介导勃起功能障碍的重要原因及机制^[11]。血管内皮损伤可能由患者机体炎症反应升高、过度氧化应激、病原菌侵袭、物理化学损伤等导致,多种细胞因子及化学介质会参与并调节血管内皮的功能及稳定^[12]。因此,聚焦可能诱导血管内皮损伤的因子对于进一步探索勃起功能障碍形成机制、早期预测疾病发生、进行相关性靶向治疗均具有重要临床意义。

有研究认为勃起功能障碍与微血管而非大血管的内皮功能障碍的相关性更强,并提出了血管扩张功能丧失的后果在阴茎微血管中比较大的血管中更早表现出来^[13]。但不论是阴茎大血管还是微血管内皮功能障碍导致勃起功能障碍,血管内皮在疾病的发生、发展中均扮演重要角色,因此介导内皮完整性破坏及功能降低的因素均可能参与勃起功能障碍的发生过程^[14]。健康成年人体内,内皮细胞处于静息状态,发挥调节血管张力、维持凝血和栓溶平衡、抗炎和抗炎性细胞黏附等重要作用;然而,当内皮受到异常血流压力、病原微生物等异常刺激、免疫炎症反应升高及氧化应激水平过度激活时,内皮细胞活化并表现为促血栓形成、促炎性细胞黏附和浸润的病理表型,血管渗漏性增强,进而可能促进多种血管相关疾病发生^[15]。

以往研究发现,二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸是人体内的多不饱和脂肪酸,具有调控炎症反应和促进炎症反应消退的作用,而该过程中的主要有效因子是其代谢生成的促分解脂质介质^[16]。促分解脂质介质是一类强效的促进急、慢性炎症反应消退的小分子物质,主要包括脂氧素、保护素、消退素和巨噬素四大类。其中,RvE1 及 RvD1 分别是二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸代谢产生的消退素,以往研究发现,在冠状动脉粥样硬化、血管炎、动脉夹层形成等多种血管相关性疾病中 RvE1 及 RvD1 均扮演重要角色,且主要通过调节炎症反应间接影响血管内皮功能^[17-18]。LPO 是脂肪酸氧化的代谢产物,也是反映机体脂肪酸氧化水平的重要指标。以往研究发现,LPO 对于血管内皮具有显著的刺激作用,此外也会引起破损的血管内皮周围炎症反应微环境水平增高,进一步加重血管内皮损伤^[19]。在本研究中,发现血清 LPO 水平升高、RvD1 及 RvE1 水平降低均是勃起功能障碍发生的独立危险因素,与疾病具有显著相关性。分析其原因,炎症反应会介导脂肪酸异常释放并影响前列腺素、一氧化氮等血管内皮活性物质的合成。一方面,过多的脂肪酸会氧化形成 LPO 等代谢产物,加重局部、全身氧化应激水平和炎症反应,进而使血管内皮损伤加重;另一方面,多种血管活性物质合成减少使血管收缩功能、血管张力均受到负面影响,上述两种机制均可能在阴茎微血管中造成更严重的影响,进而促进勃起功能障碍的发生。RvD1 及 RvE1 作为机体内重要的促分解脂质介质,可通过与特异性受体结合调节免疫、炎症反应水平,进而减轻炎症因子对血管内皮的损伤。有研究发现,给予外源性 RvD1 能够增加凋亡细胞分裂周期蛋白表达,促进巨噬细胞通过受体配体相结合的方式识

别并吞噬凋亡细胞,从而促进巨噬细胞的胞葬作用并减轻炎症反应水平^[20]。而 RvD1 及 RvE1 的下调则会导致其与特异性受体结合发挥的抑制炎症因子分泌、促炎症反应消退作用降低,甚至可能形成炎症反应瀑布效应,加重局部的炎症反应微环境紊乱及对血管内皮的损伤。

本研究发现勃起功能障碍患者血清 LPO、RvD1 及 RvE1 水平显著变化,且与疾病发生具有显著相关性,但关于上述因子是否通过介导炎症反应影响血管内皮功能及勃起功能障碍的发生仍需进一步通过体外细胞实验探索。尽管如此,本研究发现了男性血清脂肪酸氧化水平增高、促分解脂质介质水平降低是勃起功能障碍发生的危险因素,为未来进一步探究勃起功能障碍的发生、发展机制提供新的思路。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

阿不来提·买买提明、李晓东:设计研究方案,实施研究过程,论文撰写;许鹏、艾热提·阿皮孜:实施研究过程,资料搜集整理,分析试验数据;艾沙江·阿卜力:进行统计学分析

参考文献

[1] 余海洋,刘晓梅,吴锦丹,等.2 型糖尿病合并勃起功能障碍的病理神经机制研究进展[J].中国性科学,2023,32(3):18-22. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1993.2023.03.005.
Yu HY, Liu XM, Wu JD, et al. Research progress on pathological neural mechanism of erectile dysfunction in type 2 diabetes mellitus [J]. Chinese Journal of Sexual Science, 2023, 32 (3): 18-22. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1993.2023.03.005.

[2] 项瑞君,张春雷,张斌,等.慢性前列腺患者心理状况与勃起功能障碍相关性的研究进展[J].解放军医学院学报,2023,44(3):312-316. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2023.03.018.
Xiang RJ, Zhang CL, Zhang B, et al. Research progress on the correlation between psychological status and erectile dysfunction in patients with chronic prostatitis [J]. J PLA Medical College, 2023, 44 (3): 312-316. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2023.03.018.

[3] 牛阳九,杨培,牛立盼,等.氧化应激诱导勃起功能障碍机制的研究进展[J].医学综述,2022,28(10):1890-1895. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2022.10.004.
Niu YJ, Yang P, Niu LP, et al. Research progress on oxidative stress-induced erectile dysfunction [J]. Medical Review, 2022, 28 (10): 1890-1895. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2022.10.004.

[4] 王辉敏,李冠文,杨金梅,等.多不饱和脂肪酸降脂作用机制的研究进展[J].中国油脂,2023,48(5):73-77,84. DOI: 10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.220192.

[5] Perez-Hernandez J, Chiurchiù V, Perruche S, et al. Regulation of T-Cell immune responses by pro-resolving lipid mediators[J]. Front Immunol, 2021, 12: 768133. DOI: 10.3389/fimmu.2021.768133.

[6] 张记收,魏成,王梦龙,等.消退素及其受体在心血管疾病中的作

用和研究进展[J].中华老年心脑血管病杂志,2023,25(2):209-211. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2023.02.025.

[7] 底洪辰,谭素,陈子豪,等.消退素 D1 对急性肺损伤影响的研究进展[J].中国当代医药,2023,30(4):25-29. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2023.04.007.

[8] 中华医学会男科学分会勃起功能障碍诊断与治疗指南编写组.勃起功能障碍诊断与治疗指南[J].中华男科学杂志,2022,28(8):722-755. DOI: 10.13263/j.cnki.nja.2022.08.009.

[9] 李健瑛,李铮,赵福军.阴茎勃起功能障碍的诊疗进展[J].临床泌尿外科杂志,2023,31(2):117-121. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2023.02.006.

[10] 王明明,孙润民,龙章佑,等.高血压及降压药与阴茎勃起功能障碍的研究进展[J].中华高血压杂志,2023,31(4):316-322,300. DOI: 10.16439/j.issn.1673-7245.2023.04.004.

[11] 陈文康,李柏霖,刘寒飞,等.器质性勃起功能障碍生物标志物研究进展[J].中国男科学杂志,2023,37(1):116-124. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0848.2023.02.020.

[12] SenthilKumar G, Katunarić B, Bordas-Murphy H, et al. Estrogen and the vascular endothelium: The unanswered questions [J]. Endocrinology, 2023, 164 (6): bqad079. DOI: 10.1210/endo/bqad079.

[13] Gimbrone MA Jr, García-Cardena G. Vascular endothelium, hemodynamics, and the pathobiology of atherosclerosis [J]. Cardiovasc Pathol, 2013, 22 (1): 9-15. DOI: 10.1016/j.carpath.2012.06.006.

[14] Parsamanesh N, Asghari A, Sardari S, et al. Resveratrol and endothelial function: A literature review [J]. Pharmacol Res, 2021, 170: 105725. DOI: 10.1016/j.phrs.2021.105725.

[15] Wang L, Cheng CK, Yi M, et al. Targeting endothelial dysfunction and inflammation [J]. J Mol Cell Cardiol, 2022, 168: 58-67. DOI: 10.1016/j.yjmcc.2022.04.011.

[16] Ravaut G, Légit A, Bergeron KF, et al. Monounsaturated fatty acids in obesity-related inflammation [J]. Int J Mol Sci, 2020, 22 (1): 330. DOI: 10.3390/ijms22010330.

[17] Signorini C, Moretti E, Noto D, et al. Fatty acid oxidation and pro-resolving lipid mediators are related to male infertility [J]. Antioxidants (Basel), 2022, 11 (1): 107. DOI: 10.3390/antiox11010107.

[18] Gao J, Su Y, Wang Z. Lung inflammation resolution by RvD1 and RvD2 in a receptor-dependent manner [J]. Pharmaceutics, 2023, 15 (5): 1527. DOI: 10.3390/pharmaceutics15051527.

[19] Siddiquee A, Patel M, Rajalingam S, et al. Effect of omega-3 fatty acid supplementation on resolvin (RvE1)-mediated suppression of inflammation in a mouse model of asthma [J]. Immunopharmacol Immunotoxicol, 2019, 41 (2): 250-257. DOI: 10.1080/08923973.2019.1584903.

[20] De Souza Bastos A, Graves DT, de Melo Loureiro AP, et al. Diabetes and increased lipid peroxidation are associated with systemic inflammation even in well-controlled patients [J]. J Diabetes Complications, 2016, 30 (8): 1593-1599. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2016.07.011.

(收稿日期:2023-08-30)