

# 高脂喂养对 SD 雄性大鼠前列腺和精囊腺花生四烯酸代谢的影响\*

代良<sup>1</sup> 韩丽<sup>2</sup> 刘永杰<sup>1,3</sup> 刘畅<sup>3</sup> 马文欣<sup>4</sup> 马会明<sup>4</sup>

(1. 银川市妇幼保健院生殖中心, 宁夏 银川 750001; 2. 宁夏医科大学总医院麻醉与围手术医学科, 宁夏 银川 750004; 3. 宁夏医科大学基础医学院, 宁夏 银川 750004; 4. 宁夏医科大学生育力保持教育部重点实验室, 宁夏 银川 750004)

**【摘要】** 目的 探讨高脂喂养对 SD 雄性大鼠前列腺和精囊腺花生四烯酸(AA)代谢的影响。方法 选择 24 只 45 d 龄 SD 雄性大鼠, 分为对照组、肥胖组和转换组 3 组, 每组 8 只。其中对照组给予普通饲料喂养, 肥胖组给予 45% 高脂饲料喂养, 转换组给予先高脂饲料喂养 2 月后转为普通饲料, 3 组均共喂养 3 个月。采用 ELISA 法测定磷脂(PL)、分泌型磷脂酶 A2(sPLA2)、AA、5 脂氧化酶(5-LOX)、环氧化酶(COX)1、COX2、白三烯 B4(LTB4)、前列腺素(PG)E1、PGF<sub>2α</sub>、白细胞介素(IL)1、IL-6、肿瘤坏死因子 α(TNF-α)、睾酮(T)、雌激素(E<sub>2</sub>)的浓度。统计分析 3 组间各指标的差异性, 分析 AA 代谢相关物质之间的相关性。结果 前列腺的 LTB4、IL-6、TNF-α 肥胖组和转换组均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 精囊腺的 E<sub>2</sub> 肥胖组和转换组均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。前列腺中, 体重与 AA 呈正相关, AA 代谢网络各指标间均为正相关, 而 PGE1 与 IL-6 呈负相关(均  $P < 0.05$ )。精囊腺中, 体重与 COX1、5-LOX 及 E<sub>2</sub> 呈正相关, 除 COX2 与 PL 和 COX1 呈负相关, 其余 AA 代谢网络各指标间均呈正相关(均  $P < 0.05$ )。结论 高脂饮食会影响 SD 雄性大鼠的 AA 代谢, 在前列腺中会产生明确的增量效应, 影响前列腺的功能状态, 而在精囊腺中主要表现为 COX1、COX2 及 5-LOX 三者间的此消彼长趋势。

**【关键词】** 高脂; SD 雄性大鼠; 前列腺; 精囊腺; 花生四烯酸

**【中图分类号】** R697<sup>+</sup>.3; R697<sup>+</sup>.4 **【文献标志码】** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-3511.2025.02.004

## Effects of high-fat diet on arachidonic acid metabolism in prostate and seminal vesicle of SD male rats

DAI Liang<sup>1</sup>, HAN Li<sup>2</sup>, LIU Yongjie<sup>1,3</sup>, LIU Chang<sup>3</sup>, MA Wenxin<sup>4</sup>, MA Huiming<sup>4</sup>

(1. Reproductive Medical Center, Yinchuan Women and Children Health Care Hospital, Yinchuan 750001, China; 2. Department of Anesthesia and Perioperative Medicine, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China; 3. School of Basic Medicine Sciences, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China; 4. Key Laboratory of Ningxia Medical University Fertility Maintenance, Ministry of Education, Yinchuan 750004, China)

**【Abstract】** **Objective** To explore the effect of high-fat diet on arachidonic acid metabolism in prostate and seminal vesicle of SD male rats. **Methods** Twenty four 45 day old SD male rats were selected and divided into control group, obesity group and conversion group, with 8 rats in each group. The control group was fed with normal diet, the obese group was fed with 45% high-fat diet, and the conversion group was fed with high-fat diet for 2 months and then converted to normal diet. The three groups were fed with high-fat diet for 3 months, and determine the concentration of phospholipid (PL), secretory phospholipase A2 (sPLA2), arachidonic acid (AA), 5 lipoxygenase (5-LOX), cyclooxygenase (COX)1, COX2, leukotriene B4(LTB4), prostaglandin (PG)E1, PGF<sub>2α</sub>, Interleukin (IL)1, IL-6, tumor necrosis factor α(TNF-α), testosterone (T) and estrogen (E<sub>2</sub>). Analyzed the difference of each index among the control group, obesity group and conversion group. **Results** The levels of LTB4, IL-6 and TNF-α in prostate obesity group and transition group were significantly higher than those in control group ( $P < 0.05$ ), and the levels of E<sub>2</sub> in seminal vesicle gland obesi-

基金项目: 宁夏自然科学基金资助项目(2022AAC03744); 宁夏重点研发计划项目(2022BEG03083)

通信作者: 马会明, E-mail: 269523455@qq.com

引用本文: 代良, 韩丽, 刘永杰, 等. 高脂喂养对 SD 雄性大鼠前列腺和精囊腺花生四烯酸代谢的影响[J]. 西部医学, 2025, 37(2): 175-179. DOI:

10.3969/j.issn.1672-3511.2025.02.004

ty group and transition group were significantly higher than those in control group ( $P < 0.05$ ). In prostate, body weight was positively correlated with AA, all indexes of AA metabolic network were positively correlated, and PGE1 was negatively correlated with IL-6 ( $P < 0.05$ ). In seminal vesicle gland, body weight was positively correlated with COX1, 5-LOX and  $E_2$ , except COX2 was negatively correlated with PL and COX1, other AA metabolic network indicators were positively correlated ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** High-fat diet can affect the AA metabolism of SD male rats, and has a clear incremental effect on the prostate gland, affecting the functional state of the prostate, and the ebb and flow trend of COX1, COX2 and 5-LOX in the seminal vesicles.

**【Key words】** Hyperlipidemia; SD male rats; Prostate; Seminal vesicle; Arachidonic acid

随着经济飞速发展,人们的饮食结构发生了巨大变化,高脂高能量饮食摄入占比越来越大,由此心脑血管疾病逐年上升,引起了人们急切关注<sup>[1]</sup>。伴随着人们对健康认知的提高,在关注生命健康的同时,生殖健康也逐渐受到重视<sup>[2]</sup>。脂肪组织在非炎症状态下可以生产人体 30%左右的炎症介质<sup>[3]</sup>,高脂饮食在影响心脑血管的过程中,在生殖系统同样会产生影响,大量脂肪堆积在生殖系统产生额外的炎症介质,会直接影响前列腺和精囊腺的功能状态<sup>[4]</sup>。由此,本研究采用高脂喂养 SD 雄性大鼠,检测大鼠前列腺和精囊腺中花生四烯酸(Arachidonic acid, AA)代谢相关物质的浓度,判断高脂饮食后前列腺和精囊腺中 AA 代谢物质是否存在差异性及相关性,现将结果报告如下。

**1 材料与方法**

1.1 实验动物 选择 24 只 45 d 龄 SD 雄性大鼠(购于宁夏医科大学实验动物中心),分为对照组、肥胖组和转换组 3 组,每组 8 只。其中对照组给予普通饲料喂养(购于江苏省协同医药生物工程有限责任公司,批号:SWS9102),肥胖组给予 45%高脂饲料(购于江苏美迪森生物医药有限公司,批号:MD12032)喂养,转换组给予先高脂饲料喂养 2 月后转为普通饲料,3 组均共喂养 3 个月后,断颈处死,获取前列腺和精囊腺, -80 °C 冰箱保存。在喂养过程中肥胖组意外死亡 1 只。该研究已获银川市妇幼保健院伦理委员会审查同意实施(市妇幼伦理第 2021-50 号)。

1.2 AA 代谢相关物质的测定 将获得的前列腺和精囊腺组织电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司,上海,AL104)称重后,按 1:5 加入磷酸缓冲盐溶液(PBS)(美国,Cytiva)研磨粉碎混匀后 900 g 离心(离心机:安徽,中佳 SC-3616) 20 min,获得上清,采用 ELISA 法测定磷脂(Phospholipid, PL)、分泌型磷脂酶 A2 (Secretory phospholipase A2, sPLA2)、AA、5 脂氧化酶(5-lipoxygenase, 5-LOX)、环氧化酶(Cyclooxygenase, COX) 1、COX2、白三烯 B4 (Leukotriene, LTB4)、前列腺素(PG)E1、PGF<sub>2α</sub>、IL-1、IL-6、肿瘤坏死因子 α(Tumor necrosis factor-α, TNF-α)、睾

酮(Testosterone, T)、雌二醇(Estradiol, E<sub>2</sub>)的浓度(试剂均购于厦门慧嘉生物生物科技有限公司,福建),按照说明书严格操作检测。

1.3 观察指标 分析 3 组间各指标的差异性 & AA 代谢相关物质之间的相关性。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 23.0 版软件进行统计分析,计量资料采用均值±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,3 组间比较采用 F 检验,各指标间相关性采用 Pearson 相关性分析, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结果**

2.1 3 组间前列腺和精囊腺各指标的比较 前列腺的 LTB4、IL-6、TNF-α 肥胖组和转换组均显著高于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。精囊腺的 E<sub>2</sub> 肥胖组和转换组均显著高于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。前列腺和精囊腺的其余各指标 3 组间差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1、表 2。

表 1 前列腺 3 组间各指标的比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparison of prostate indicators among the three groups

指标	对照组	肥胖组	转换组	F	P
PL	30.41±1.17	29.21±2.21	30.68±2.58	1.058	0.798
sPLA2	781.86±28.70	790.44±64.09	790.87±52.43	0.082	0.722
AA	14.55±0.42	14.70±1.69	14.53±1.24	0.046	0.976
COX1	78.29±4.01	67.41±3.64	67.45±6.08	1.211	0.209
COX2	93.24±5.53	91.43±13.84	92.41±10.75	0.057	0.874
5-LOX	70.23±8.63	67.41±3.64	67.45±6.08	0.476	0.406
LTB4	41.53±5.04	45.48±7.12 <sup>①</sup>	47.99±5.27 <sup>①</sup>	2.506	0.038
PGE1	407.32±24.80	390.17±29.68	395.93±25.50	0.819	0.402
PGF <sub>2α</sub>	118.71±9.91	114.82±8.12	114.13±10.02	0.539	0.344
IL-1	73.07±5.32	74.39±3.61	76.72±2.99	1.605	0.092
IL-6	39.40±2.90	47.93±5.98 <sup>①</sup>	44.98±4.70 <sup>①</sup>	6.661	0.026
TNF-α	75.72±11.94	97.12±8.11 <sup>①</sup>	97.69±24.52 <sup>①</sup>	4.389	0.016
T	3.59±0.17	3.81±0.45	3.87±0.43	1.216	0.152
E <sub>2</sub>	31.84±2.38	31.94±2.01	29.75±2.02	2.585	0.066

注:与对照组比较,① $P < 0.05$ 。

2.2 前列腺中 AA 代谢各指标间的相关性分析 体重与 AA 呈正相关( $P < 0.05$ ); PL 与 AA、COX1、COX2、PGE1、PGF<sub>2α</sub>、IL-1 及 E<sub>2</sub> 呈正相关( $P < 0.05$ ); AA 与 COX1、COX2、5-LOX、PGE1 及 PGF<sub>2α</sub> 呈正相

表 2 精囊腺 3 组间各指标的比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of seminal vesicle gland indexes among the three groups

指标	对照组	肥胖组	转换组	F	P
PL	29.41±2.86	28.91±1.62	29.79±2.79	0.229	0.763
sPLA2	767.12±43.70	811.26±69.98	788.10±88.63	0.745	0.542
AA	14.36±1.26	14.49±0.48	14.25±0.72	0.133	0.800
COX1	70.95±2.29	74.27±3.72	74.55±4.24	2.564	0.053
COX2	92.98±2.38	90.38±3.30	92.80±6.44	0.781	0.937
5-LOX	64.97±1.30	66.86±2.93	66.43±3.67	0.956	0.311
LTB4	44.14±6.24	48.06±7.24	45.11±4.02	0.873	0.747
PGE <sub>1</sub>	375.82±21.01	372.52±16.24	380.25±14.10	0.374	0.616
PGF <sub>2α</sub>	110.34±3.76	112.74±3.54	108.11±8.60	1.154	0.457
IL-1	73.47±6.78	72.40±1.79	75.05±4.35	0.569	0.522
IL-6	41.91±3.04	44.43±2.42	43.44±3.05	1.476	0.299
TNF-α	100.15±14.44	97.77±14.66	105.64±19.06	0.470	0.507
T	3.72±0.35	3.86±0.16	3.67±0.16	1.294	0.676
E <sub>2</sub>	25.82±2.02	27.17±2.36 <sup>①</sup>	28.46±2.35 <sup>①</sup>	2.776	0.029

注:与对照组比较,①P&lt;0.05。

表 3 前列腺中 AA 代谢各指标间的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of AA metabolism indexes in prostate

指标	PL	sPLA2	AA	COX1	COX2	5-LOX	LTB4	PGE1	PGF <sub>2α</sub>	IL-1	IL-6	TNF-α	T	E <sub>2</sub>
体重	r	-0.040	0.141	0.438	0.181	0.243	0.280	0.253	-0.011	0.155	0.042	0.301	-0.004	0.192
	P	0.811	0.392	0.005	0.270	0.137	0.882	0.084	0.120	0.949	0.346	0.799	0.062	0.980
PL	r		0.128	0.349	0.317	0.461	0.237	0.024	0.335	0.470	0.464	-0.075	-0.243	0.280
	P		0.436	0.030	0.050	0.003	0.146	0.886	0.037	0.003	0.003	0.651	0.136	0.085
sPLA2	r			0.250	0.109	0.155	0.219	-0.150	0.229	0.041	0.100	-0.283	0.225	0.299
	P			0.125	0.508	0.346	0.181	0.361	0.161	0.806	0.546	0.081	0.168	0.064
AA	r				0.713	0.618	0.356	0.047	0.497	0.394	0.158	-0.153	0.101	0.275
	P				<0.001	<0.001	0.026	0.777	0.001	0.013	0.338	0.352	0.542	0.090
COX1	r					0.560	0.701	-0.097	0.455	0.409	0.080	-0.158	-0.100	0.229
	P					<0.001	0.050	0.556	0.004	0.010	0.629	0.338	0.543	0.161
COX2	r						0.300	-0.035	0.533	0.502	0.149	-0.096	0.018	0.300
	P						0.063	0.834	<0.001	0.001	0.366	0.559	0.912	0.063
5-LOX	r							-0.187	0.304	0.433	0.222	-0.101	-0.177	0.205
	P							0.253	0.060	0.006	0.174	0.541	0.280	0.210
LTB4	r								-0.234	-0.193	-0.262	0.250	0.115	0.201
	P								0.151	0.239	0.107	0.124	0.487	0.219
PGE1	r									0.216	0.312	-0.413	-0.055	0.023
	P									0.186	0.053	0.006	0.740	0.891
PGF <sub>2α</sub>	r										0.300	0.034	-0.234	0.089
	P										0.064	0.835	0.152	0.591
IL-1	r											-0.079	0.041	0.279
	P											0.633	0.805	0.086
IL-6	r												0.153	0.132
	P												0.353	0.424
TNF-α	r													0.271
	P													0.096
T	r													0.148
	P													0.367

### 3 讨论

肥胖是新世纪以来不可忽视的问题,大量研究<sup>[5-7]</sup>证实肥胖可以通过多方面影响生殖系统功能。本研究采用高脂喂养 SD 雄性大鼠 3 个月,发现在前列腺中,LTB<sub>4</sub>、IL-6、TNF-α 肥胖组和转换组均显著高于对照组,差异有统计学意义,而精囊腺相对应的炎症介质 3 组差异无统计学意义,可能由于前列腺周围有一层脂质包膜<sup>[8]</sup>,而精囊腺却没有,所以高脂产生的额外炎症介质在前列腺表现更明显一些,据此推

测为肥胖男性前列腺非特异性炎症的发病率增高<sup>[9]</sup>及由于长期慢性多量炎症刺激导致前列腺增生增加<sup>[10]</sup>;发现精囊腺的 E<sub>2</sub> 肥胖组和转换组均显著高于对照组,而前列腺的 E<sub>2</sub> 3 组间比较差异无统计学意义,但存在明显增高的趋势,一份精液中,前列腺液占 30%左右,精囊腺液占 60%左右<sup>[11]</sup>,前列腺和精囊腺的功能受睾酮/雌二醇(T/E<sub>2</sub>)影响<sup>[12]</sup>,T/E<sub>2</sub> 的失调会直接影响前列腺和精囊腺功能,导致精液量及精浆成分发生变化,进而影响精子质量<sup>[13]</sup>。由于饲养时间

关(P<0.05);COX1 与 COX2、5-LOX、PGE<sub>1</sub> 及 PGF<sub>2α</sub>呈正相关(P<0.05);COX2 与 PGE<sub>1</sub> 和 PGF<sub>2α</sub>呈正相关(P<0.05);5-LOX 与 PGF<sub>2α</sub>呈正相关, PGE<sub>1</sub> 与 IL-6 呈负相关(均 P<0.05)。见表 3。  
2.3 精囊腺中 AA 代谢各指标间的相关性分析 体重与 COX1、5-LOX 及 E<sub>2</sub> 呈正相关(P<0.05);PL 与 sPLA<sub>2</sub>、COX1、5-LOX、IL-1 及 E<sub>2</sub> 呈正相关,与 COX2 呈负相关(P<0.05);sPLA<sub>2</sub> 与 COX1 和 5-LOX 呈正相关(P<0.05);AA 与 LTB<sub>4</sub>、PGF<sub>2α</sub> 及 T 呈正相关(P<0.05);COX1 与 5-LOX、IL-1 及 E<sub>2</sub> 呈正相关,与 COX2 呈负相关(P<0.05);5-LOX 与 IL-1 和 E<sub>2</sub> 呈正相关(P<0.05);LTB<sub>4</sub> 与 T 呈正相关(P<0.05);PGF<sub>2α</sub> 与 T 呈正相关(P<0.05)。见表 4。

表 4 精囊腺中 AA 代谢各指标间的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of AA metabolism indexes in seminal vesicle gland

指标	PL	sPLA2	AA	COX1	COX2	5-LOX	LTB4	PGE1	PGF <sub>2α</sub>	IL-1	IL-6	TNF-α	T	E <sub>2</sub>	
体重	<i>r</i>	-0.133	0.301	0.133	0.423	-0.136	0.371	0.187	0.148	-0.006	0.128	0.035	-0.009	0.149	0.330
	<i>P</i>	0.420	0.063	0.418	0.007	0.409	0.020	0.256	0.369	0.969	0.438	0.833	0.957	0.364	0.040
PL	<i>r</i>		0.402	0.069	0.610	-0.455	0.391	-0.002	0.108	0.290	0.357	-0.163	0.085	0.015	0.332
	<i>P</i>		0.011	0.678	<0.001	0.004	0.014	0.990	0.514	0.073	0.026	0.321	0.609	0.926	0.039
sPLA2	<i>r</i>			0.052	0.466	-0.073	0.367	0.095	-0.245	-0.032	0.183	-0.115	0.037	0.034	0.245
	<i>P</i>			0.751	0.003	0.658	0.022	0.564	0.134	0.846	0.266	0.484	0.822	0.837	0.133
AA	<i>r</i>				0.259	0.119	0.158	0.348	0.090	0.388	0.164	0.163	0.141	0.411	-0.013
	<i>P</i>				0.111	0.470	0.338	0.030	0.584	0.015	0.318	0.323	0.392	0.009	0.938
COX1	<i>r</i>					-0.409	0.672	0.115	0.047	0.229	0.438	0.011	-0.077	0.121	0.432
	<i>P</i>					0.010	<0.001	0.485	0.778	0.161	0.005	0.947	0.640	0.465	0.006
COX2	<i>r</i>						-0.250	0.179	-0.203	-0.121	-0.046	-0.218	0.217	0.127	-0.298
	<i>P</i>						0.125	0.276	0.215	0.461	0.782	0.183	0.185	0.440	0.065
5-LOX	<i>r</i>							0.174	-0.148	0.292	0.497	-0.053	-0.037	0.065	0.319
	<i>P</i>							0.289	0.369	0.071	0.001	0.748	0.824	0.693	0.048
LTB4	<i>r</i>								0.011	0.142	-0.109	0.009	0.298	0.505	0.176
	<i>P</i>								0.949	0.388	0.511	0.956	0.065	0.001	0.285
PGE1	<i>r</i>									0.118	0.096	0.221	0.230	0.245	0.103
	<i>P</i>									0.474	0.561	0.176	0.159	0.133	0.533
PGF <sub>2α</sub>	<i>r</i>										0.260	0.228	-0.009	0.342	0.250
	<i>P</i>										0.110	0.163	0.955	0.033	0.126
IL-1	<i>r</i>											0.026	0.222	0.127	0.155
	<i>P</i>											0.874	0.174	0.441	0.345
IL-6	<i>r</i>												-0.055	-0.148	0.110
	<i>P</i>												0.741	0.367	0.505
TNF-α	<i>r</i>													0.236	0.127
	<i>P</i>													0.148	0.442
T	<i>r</i>														0.108
	<i>P</i>														0.511

仅 3 个月,一些高脂影响器官功能的问题尚未产生明显效应,包括 AA 代谢相关的其他物质虽然差异无统计学意义,但可以看到明显的变化趋势,推测如果延长饲养时间<sup>[14]</sup>,可能会出现更为显著的差异,有待研究证实。

同时本研究发现,在高脂转换为普通饮食后 AA 代谢相关物质并未变化为和普通组一致,提示高脂产生的器官效应不会因短暂的饮食改变而改变<sup>[15]</sup>,一方面可能需要通过延长饮食改变时间才产生效应<sup>[16]</sup>,另一方面可能需要通过药物调理才能恢复,均有待进一步研究证实<sup>[17]</sup>。

依据本研究数据进一步行相关性分析,SD 雄性大鼠前列腺和精囊腺中 AA 代谢过程中的底物、产物及关键酶的变化符合生理机制<sup>[18]</sup>。在前列腺中,5-LOH 与 COX1 和 COX2 存在协同作用,促进 PG 的产生,进而去影响前列腺的功能状态,而 LTB4 作为高活性的炎症介质并未因 5-LOX 的增多而增多,推测在生理状态下,5-LOX 与 COX 作用于共同的底物 AA 产生生理需求量的 LTB4 和 PG<sup>[19]</sup>,在 5-LOX 与 COX 同时增高的情况下,5-LOX 协同 COX 促进 PG 产生的增多,并不因 5-LOX 增高而产生超生理剂量的 LTB4;在精囊腺中,COX1 与 5-LOX 呈正相关,而与 COX2 呈负相关,且 LTB4 和 PG 均与相应的关键酶

无显著相关,推测 LTB4 和 PG 在精囊腺中仅维持常规生理需求,并不产生代偿性补偿作用<sup>[20]</sup>,sPLA2、COX1 与 5-LOX 的升高仅为外源性高脂补充导致 PL 增多而代偿性增多,并不产生生理效应,且 COX2 作为应急性诱生酶<sup>[21]</sup>,为抵偿 COX1 的增多反而生成减少。

#### 4 结论

高脂饮食会影响 SD 雄性大鼠的 AA 代谢,在前列腺中会产生明确的增量效应,进一步影响前列腺的功能状态,而在精囊腺中主要表现为 COX1、COX2 及 5-LOX 3 者间的此消彼长的变化趋势。

#### 【参考文献】

- [1] 刘胤,张升超.慢性病人中高脂血症与腰围、腰高比、腰臀比的相关性[J].中国老年学杂志,2021,41(22):5135-5140.
- [2] 邓凯伟,张亦云.小鼠营养性肥胖对其生殖器官中 mPRα、mPRβ、mPRγ 基因表达的影响[J].中国饲料,2020,5:38-41.
- [3] GINJA M, PIRES M J, GONZALO-ORDEN J M, et al. Anatomy and imaging of rat prostate: practical monitoring in experimental cancer-induced protocols[J]. Diagnostics (Basel), 2019, 9(3):68.
- [4] BASSON A R, CHEN C, SAGL F, et al. Regulation of intestinal inflammation by dietary fats[J]. Front Immunol, 2020, 11:604989.

- [5] 郭颖, 王晓尉, 周芳, 等. 肥胖对雄性大鼠生殖功能影响的机制研究[J]. 生殖医学杂志, 2018, 27(5):426-430.
- [6] ZHANG D K, WEI Y H, HUANG Q N, *et al.* Important hormones regulating lipid metabolism [J]. *Molecules*, 2022, 27(20):7052.
- [7] KIM D H, CHUN S Y, LEE E, *et al.* IL-10 deficiency aggravates renal inflammation, fibrosis and functional failure in high-fat dieted obese mice[J]. *Tissue Eng Regen Med*, 2021, 18(3):399-410.
- [8] LIU W Y, ZHU Y K, YE L, *et al.* Establishment of an orthotopic prostate cancer xenograft mouse model using microscope-guided orthotopic injection of LNCaP cells into the dorsal lobe of the mouse prostate[J]. *BMC Cancer*, 2022, 22(1):173.
- [9] 归洪伟. 代谢综合征与前列腺增生并发组织学前列腺炎的相关性研究[D]. 石家庄:河北医科大学, 2022.
- [10] 黄庄楷, 何学军. 良性前列腺增生的危险因素[J]. 汕头大学医学院学报, 2022, 35(2):120-122.
- [11] 李圆龙, 马婧, 韩瑞钰, 等. 捐精志愿者精浆生化指标与精液常规参数的相关性分析[J]. 中华男科学杂志, 2021, 27(3):213-218.
- [12] RODRIGUEZ-MARTINEZ H, MARTINEZ E A, CALVETE J J, *et al.* Seminal plasma: relevant for fertility? [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(9):4368.
- [13] 段锦龙, 马卫国. 不育症患者年龄与精液质量和性激素的相关性研究[J]. 中国性科学, 2022, 31(12):13-16.
- [14] NOVEL FOODS AND FOOD ALLERGENS (NDA) EFSA PANEL ON NUTRITION, CASTENMILLER J, DE HENAUW S, *et al.* Appropriate age range for introduction of complementary feeding into an infant's diet[J]. *EFSA J*, 2019, 17(9):e05780.
- [15] QIAO L P, CHU K, WATTEZ J S, *et al.* High-fat feeding reprograms maternal energy metabolism and induces long-term postpartum obesity in mice[J]. *Int J Obes (Lond)*, 2019, 43(9):1747-1758.
- [16] ZHENG J, ZHANG L, LIU J Y, *et al.* Long-term effects of maternal low-protein diet and post-weaning high-fat feeding on glucose metabolism and hypothalamic POMC promoter methylation in offspring mice[J]. *Front Nutr*, 2021, 8:657848.
- [17] 《糖尿病合并男性功能障碍多学科中国专家共识》编写专家委员会. 糖尿病合并男性功能障碍多学科中国专家共识[J]. 中国男科学杂志, 2022, 36(1):3-33.
- [18] 刘津念, 郑剑, 殷永健, 等. PM<sub>2.5</sub> 暴露后激活核转录因子/环氧化酶 2/前列腺素 E<sub>2</sub> 信号通路引起氧化应激损伤雄性生殖功能的机制研究[J]. 实用医院临床杂志, 2021, 18(5):9-13.
- [19] 苗润泽, 羊羨, 李博, 等. 前炎止痛贴联合前列清瘀汤治疗慢性前列腺炎疗效及对前列腺液 TNF- $\alpha$ 、IFN- $\gamma$ 、IL-6 表达的影响[J]. 中医药临床杂志, 2019, 31(10):1944-1947.
- [20] YU L S, YANG X J, MA B, *et al.* Abnormal arachidonic acid metabolic network may reduce sperm motility via P38 MAPK [J]. *Open Biol*, 2019, 9(4):180091.
- [21] 刘永杰, 方永清, 张帆, 等. 精浆环氧化酶(COX)1、COX2 的检测及其临床应用价值[J]. 宁夏医学杂志, 2019, 41(6):540-542.

(收稿日期:2024-04-07;修回日期:2024-05-10;修回日期:王小菊)

(上接第 174 页)

- [11] MA D X, DAI J J, ZHU X J, *et al.* Aberrant expression of Notch signaling molecules in patients with immune thrombocytopenic Purpura[J]. *Ann Hematol*, 2010, 89(2):155-161.
- [12] LIU S Y, QU H T, SUN R J, *et al.* High-throughput DNA methylation analysis in ITP confirms NOTCH1 hypermethylation through the Th1 and Th2 cell differentiation pathways[J]. *Int Immunopharmacol*, 2022, 111:109105.
- [13] DESOUZA S, ANGELINI D. Updated guidelines for immune thrombocytopenic Purpura: expanded management options[J]. *Cleve Clin J Med*, 2021, 88(12):664-668.
- [14] YU L, ZHANG L Q, JIANG Z Y, *et al.* Decreasing lncRNA PVT1 causes Treg/Th17 imbalance via NOTCH signaling in immune thrombocytopenia[J]. *Hematology*, 2021, 26(1):734-740.
- [15] QU J C, QU H Q, BRADFIELD J P, *et al.* Association of DLL1 with type 1 diabetes in patients characterized by low polygenic risk score[J]. *Metabolism*, 2021, 114:154418.
- [16] HÖLLE T, REHN P, LEVENTOGIANNIS K, *et al.* Evaluation of the novel sepsis biomarker host-derived delta-like canonical Notch ligand 1-a secondary analysis of 405 patients suffering from inflammatory or infectious diseases [J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(11):9164.
- [17] WÓJCIK P, GEGÓTEK A, ŽARKOVIČN, *et al.* Oxidative stress and lipid mediators modulate immune cell functions in autoimmune diseases[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(2):723.
- [18] KAR Y D, ÖZDEMİR Z C, BÖR Ö. Thiol/disulfide balance and oxidative stress parameters in pediatric patients diagnosed with acute and chronic idiopathic thrombocytopenic Purpura[J]. *Turk J Pediatr*, 2021, 63(6):962-969.
- [19] WANG S, LIU Y, LI G S, *et al.* Reduced intracellular antioxidant capacity in platelets contributes to primary immune thrombocytopenia via ROS-NLRP3-caspase-1 pathway [J]. *Thromb Res*, 2021, 199:1-9.
- [20] UNNO K, OIKONOMOPOULOS A, FUJIKAWA Y, *et al.* Alteration in ventricular pressure stimulates cardiac repair and remodeling[J]. *J Mol Cell Cardiol*, 2019, 133:174-187.
- [21] BI Y J, LI X J, WEI H D, *et al.* Resveratrol improves emamectin benzoate-induced pyroptosis and inflammation of *Ctenopharyngodon idellus* hepatic cells by alleviating oxidative stress/endoplasmic reticulum stress[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2023, 142:109148.
- [22] JIN C Q, DONG H X, CHENG P P, *et al.* Antioxidant status and oxidative stress in patients with chronic ITP [J]. *Scand J Immunol*, 2013, 77(6):482-487.

(收稿日期:2024-04-06;修回日期:2024-08-21;编辑:王小菊)