

# 备孕男性的营养素合理补充

王宝俊<sup>1</sup> 马乐<sup>1</sup> 王琳琳<sup>2</sup>

**【摘要】** 随着生活节奏加快,人们饮食结构改变、不良习惯累积、精神压力增加和环境恶化,对男性健康造成很大威胁。不孕不育已成为育龄男性和女性的临床常见和高发疾病。临床上不孕不育育龄女性与男性及备孕夫妻,常常希望医师给予饮食方面的指导,目前关于女性孕前合理补充营养素的研究较多,而关于备孕男性营养素合理补充的研究则不多。笔者拟总结目前对于营养素研究中,与男性生育具有相关性的一些营养素,如矿物质(锌、铁、钙、镁、硒),维生素类(维生素 A、B<sub>9</sub>、B<sub>12</sub>、C、D、E),以及其他一些重要辅助营养素类(左旋肉碱、番茄红素、氨基酸、辅酶 Q<sub>10</sub>、果糖、柠檬酸),旨在对备孕男性营养素合理补充有一定临床指导作用。

**【关键词】** 营养素; 营养需要; 矿物质; 维生素类; 精子; 生育力; 男(雄)性

**Nutritious supplement for the males preparing for childbirth** Wang Baojun<sup>1</sup>, Ma Le<sup>1</sup>, Wang Linlin<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Department of Urology Surgery, Beijing Obstetrics and Gynecology Hospital, Capital Medical University, Beijing 100006, China; <sup>2</sup>Reproductive Healthcare Institute of Peking University, Beijing 100006, China

Corresponding author: Ma Le, Email: malef163bj@qq.com

**【Abstract】** With the accelerated pace of life, changes in diet, accumulation of bad habits, increased mental stress and environmental deterioration have posed a great threat to males' health. Infertility has become a common disease with high incidence. Infertile women or men of childbearing age and pregnant couples often hope that doctors can give them dietary guidance. At present, there are many studies on the rational nutrition supplement for women before pregnancy, and there have been many progresses. However, there are few studies on the rational nutrition supplement for men preparing for childbirth. This paper summarizes some nutrients related to male fertility in the current studies, such as minerals (zinc, iron, calcium, magnesium, selenium), vitamins (vitamin A, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, C, D and E), and other important auxiliary nutrients (L-carnitine, lycopene, amino acids, coenzyme Q<sub>10</sub>, fructose, citric acid), hoping to give guidance to the males preparing for childbirth.

**【Key words】** Nutrients; Nutritional requirements; Minerals; Vitamins; Sperm; Fertility; Male

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China for Youth (81202215)

营养素(nutrient)是指为维持机体繁殖、生长、发育和生存等一切生命活动和过程,需要从外界环境中摄取的物质。根据化学性质和生理作用可将营养素分为:蛋白质、脂类、碳水化合物、矿物质、维生素 5 大类。根据人体对各种营养素的需要量或体内含量可将其分为:宏量营养素和微量营养素。宏量营养素包括碳水化合物、脂类和蛋白质,又称为

产能营养素。微量营养素包括部分矿物质和维生素。根据在体内的含量不同,矿物质又可分为常量元素和微量元素,维生素则可分为脂溶性维生素和水溶性维生素。现代医学研究表明,人体所需的营养素超过 100 种,其中一部分可由人体自身合成、制造,但是另外一部分则必须从外界摄取。

备孕男性营养素平衡的 3 个要素为:①科学生活方式,避免有害物质摄入;②必要、合理、平衡膳食营养摄入;③满足备孕需求的营养素的必要补充。

近年营养素对备孕男性的影响备受关注,合理补充营养素是优生优育重要基础之一。对于合并不育及其他内科疾病的备孕男性,营养素合理补充更是至关重要。备孕男性需要合理补充的营养素

DOI:10.3877/cma.j.issn.1673-5250.2018.05.001

**基金项目:**国家自然科学基金青年基金资助项目(81202215)

作者单位:100006 首都医科大学附属北京妇产医院泌尿外科<sup>1</sup>;  
100006 北京大学生育健康研究所<sup>2</sup>

通信作者:马乐,Email:malef163bj@qq.com

包括如下种类。

## 1 矿物质类

备孕男性的生殖内分泌功能需要锌(Zn)、铜(Cu)、锰(Mn)、铁(Fe)、钾(K)、钠(Na)等多种矿物质元素参与。精液中矿物质微量元素变化将直接影响性激素分泌、精细胞生成和代谢。体内一些矿物质微量元素的含量改变,可直接导致精液质量下降,从而引发男性不育。一些毒性矿物质元素,如铝(Al)、镉(Cd)、砷(As)、汞(Hg)、镍(Ni)、锂(Li),则可极大影响备孕男性的生殖内分泌功能。

### 1.1 锌

锌是维持机体生长发育的必需微量元素之一,为细胞代谢过程中必需的微量元素,在DNA和蛋白质合成、酶活性和细胞内信号中,发挥着重要作用。正常男性体内锌含量为1.5~2.5 g,主要分布在睾丸、附睾、精囊腺和前列腺,可影响男性性腺发育。锌直接参与精子生成、成熟、激活和获能等过程,可使精子免于男、女生殖道对其潜在的损伤。锌具有延缓细胞膜脂质氧化,保证精子形态、结构和功能正常的作用。男性体内缺锌,可抑制脑垂体促性腺激素释放,从而导致性腺发育不良或性腺功能减退,引起性腺的生殖内分泌功能障碍,造成男性精子生成异常而导致不育<sup>[1]</sup>。锌可调节雄激素代谢,男性体内锌含量降低时,可促进睾酮转变为双氢睾酮。同时,锌是体内多种酶的组成成分或激活因子,睾丸、前列腺、附睾组织中富含锌,精子数量增加常伴有锌浓度增加<sup>[2]</sup>。但是,也有研究结果表明,精浆锌(seminal plasma zinc)浓度降低可影响精子数量,而精浆锌浓度升高,则可导致精子活力下降<sup>[3]</sup>。因此建议,对精子数量较少,但是精子活力正常男性个体,应进行密切监测,虽然精子正常功能需要足够的精浆锌,但是也不能盲目补锌<sup>[3]</sup>。

### 1.2 铁

男性生殖系统正常功能的维持需要铁元素参与。动物实验结果表明,铁缺乏可干扰雄性大鼠的精子成熟,并且可导致曲细精管退行性变,精子数量减少,影响雄性大鼠生育力。国外近期一项研究结果表明,对照组生殖内分泌功能正常男性与弱精子症患者相比,对照组男性体内铁含量较高。但是,随着对照组男性体内铁含量的增加,大部分精子活力却下降。男性体内铁含量过低,可导致弱精子症发生<sup>[4]</sup>,而铁含量过高,可导致精子活力下降。因此,男性体内铁含量过高或过低,均可导致男性不育<sup>[4]</sup>。

### 1.3 钙、镁

钙(Ca)、镁(Mg)是2种宏量元素,在精液中含量大。钙、镁离子( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ )的存在对精子获能、顶体反应及活跃均是必要的。袁玉珲等<sup>[5]</sup>研究发现,精子密度异常组男性的血清钙、磷(P)水平,均低于对照组精子密度正常男性,而且差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。

### 1.4 硒

硒(Se)是睾丸组织中重要微量元素之一。硒在男性生殖过程中的作用越来越受到重视。硒作为谷胱甘肽过氧化物酶不可缺少的组成部分,在人体内发挥着重要生物学功能,从而保护机体免受脂质过氧化物和羟自由基的破坏。早期文献报道,精液硒浓度为0.63~0.87 mmol/L时,精子活力最高,为0.5~0.8 mmol/L时,精子受孕率最高, $<0.46$  mmol/L时,则可引起男性不育<sup>[6]</sup>。硒在男性生殖系统发育和改善精子活力、维持精子正常形态和功能中,具有重要作用。随着男性性腺的发育成熟,性腺中硒浓度明显上升,这对维持精子鞭毛结构和功能完整性具有重要作用。一项动物研究结果显示,硒对于黄曲霉毒素B1导致的睾丸毒性具有保护作用,究其原因在于硒具有抗氧化作用,以及通过刺激类固醇的急性调控蛋白和睾酮合成酶的蛋白表达,而提高睾酮水平<sup>[6]</sup>。Marzec-Wróblewska等<sup>[7]</sup>研究结果显示,对于精子活力和形态正常的男性,其血清硒浓度显著高于无精子症和畸形精子症男性。

## 2 维生素类

维生素在哺乳动物各个系统的生长、发育和正常生理功能发挥过程中,起着举足轻重的作用,具有调节代谢、渗透压、免疫力,维持水、电解质平衡等功能。同样,维生素对哺乳动物的生殖内分泌功能,也具有非常重要的作用。

### 2.1 维生素A

维生素A又名视黄醇(retinol),是一种脂溶性维生素,通常以视黄酯(retinol ester)的形式存在,主要的活性衍生物是视黄酸(retinoic acid)。维生素A参与胚胎的正常发育,并维持机体多种生理功能。视黄酸又称为维甲酸(retinoic acid),是维生素A的活性代谢产物,可刺激诱导成年男性精原细胞分化,而精原细胞分化,是精子发生的关键步骤。视黄酸可激活基因8(stimulated by retinoic acid gene 8)蛋白表达。视黄酸激活基因8是哺乳动物生殖细胞由有丝分裂转变为减数分裂前特异表达

基因,在个体生后至成年仅在睾丸减数分裂前的生殖细胞表达,常用来作为睾丸生殖细胞的生物标志物<sup>[8]</sup>。Malivindi等<sup>[9]</sup>研究结果发现,维生素A可保护精子免受活性氧(reactive oxygen species, ROS)损伤,这为维生素A作为治疗药物改善精子质量的有效性提供了证据。

## 2.2 维生素B9

叶酸又名维生素B9,是男性生精过程中所必需的维生素。精液中叶酸浓度显著高于血浆,是血浆叶酸浓度的1.5倍。叶酸缺乏与男性不育症的发生密切相关,主要是叶酸代谢酶编码基因上的单核苷酸多态性与男性不育相关<sup>[10-11]</sup>。通过外源性摄入叶酸,可显著提高男性不育患者精液质量。一项Meta分析结果显示,摄入叶酸男性的精子浓度,显著高于空白对照的安慰剂组,差异有统计学意义( $P<0.001$ )<sup>[12]</sup>,但是也应注意,不可过量补充叶酸。一项研究结果显示,叶酸缺乏和大剂量补充叶酸,对生殖细胞的发育和男性生殖健康均是有害的,部分原因是因为精子基因组DNA甲基化异常的缘故<sup>[13]</sup>。

## 2.3 维生素B12

维生素B12即钴胺素,是一类含有咕啉环的类咕啉化合物,也是一种人体必须通过外源性摄入的必需营养物质。维生素B12不仅具有增加精子数量的作用,还能提高精子活力和减少精子的DNA损伤,同时也可以增强男性生殖系统功能,从而提高男性生育力。Gual-Frau等<sup>[14]</sup>研究结果表明,I度精索静脉曲张(varicocele)的不育男性,若每天口服含有1  $\mu\text{g}$  维生素B12的复合维生素,持续口服3个月后,可使其精子DNA碎片率下降22.1%,而且可同时使精子数量有所增加。由此可见,外源性适当补充维生素B12,可以提高不育男性的精液质量,同时也为辅助生殖技术的临床研究,提供了新的治疗手段。在辅助生殖技术实施前给予弱精症患者维生素B12干预,有望改善妊娠结局,提高妊娠率。

## 2.4 维生素C

维生素C又名抗坏血酸,是水溶性抗氧化剂,也是血浆中最有效的抗氧化剂,易被氧化。对于维生素C影响男性生殖系统功能的作用机制,可能是精液中维生素C对精子DNA具有保护作用的缘故。精液中高浓度维生素C可使精子内的重要成分免受氧自由基损伤,同时保护精子免受其他有害物质所致的基因损伤,这种损伤极有可能使其后代罹患遗传性疾病或癌症。Rafiee等<sup>[15]</sup>研究结果显

示,男性摄取维生素C可显著提高精子浓度和活跃度。Cyrus等<sup>[16]</sup>研究结果显示,维生素C可改善精子活力和形态,在不育男性精索静脉曲张术后,可起到辅助治疗男性不育的作用。

## 2.5 维生素D

维生素D作为一种脂溶性激素,是人体必需的营养物质,不仅参与机体细胞内钙稳态(calcium homeostasis)、骨代谢,调控细胞增殖、分化及调节免疫应答等多种生理进程,而且机体维生素D缺乏还与癌症、自身免疫性疾病、心血管疾病发生风险增加有关。Hofer等<sup>[17]</sup>通过微阵列芯片技术检测结果显示,63个与睾酮合成和维生素D代谢相关基因,均受到体内维生素D调控,这种调控作用主要由维生素受体D/类视黄醇X受体(retinoid X receptor)激活引发,而调控睾酮合成相关基因,可能是维生素D对睾酮影响的作用机制之一。维生素D缺乏会导致精子活力下降,这个结论已经被很多研究证实<sup>[18]</sup>。

## 2.6 维生素E

ROS属于体内高活性分子,包括超氧阴离子自由基( $\cdot\text{O}_2^-$ )、羟自由基( $\cdot\text{OH}$ )和过氧化氢( $\text{H}_2\text{O}_2$ )等。ROS不仅参与细胞凋亡、坏死,还可参与细胞间信号转导,影响基因表达,从而促进细胞增殖、分化,抑制细胞凋亡。若机体ROS含量过高,则可导致精子结构与功能异常。因此,抗氧化药物的应用在男性不育治疗中日益受到重视<sup>[19]</sup>。

维生素E又被称为生育酚,是人体内最主要的抗氧化剂之一。维生素E作为脂溶性抗氧化剂和自由基清除剂,主要对抗生物膜上脂质过氧化所产生的自由基,保护生物膜的结构和功能。维生素E的生理作用包括抗炎、维持机体正常免疫功能和抑制细胞增殖等,并可通过其他抗氧化剂,如维生素C、谷胱甘肽及微量元素硒的协同作用,增强其清除和防御ROS的过氧化损伤作用。已证实,维生素E是生育过程中的必需营养成分,也是生殖系统最基本的抗氧化物质。Mohammadi等<sup>[20]</sup>研究结果发现,对于不育男性采取维生素E治疗措施,可以显著改善其精子质量,尤其是在改善精子活力、数量和形态方面具有显著作用。《维生素E在男性不育临床应用专家共识(2014)》指出,维生素E治疗男性不育安全有效,值得临床推广使用<sup>[21]</sup>。

## 3 其他重要辅助营养素

### 3.1 左旋肉碱

肉碱(carnitine)又被称为肉毒碱、卡尼汀或维



生素 BT, 是游离脂肪酸进入线粒体氧化场所的唯一载体, 其主要功能是携带、转运活化脂肪酸, 特别是长链脂肪酸, 穿越线粒体膜, 进入线粒体内进行  $\beta$ -氧化和三羧酸循环, 为机体各种代谢活动提供能量。肉碱包括左旋肉碱(L-carnitine)、右旋肉碱2种异构体, 在人体内具有生物活性的是左旋肉碱。左旋肉碱在临床用于心脏病、糖尿病、肾脏透析患者的治疗, 近年尤其用于男子不育症的治疗, 并取得较大进展。2007年中华医学会制定的《男性不育诊治指南》中, 已明确了左旋肉碱在男性不育治疗中的重要价值。左旋肉碱作为一种有效的抗氧化剂, 可阻止 ROS 产生及清除 ROS, 保护精子免受氧化损伤<sup>[22]</sup>。Abad 等<sup>[23]</sup> 研究结果发现, 左旋肉碱有助于维持精子 DNA 完整性, 联合维生素 C、E 等抗氧化剂治疗后, 不仅可提高精子活力和正常形态精子比例, 而且具有清除 DNA 受损细胞, 降低 DNA 损伤作用。易湛苗等<sup>[24]</sup> 研究结果显示, 左卡尼汀可提高精子活动率及前向运动精子率, 而且对该药用于男性不育治疗的临床推荐强度为 II a 级。牛玉森<sup>[25]</sup> 研究结果显示, 左卡尼汀还可明显增加精子浓度。

### 3.2 番茄红素

番茄红素又被称为  $\psi$ -胡萝卜素, 属于异戊二烯类化合物, 是类胡萝卜素的一种。番茄红素由于最早从番茄中分离制得, 故此得名。机体过量生成含氧自由基的 ROS, 被认为是导致男性不育的原因之一。番茄红素是一种具有较强清除 ROS 活性的天然类胡萝卜素, 可防止氧化应激引起的精子数量和形态改变, 从而保护雄性生殖细胞的功能<sup>[26]</sup>。Ghyasvand 等<sup>[27]</sup> 研究结果显示, 不育男性血清番茄红素水平显著低于生殖功能正常的男性, 并且差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。徐胜旗<sup>[28]</sup> 研究结果显示, 不育男性的血浆、精浆番茄红素浓度, 均显著低于生殖功能正常的男性, 并且差异有统计学意义( $P < 0.005$ )。由此可见, 血浆、精浆番茄红素浓度, 可以影响精子活力, 是导致男性不育的原因之一。

### 3.3 氨基酸

蛋白质是维持生命不可缺少的物质。人体组织、器官由细胞构成, 细胞结构的主要成分为蛋白质。机体生长、组织修复、各种酶和激素对体内生化反应的调节、抵御疾病抗体的组成、维持人体内环境渗透压平衡、传递遗传信息, 无一不是蛋白质在起作用。氨基酸是蛋白质的组成成分, 在人体营养和生理作用中占有重要地位, 机体对蛋白质的需求实际上就是对氨基酸的需求。动物试验结果表明, 食物中适当添加氨基酸, 可提高雄性实验动物

的精液质量<sup>[29-31]</sup>。

### 3.4 辅酶 Q10

辅酶 Q10 也被称为泛醌, 是线粒体电子传递链的重要组成部分, 参与细胞有氧呼吸, 产生 ATP。心、肝和肾等高耗能器官的组织细胞中, 具有高浓度辅酶 Q10。辅酶 Q10 还是机体的一种重要内源性脂溶性抗氧化剂。正常生理条件下, 精液中 ROS 的产生与消除处于动态平衡状态, 并且适量 ROS 对于精子某些正常生理活动, 如获能、顶体反应等是必不可少的。在某些病理情况下, 若各种 ROS 自由基的生成超过机体抗氧化系统清除能力, 则上述动态平衡被打破, 进而引起精子膜、DNA 和蛋白质的氧化损伤。Safarinejad<sup>[32]</sup> 对于特发性不育男性患者采取给予剂量为 300 mg 辅酶 Q10, 每日口服 2 次的治疗措施, 持续治疗 12 个月后, 可使平均精子浓度、精子进行性运动及形态正常精子数分别提高了 113.7%、104.8% 和 78.9%。一项关于辅酶 Q10 治疗特发性男性不育的 Meta 分析结果也显示, 辅酶 Q10 补充治疗可显著改善这类患者的精子浓度及精子能动性<sup>[33]</sup>。

### 3.5 果糖

精浆果糖由血液中葡萄糖通过酶促反应在精囊中转变而成, 是供精子利用的主要能量物质。精子纤维收缩所需要的 ATP 主要依靠果糖提供。因此, 作为精子能量的主要来源, 精浆果糖浓度与活动精子数量、活动力密切相关, 同时也可由精浆果糖浓度判断其精囊腺的功能<sup>[34]</sup>。精子浓度越高, 其运动消耗的果糖越多, 少精子症患者由于精子数量少, 消耗的能量少。尹彪等<sup>[35]</sup> 研究结果发现, 果糖含量与精子浓度呈负相关关系( $P < 0.05$ )。李耀雄等<sup>[36]</sup> 研究结果发现, 精浆果糖浓度正常男性的精子浓度, 显著低于果糖浓度异常者, 并且差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 二者前向运动精子率及精子总活力比较, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。毛冉等<sup>[37]</sup> 对精浆果糖含量研究的结果显示, 102 例生育功能正常男性的精浆果糖含量为  $(3.36 \pm 1.36)$  mg/mL, 118 例少、弱精子症男性的精浆果糖含量为  $(1.23 \pm 0.94)$  mg/mL, 二者比较, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。由此可见, 对于精浆果糖水平与精子活动率的关系, 目前研究结果尚不统一。Animals 等<sup>[38]</sup> 研究果糖作为精子运动调节剂对体外受精中精子细胞数量的影响发现, 当临床进行体外受精时, 若使用含 2.85% 果糖溶液时, 可获得最理想的精子活动率的理论结果。因此我们推测, 精浆果糖浓度过高或过低, 可能均可导致精子活力下

降,这需要更多后续研究予以证实。

### 3.6 柠檬酸

柠檬酸来自于前列腺,以精浆含量为高,其作用是络合钙离子,从而调节精浆钙离子浓度,并影响射精后精液凝固及液化过程,对精子活力及透明质酸酶活性具有重要作用。彭冰洁等<sup>[39]</sup>选择394例不育男性患者为研究对象,纳入研究组,将181例已育男性纳入对照组,对2组受试者精浆生化指标进行检测的结果显示,对照组精浆柠檬酸浓度显著高于研究组,并且差异有统计学意义( $P<0.05$ )。这说明,精浆柠檬酸对男育生育功能具有影响。

综上所述,对备孕男性合理补充营养素,对其生殖内分泌功能具有至关重要的作用。为了能完成生育,特别是达到优生优育的目的,男性在备孕阶段,应该重视有关营养素的合理补充。合理膳食是营养素补充的基本保障。目前对于女性孕前身体调养方案研究较多,而对于备孕男性营养素合理补充的相关研究则相对较少,国外对备孕男性营养素补充产品有一些研究,这些产品对备孕男性及不育男性患者营养素补充、相关治疗均具有一定指导意义。但是,我国作为人口大国,特别是国家全面两孩政策的实施,笔者认为,我国对于备孕男性营养素的合理补充的研究尚需加强,虽然男性在备孕阶段,应该重视有关营养素的合理补充,但是必须在有充分研究数据支持的条件下,采取合理的营养素补充措施。

### 参 考 文 献

- [1] Fallah A, Mohammad-Hasani A, Colagar AH. Zinc is an essential element for male fertility: a review of Zn Roles in men's health, germination, sperm quality, and fertilization [J]. J Reprod Infertil, 2018, 19(2): 69-81.
- [2] Wang YX, Wang P, Feng W, et al. Relationships between seminal plasma metals/metalloids and semen quality, sperm apoptosis and DNA integrity[J]. Environ Pollut, 2017, 224: 224-234.
- [3] Khan MS, Zaman S, Sajjad M, et al. Assessment of the level of trace element zinc in seminal plasma of males and evaluation of its role in male infertility[J]. Int J Appl Basic Med Res, 2011, 1(2): 93-96.
- [4] Hashemi MM, Behnampour N, Nejabat M, et al. Impact of seminal plasma trace elements on human sperm motility parameters[J]. Rom J Intern Med, 2018, 56(1): 15-20.
- [5] 袁玉珲, 王丽, 魏学文, 等. 男性不育症精液微量元素与精子密度及精子活动力的关系[J]. 国际检验医学杂志, 2015, 36(23): 3409-3410.
- [6] Cao Z, Shao B, Xu F, et al. Protective effect of selenium on aflatoxin B1-induced testicular toxicity in mice[J]. Biol Trace Elem Res, 2017, 180(2): 233-238.
- [7] Marzec-Wróblewska U, Kamiński P, Łakota P, et al. The employment of IVF techniques for establishment of sodium, copper and selenium impact upon human sperm quality[J]. Reprod Fertil Dev, 2015, 28(10): 1518-1525.
- [8] Zhou Q, Nie R, Li Y, et al. Expression of stimulated by retinoic acid gene 8 (Stra8) in spermatogenic cells induced by retinoic acid: an *in vivo* study in vitamin A-sufficient postnatal murine testes[J]. Biol Reprod, 2008, 79(1): 35-42.
- [9] Malivindi R, Rago V, De Rose D, et al. Influence of all-trans retinoic acid on sperm metabolism and oxidative stress: its involvement in the physiopathology of varicocele-associated male infertility [J]. J Cell Physiol, 2018, 233(12): 9526-9537.
- [10] Najafipour R, Moghbelinejad S, Aleyasin A, et al. Effect of B9 and B12 vitamin intake on semen parameters and fertility of men with MTHFR polymorphisms[J]. Andrology, 2017, 5(4): 704-710.
- [11] Mfady DS, Sadiq MF, Khabour OF, et al. Associations of variants in MTHFR and MTRR genes with male infertility in the Jordanian population[J]. Gene, 2014, 536(1): 40-44.
- [12] Irani M, Amirian M, Sadeghi R, et al. The effect of folate and folate plus Zinc supplementation on endocrine parameters and sperm characteristics in sub-fertile men: a systematic review and Meta-analysis [J]. Urol J, 2017, 14(5): 4069-4078.
- [13] Ly L, Chan D, Aarabi M, et al. Intergenerational impact of paternal lifetime exposures to both folic acid deficiency and supplementation on reproductive outcomes and imprinted gene methylation[J]. Mol Hum Reprod, 2017, 23(7): 461-477.
- [14] Gual-Frau J, Abad C, Amengual MJ, et al. Oral antioxidant treatment partly improves integrity of human sperm DNA in infertile grade I varicocele patients [J]. Hum Fertil (Camb), 2015, 18(3): 225-229.
- [15] Rafiee B, Morowvat MH, Rahimi-Ghalati N. Comparing the effectiveness of dietary vitamin C and exercise interventions on fertility parameters in normal obese men[J]. Urol J, 2016, 13(2): 2635-2639.
- [16] Cyrus A, Kabir A, Goodarzi D, et al. The effect of adjuvant vitamin C after varicocele surgery on sperm quality and quantity in infertile men: a double blind placebo controlled clinical trial[J]. Int Braz J Urol, 2015, 41(2): 230-238.
- [17] Hofer D, Münzker J, Schwetz V, et al. Testicular synthesis and vitamin D action[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2014, 99(10): 3766-3773.
- [18] Abbasihormozi S, Kouhkan A, Alizadeh AR, et al. Association of vitamin D status with semen quality and reproductive hormones in Iranian subfertile men [J]. Andrology, 2017, 5(1): 113-118.
- [19] 宾彬, 陆海旺, 王杰, 等. 抗氧化中西药治疗男性不育症研究进展[J]. 四川中医, 2013, 36(8): 185-188.
- [20] Mohammadi S, Jalali M, Nikravesheh MR, et al. Effects of

- vitamin-E treatment on *CatSper* genes expression and sperm quality in the testis of the aging mouse[J]. Iran J Reprod Med, 2013, 11(12): 989-998.
- [21] 姜辉, 邓春华, 商学军, 等. 维生素 E 在男性不育中临床应用专家共识(2014 版)[J]. 中华男科学杂志, 2015, 21(3): 277-279.
- [22] Walczak-Jedrzejowska R, Wolski JK, Slowikowska-Hilczek J. The role of oxidative stress and antioxidants in male fertility[J]. Cent European J Urol, 2013, 66(1): 60-67.
- [23] Abad C, Amengual MJ, Gosálvez J, et al. Effects of oral antioxidant treatment upon the dynamics of human sperm DNA fragmentation and subpopulations of sperm with highly degraded DNA[J]. Andrologia, 2013, 45(3): 211-216.
- [24] 易湛苗, 董淑杰, 翟所迪, 等. 左卡尼汀及其衍生物临床应用的循证证据及评价[J]. 中国药物应用与监测, 2013, 10(2): 71-74.
- [25] 牛玉森. 左旋肉碱治疗男性不育症有效性的 Meta 分析[J]. 兰州大学学报(医学版), 2014, 40(2): 41-46.
- [26] Tvrdá E, Kováčik A, Tušimová E, et al. Antioxidant efficiency of lycopene on oxidative stress - induced damage in bovine spermatozoa [J]. J Anim Sci Biotechnol, 2016, 7(1): 50.
- [27] Ghyasvand T, Goodarzi MT, Amiri I, et al. Serum levels of lycopene, beta-carotene, and retinol and their correlation with sperm DNA damage in normospermic and infertile men [J]. Int J Reprod Biomed (Yazd), 2015, 13(12): 787-792.
- [28] 徐胜旗. 不育症患者与正常人群血浆、精浆中番茄红素浓度差异性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [29] Chen JQ, Li YS, Li ZJ, et al. Dietary L-arginine supplementation improves semen quality and libido of boars under high ambient temperature[J]. Animal, 2018, 12(8): 1611-1620.
- [30] Khiabani AB, Moghaddam G, Kia HD. Effects of adding different levels of glutamine to modified Beltsville extender on the survival of frozen rooster semen[J]. Anim Reprod Sci, 2017, 184: 172-177.
- [31] Dong HJ, Wu D, Xu SY, et al. Effect of dietary supplementation with amino acids on boar sperm quality and fertility[J]. Anim Reprod Sci, 2016, 172: 182-189.
- [32] Safarinejad MR. The effect of coenzyme Q10 supplementation on partner pregnancy rate in infertile men with idiopathic oligoasthenoteratozoospermia: an open-label prospective study [J]. Int Urol Nephrol, 2012, 44(3): 689-700.
- [33] Lafuente R, González-Comadrán M, Solà I, et al. Coenzyme Q10 and male infertility: a Meta-analysis[J]. J Assist Reprod Genet, 2013, 30(9): 1147-1156.
- [34] 田小燕. 不同类型精浆抗精子抗体对精液质量的影响[J]. 中国当代医药, 2014, 21(1): 129-130, 133.
- [35] 尹彪, 刘红杰, 赵明, 等. 精浆中锌、果糖和肉碱含量与精液参数的关系 [J]. 中华男科学杂志, 2013, 19(11): 1051-1053.
- [36] 李耀雄, 梁洁玲, 贺美, 等. 探讨精浆果糖及精液抗精子抗体与精子参数关系对男性不育患者的影响[J/CD]. 临床医药文献电子杂志, 2016, 3(37): 7355-7356.
- [37] 毛冉, 李清泉, 石剑华, 等. 不同糖类稀释液对低温保存杜泊羊鲜精的影响[J]. 家畜生态学报, 2015, 36(12): 24-28.
- [38] Adames MS, de Toledo CP, Neumann G, et al. Optimization of the sperm: oocyte ratio and sperm economy in the artificial reproduction of *Rhamdia quelen* using fructose as a sperm motility modulator [J]. Anim Reprod Sci, 2015, 161: 119-128.
- [39] 彭冰洁, 谢友元, 李辉玉, 等. 394 例男性不育患者前列腺功能检测与精液常规参数分析[J]. 世界最新医学信息文摘, 2016, 16(86): 26-27.

(收稿日期:2018-05-23 修回日期:2018-09-09)

王宝俊, 马乐, 王琳琳. 备孕男性的营养素合理补充[J/CD]. 中华妇幼临床医学杂志(电子版), 2018, 14(5):497-502.