

李大婧, 庞慧丽, 刘春泉. 叶黄素和玉米黄质对眼睛的保护作用研究进展[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9): 1-4.

# 叶黄素和玉米黄质对眼睛的保护作用研究进展

李大婧<sup>1,2</sup>, 庞慧丽<sup>2</sup>, 刘春泉<sup>1,3</sup>

[1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014; 2. 东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040;

3. 国家农业科技华东(江苏)创新中心-农产品加工工程技术研究中心, 江苏南京 210014]

**摘要:**叶黄素和玉米黄质属于含氧类胡萝卜素, 主要存在于深绿色蔬菜、蛋黄等物质中, 在人体的很多组织中也广泛分布, 是视网膜和晶状体中色素的主要成分。越来越多的流行病学和临床试验表明, 膳食、血液或视网膜中高含量的叶黄素和玉米黄质可以降低年龄相关性黄斑变性(AMD)及白内障的患病风险。本文综述了叶黄素和玉米黄质在预防和治疗 AMD 及白内障眼部疾病的研究进展。

**关键词:**叶黄素; 玉米黄质; 年龄相关性黄斑变性; 白内障; 保护

**中图分类号:** R-1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)09-0001-04

叶黄素和玉米黄质属于含氧类胡萝卜素, 分子式均为  $C_{40}H_{58}O_2$ , 二者在结构上互为同分异构体<sup>[1]</sup>, 主要存在于深绿色蔬菜(菠菜、羽衣甘蓝等)、蛋黄、玉米、柑橘类水果等中<sup>[2]</sup>, 人体不能直接合成。叶黄素和玉米黄质广泛分布在人体血清、肝脏等组织中, 其中视网膜黄斑中密度最高, 它们是阻止光暴露引起视网膜损伤的最有效成分。叶黄素主要沉积在视网膜中间凹部位, 而玉米黄质在视网膜中分布则较分散<sup>[3]</sup>, 2 种物质进入视网膜是由特定叶黄素结合蛋白介导的<sup>[4]</sup>。目前, 年龄相关性黄斑变性(age-related macular degeneration, AMD)和白内障是导致视力损害甚至失明的 2 种常见眼部疾病, 国内外已有很多叶黄素、玉米黄质与 AMD、白内障关系方面的研究。越来越多流行病学和临床试验表明, 膳食或血清中较高含量的叶黄素和玉米黄质可降低眼部疾病患病风险。本文综述了叶黄素和玉米黄质在预防和治疗 AMD 及白内障眼部疾病方面的研究进展。

## 1 AMD

在工业化国家, AMD 是导致 65 岁以上人群视力不可逆性丧失的主要原因<sup>[5]</sup>。尽管 AMD 发病机制尚不确定, 但越来越多证据表明 AMD 与氧化应激和累积蓝色光损伤有关。作为黄斑区主要色素, 叶黄素和玉米黄质可阻止 AMD 形成和发展。随着时间迁移, 光损伤不断累积, 黄斑部色素密度值(macular pigment optical density, MPOD)不断降低<sup>[6]</sup>。若 MPOD 不能恢复, 受损黄斑将逐渐发展成 AMD。

人们对膳食中叶黄素或玉米黄质含量与 AMD 关系进行了多组流行病学研究。Seddon 等报道, 每日约摄入含 6 mg 叶黄素和玉米黄质的果蔬后, AMD 患病风险降低 57%; 摄入菠

菜最多组患 AMD 的概率降低 86%, 而菠菜是叶黄素和玉米黄质特别丰富的食物<sup>[7]</sup>。Snellen 等发现, 叶黄素、玉米黄质摄入量与新生血管性 AMD 发病率间有明显的反剂量依赖性<sup>[8]</sup>。Moeller 等研究发现, 在年龄低于 75 岁的女性中, 摄入叶黄素和玉米黄质较多的个体患 AMD 的概率会降低 43%<sup>[9]</sup>。有研究发现, 摄入叶黄素和玉米黄质可降低 AMD 患病风险, 且 2 种物质摄入量与 AMD 发生率呈负相关<sup>[10]</sup>。Tan 等发现, 高于平均叶黄素和玉米黄质摄入量的受试者患软性或网状玻璃膜疣的风险降低, 最高组患新生血管性 AMD 概率降低 65%<sup>[11]</sup>。为探究 AMD 患者与叶黄素和玉米黄质摄入量的关系, Olea 等以 AMD 患者为研究对象开展了前瞻性的横断面研究, 结果发现, 79% AMD 患者的叶黄素和玉米黄质日常摄入量不足<sup>[12]</sup>。这几组研究结果证实, 叶黄素和玉米黄质摄入量不足会增加 AMD 患病风险, 膳食中较高含量的叶黄素和玉米黄质则可显著降低 AMD 患病风险。之后, Johnson 等分析美国健康和营养调查所用的食物中的叶黄素含量、玉米黄质含量并将所得数据录入营养数据库时发现, 所有受试组的玉米黄质摄入量都低于叶黄素摄入量, AMD 易发组更是如此; 而且 2 种物质的摄入量相差越小, 越能降低 AMD 患病风险<sup>[13]</sup>。

研究者还对血液或视网膜中叶黄素和玉米黄质含量与 AMD 患病风险的关系进行了研究。有研究发现, 血清中叶黄素和玉米黄质含量最高组患新生血管性 AMD 风险低于最低组<sup>[14]</sup>。赵珺彦等探讨了老年人群血浆中叶黄素浓度与 AMD 的关系, 发现叶黄素对 AMD 有一定预防作用<sup>[15]</sup>。Gale 等以英国 380 个老年人为研究对象, 发现 AMD 患者血浆中玉米黄质含量(而不是叶黄素或叶黄素+玉米黄质的含量)明显低于健康对照组<sup>[16]</sup>。Delcourt 等还发现, AMD 发病率与血浆中叶黄素或叶黄素+玉米黄质含量有一定关系, 且与血浆中玉米黄质的关系更显著<sup>[17]</sup>。Bone 等以 56 名 AMD 患者和 56 名健康个体为研究对象, 应用 HPLC 分析视网膜中以中心凹为中心的 3 个同心区域的叶黄素和玉米黄质含量, 也证实 AMD 患者视网膜中叶黄素和玉米黄质含量明显低于健康对照组; Logistic 回归分析表明, 含量最高人群比最低人群患 AMD 的风险降低 82%, 首次明确评价了视网膜中叶黄素和玉米黄质

收稿日期: 2013-05-28

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31101385)。

作者简介: 李大婧(1976—), 女, 黑龙江肇东人, 博士, 副研究员, 研究方向为食品营养化学。Tel: (025) 84391255; E-mail: lidajing@163.com。

通信作者: 刘春泉, 硕士, 研究员, 研究方向为农产品精深加工。Tel: (025) 84390613; E-mail: liuchunquan2009@163.com。

浓度与 AMD 患病风险的关系,直接支持了黄斑部叶黄素可预防 AMD 疾病这一观点<sup>[18]</sup>。董媛等对血清叶黄素水平与 AMD 的关系进行了 Meta 分析,也发现 AMD 患者的血清叶黄素水平低于正常组<sup>[19]</sup>。这些研究都表明,AMD 患病风险与血液或视网膜中的叶黄素或者玉米黄质或者叶黄素 + 玉米黄质含量有关。

然而,有些研究者持不同观点。Cho 等并未发现叶黄素和玉米黄质摄入量与 AMD 患病风险的负相关性<sup>[20]</sup>。Mares - Perlman 等发现,血清中叶黄素或玉米黄质含量与 AMD 患病率无关<sup>[21-22]</sup>。Robman 等甚至发现,日常膳食中摄入较多的叶黄素和玉米黄质会加快 AMD 发展<sup>[23]</sup>。这些不一致的结果可能是由于研究方法不同,如摄入量不同和受试者个体差异。

尽管流行病学研究仍不足以说明 AMD 发病机制以及叶黄素、玉米黄质对 AMD 的影响,但它们可阻止或延迟 AMD,这一观点已引起人们极大的关注。Landrum 等让 2 组试验对象通过膳食摄入 30 mg 游离叶黄素,20 d 后血清中叶黄素含量增加 10 倍,140 d 后 MPOD 分别增加 21%、39%<sup>[24]</sup>。Rosenthal 等报道,补充叶黄素 6 个月后,补充量为 2.5、5、10 mg/d 的 3 组人群血清中叶黄素浓度分别增加 2.0、2.9、4.0 倍<sup>[25]</sup>。Huang 等进行为期 9 个月的叶黄素和玉米黄质干预试验后发现,6 个月后血清中叶黄素含量增加 2~3 倍;AMD 患者血清中叶黄素浓度的增加幅度比非 AMD 患者小<sup>[26]</sup>。这些数据说明,增加膳食中叶黄素和玉米黄质摄入量后,血液中叶黄素和 MPOD 显著增加,进而有效延缓 AMD 形成和发展。Trieschmann 等研究发现,对干预组 108 名个体补充 12 mg/d 叶黄素和 1 mg/d 玉米黄质 6 个月,除发现受试者血浆中叶黄素和玉米黄质浓度与 MPOD 都显著增加外,还发现这 2 种指标增长程度不完全一致,血浆中叶黄素和玉米黄质浓度很高的 MPOD 增加不明显甚至没有增加,而血浆中叶黄素和玉米黄质浓度低的 MPOD 增加明显<sup>[27]</sup>。这说明增补叶黄素和玉米黄质后,肠道吸收情况并不是限制黄斑色素增加的原因,可能是某种饱和机制影响黄斑摄取叶黄素和玉米黄质,这可能与视网膜中叶黄素结合蛋白有关。之后,Yagi 等开展了随机双盲、安慰剂对照交互试验来检测口服叶黄素、玉米黄质对视力疲劳恢复的影响,补充试验后发现干预组血清中叶黄素和玉米黄质浓度增加,视觉疲劳的恢复速度加快<sup>[28]</sup>。Nolan 等以年龄在 18~41 岁的健康人群为研究对象,研究了叶黄素和玉米黄质能否增强视功能,总体来讲补充这 2 种物质可明显增加干预组的 MPOD,对受试者的视功能没有明显影响,但可提高与眩光恢复和对比灵敏度有关的视觉指标<sup>[29]</sup>。

此外,最近有研究发现补充叶黄素和玉米黄质可改善 AMD 患者视力。Richer 等对 90 名 AMD 患者进行了为期 1 年的膳食干预研究,发现补充 10 mg/d 叶黄素后,MPOD 比对照组高 50%,视力、对比灵敏度等视功能指标得到极大提高<sup>[30]</sup>。Cangemi 的研究结果<sup>[31]</sup>和早期研究结果一致,在超过 6 个月的叶黄素、玉米黄质和其他抗氧化剂补充试验后,受试者视力得到很大改善。之后,Parisi 等通过记录多焦视网膜电图评估补充剂对非晚期 AMD 患者和健康对照组视网膜功能的影响发现,AMD 患者补充 10 mg/d 叶黄素和 1 mg/d 玉米

黄质可以显著改善视网膜选择性功能障碍<sup>[32]</sup>。为确定日常增补玉米黄质能否增加 MPOD,能否改善早期 AMD 患者的视觉效果,Richer 等以平均年龄为 74.9 岁的轻度至中度 AMD 患者为研究对象开展了随机空白对照试验,发现受试者的 MPOD 增加,玉米黄质可通过提高以中心凹锥细胞为基础的视觉参数来改善视功能,这证实玉米黄质在中心凹的集中分布与中心凹的生理功能密切相关<sup>[33]</sup>。Ma 等进行了随机、双盲、安慰剂 - 对照试验来检测叶黄素和玉米黄质对早期 AMD 患者视网膜功能的影响,发现增补叶黄素和玉米黄质可改善早期 AMD 患者的视网膜功能异常症状<sup>[34]</sup>。Berrow 等的研究也证实补充叶黄素可提高早期 AMD 患者的视力,对其生活质量具有一定的保护作用<sup>[35-36]</sup>。为探究叶黄素和二十二碳六烯酸 (docosahexaenoic acid, DHA) 对 AMD 患者 MPOD 的影响,García - Layana 等将 44 名早期 AMD 患者随机分为 2 组,即服用安慰剂的对照组与服用叶黄素和 DHA 的试验组,发现对照组和试验组的平均 MPOD 分别增加 0.059、0.162<sup>[37]</sup>。此外,Murray 等选择英国曼彻斯特和荷兰马斯特里赫特地区的 72 名年龄为 (70.5 ± 8.7) 岁的早期 AMD 患者为研究对象,开展了为期 1 年的试验,以阐明增补叶黄素对早期 AMD 患者的影响,结果显示,增补叶黄素可增加早期 AMD 患者的 MPOD,减缓患者病情发展<sup>[38]</sup>。这些研究表明,补充叶黄素和玉米黄质,可增加早期 AMD 患者的 MPOD,改善其视网膜功能,延缓病情发展。

## 2 白内障

近 20 年来,随着人口老龄化,白内障发病率及患病总人数不断上升,是导致全世界高龄人群残疾的主要原因。在美国,每年有超过 100 万的白内障摘除术,且随着老年人口数量的增加,白内障发病率将增加 50%<sup>[39]</sup>。同时,白内障是我国第 1 位的致盲眼病,患者人数以 40 万 ~ 120 万人/年的速度增长<sup>[40]</sup>。叶黄素和玉米黄质在阻止晶状体氧化和预防白内障形成方面起重要作用。

有关膳食、血液或房水中叶黄素、玉米黄质与白内障患病风险的流行病学研究较多。Lyle 等研究发现,在 43~84 岁年龄段的人群中,叶黄素是检测到的唯一与核性白内障有关的类胡萝卜素<sup>[41]</sup>。增补叶黄素可减少 65 岁以下人群发生核混浊的风险,而对 65 岁以上的人群则无影响。Chasan - Taber 等研究发现,摄入叶黄素和玉米黄质可降低白内障摘除风险,而且增加富含叶黄素食物如菠菜、羽衣甘蓝摄入量可减少白内障的发生;但只有当叶黄素和玉米黄质摄入量达到对照组的 4 倍(对照组摄入量为 6.0 mg/d)时,才有显著效果<sup>[42-43]</sup>。Gale 等发现,血浆中叶黄素含量较高的个体患白内障的概率能降低 50%<sup>[44]</sup>。Vu 等以 3 271 名澳大利亚人为研究对象,结果证实,摄入较多的叶黄素和玉米黄质可降低核性白内障的患病风险,但对皮质性白内障和后囊下白内障无影响<sup>[45]</sup>。Moeller 等发现,摄入叶黄素和玉米黄质可使核性白内障患病的概率降低 23%,且这 2 种物质在血清中的含量与老龄女性的核性白内障患病风险有关<sup>[46]</sup>。Christen 等在对 35 551 名参与者进行长达 10 年的前瞻性研究中发现,叶黄素和玉米黄质摄入量与白内障患病风险呈明显的负相关<sup>[47]</sup>。褚俏梅等对年龄相关性白内障患者的房水标本进行叶黄素检测时发现,

随着患病程度的加重,房水中的叶黄素含量降低<sup>[48]</sup>。Karppi 等发现,血浆中高含量的叶黄素和玉米黄质可降低老年人群年龄相关性核性白内障的患病风险,其中血浆中叶黄素含量最高组和玉米黄质含量最高组患核性白内障风险分别比相应最低组降低 42%、41%<sup>[49]</sup>。综上所述,膳食、血液或房水中高含量的叶黄素和玉米黄质可降低核性白内障患病风险,且增加叶黄素和玉米黄质摄入量可预防白内障发生。

除此之外,有报道称叶黄素可延缓白内障发展。研究人员让白内障患者服用叶黄素 3 次/周、15 mg/次,2 年后发现白内障患者病情有明显改善<sup>[50]</sup>。Olmedilla 等发现,长期补充叶黄素的白内障患者血清中叶黄素及其代谢产物含量显著增加,各种视功能指标有所改善<sup>[51-52]</sup>。

### 3 总结与展望

越来越多流行病学和临床试验表明,膳食或血清中较高含量的叶黄素和玉米黄质可降低眼部疾病患病风险。这 2 种物质主要通过滤过蓝光和强抗氧化性来保护视网膜神经免受光氧化损伤,延缓一系列视网膜和晶状体病变的发展,最终预防或推迟年龄相关性眼部疾病和黄斑色素异常的发生。但相关研究结果并非完全一致,还需对叶黄素和玉米黄质预防和治疗特定眼部病变的功效益开展进一步研究,很有必要进行大规模、前瞻性的长期干预试验,同时确定叶黄素和玉米黄质的每日有效剂量。此外,叶黄素和玉米黄质的护眼机制尚不完全明确,还需要展开更多的深入研究加以阐明。

### 参考文献:

- [1] 李大婧,刘春泉,白云峰,等. 叶黄素、玉米黄质研究进展——叶黄素、玉米黄质的结构、性质和生物学功能[J]. 核农学报,2006,20(1):64-67.
- [2] Perry A, Rasmussen H, Johnson E J. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 22(1):9-15.
- [3] Schalch W, Cohn W, Barker F M, et al. Xanthophyll accumulation in the human retina during supplementation with lutein or zeaxanthin—the LUXEA (lutein xanthophyll eye accumulation) study[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 2007, 458(2):128-135.
- [4] Billsten H H, Bhosale P, Yemelyanov A, et al. Photophysical properties of xanthophylls in carotenoproteins from human retinas[J]. Photochemistry and Photobiology, 2003, 78(2):138-145.
- [5] Friedman D S, O'Colmain B J, Muñoz B, et al. Prevalence of age-related macular degeneration in the United States[J]. Archives of Ophthalmology, 2004, 122(4):564-572.
- [6] Hammond B R, Wooten B R, Snodderly D M. Preservation of visual sensitivity of older subjects; association with macular pigment density[J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 1998, 39(2):397-406.
- [7] Seddon J M, Ajani U A, Sperduto R D, et al. Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. Eye disease case-control study group[J]. Journal of the American Medical Association, 1994, 272(18):1413-1420.
- [8] Snellen E M, Verbeek A M, van den Hoogen G P, et al. Neovascular age-related macular degeneration and its relationship to antioxidant intake[J]. Acta Ophthalmologica Scandinavica, 2002, 80(4):368-371.
- [9] Moeller S M, Parekh N, Tinker L, et al. Associations between intermediate age-related macular degeneration and lutein and zeaxanthin in the Carotenoids in Age-related Eye Disease Study (CAREDS): ancillary study of the Women's Health Initiative[J]. Archives of Ophthalmology, 2006, 124(8):1151-1162.
- [10] SanGiovanni J P, Chew E Y, Clemons T E, et al. The relationship of dietary carotenoid and vitamin A, E, and C intake with age-related macular degeneration in a case-control study: AREDS Report No. 22[J]. Archives of Ophthalmology, 2007, 125(9):1225-1232.
- [11] Tan J S, Wang J J, Flood V, et al. Dietary antioxidants and the long-term incidence of age-related macular degeneration: the Blue Mountain Eye Study[J]. Ophthalmology, 2008, 115(2):334-341.
- [12] Olea J L, Aragón J A, Zapata M E, et al. Characteristics of patients with wet age-related macular degeneration and low intake of lutein and zeaxanthin[J]. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología, 2012, 87(4):112-118.
- [13] Johnson E J, Maras J E, Rasmussen H M, et al. Intake of lutein and zeaxanthin differ with age, sex, and ethnicity[J]. Journal of the American Dietetic Association, 2010, 110(9):1357-1362.
- [14] Eye Disease Case-control Study Group. Antioxidant status and neovascular age-related degeneration[J]. Archives of Ophthalmology, 1993, 111(1):104-109.
- [15] 赵珩彦, 翟鹏贵, 邱新文, 等. 叶黄素血浆浓度与老年性黄斑变性关系的相关性研究[J]. 临床眼科杂志, 2008, 16(4):349-351.
- [16] Gale C R, Hall N F, Phillips D I, et al. Lutein and zeaxanthin status and risk of age-related macular degeneration[J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2003, 44(6):2461-2465.
- [17] Delcourt C, Carrière I, Delage M, et al. Plasma lutein and zeaxanthin and other carotenoids as modifiable risk factors for age-related maculopathy and cataract: the POLA Study[J]. Invest Ophthalmology Vision Science, 2006, 47(6):2329-2335.
- [18] Bone R A, Landrum J T, Mayne S T, et al. Macular pigment in donor eyes with and without AMD: a case-control study[J]. Investigative Ophthalmology & Visual Science, 2001, 42(1):235-240.
- [19] 董媛, 张福东, 王涛, 等. 血清叶黄素水平与老年性黄斑变性关系的 Meta 分析[J]. 中国预防医学杂志, 2012, 13(7):492-496.
- [20] Cho E, Hankinson S E, Rosner B, et al. Prospective study of lutein/zeaxanthin intake and risk of age-related macular degeneration[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2008, 87(6):1837-1843.
- [21] Mares-Pelerman J A, Brady W E, Klein R, et al. Serum antioxidants and age-related macular degeneration in a population-based case-control study[J]. Archives of Ophthalmology, 1995, 113(12):1518-1523.
- [22] Dasch B, Fuhs A, Schmidt J, et al. Serum levels of macular carotenoids in relation to age-related maculopathy: the Muenster Aging and Retina Study (MARS)[J]. Graefes's Archive Clinical Experimental Ophthalmology, 2005, 243(10):1028-1035.
- [23] Robman L, Vu H, Hodge A, et al. Dietary lutein, zeaxanthin, and fats and the progression of age-related macular degeneration[J]. Canadian Journal of Ophthalmology, 2007, 42(5):720-726.

- [24] Landrum J T, Bone R A, Joa H, et al. A one year study of the macular pigment; the effect of 140 days of a lutein supplement [J]. *Experimental Eye Research*, 1997, 65 (1) : 57 – 62.
- [25] Rosenthal J M, Kim J, de Monasterio F, et al. Dose – ranging study of lutein supplementation in persons aged 60 years or older [J]. *Invest Ophthalmology & Visual Science*, 2006, 47 ( 12 ) : 5227 – 5233.
- [26] Huang L L, Coleman H R, Kim J, et al. Oral supplementation of lutein/zeaxanthin and omega – 3 long chain polyunsaturated fatty acids in persons aged 60 years or older, with or without AMD [J]. *Invest Ophthalmology & Visual Science*, 2008, 49 (9) : 3864 – 3869.
- [27] Trieschmann M, Beatty S, Nolan J M, et al. Changes in macular pigment optical density and serum concentrations of its constituent carotenoids following supplemental lutein and zeaxanthin; the LUNA study [J]. *Experimental Eye Research*, 2007, 84 (4) : 718 – 728.
- [28] Yagi A, Fujimoto K, Michihiro K, et al. The effect of lutein supplementation on visual fatigue: a psychophysiological analysis [J]. *Applied Ergonomics*, 2009, 40 (6) : 1047 – 1054.
- [29] Nolan J M, Loughman J, Akkali M C, et al. The impact of macular pigment augmentation on visual performance in normal subjects: COMPASS [J]. *Vision Research*, 2011, 51 (5) : 459 – 469.
- [30] Richer S, Stiles W, Statkute L, et al. Double – masked, placebo – controlled, randomized trial of lutein and antioxidant supplementation in the intervention of atrophic age – related macular degeneration; the veterans LAST ( lutein antioxidant supplementation trial ) study [J]. *Optometry*, 2004, 75 (4) : 216 – 230.
- [31] Cangemi F E. TOZAL study; an open case control study of an oral antioxidant and omega – 3 supplement for dry AMD [J]. *BMC Ophthalmology*, 2007, 7 (1) : 3.
- [32] Parisi V, Tedeschi M, Gallinaro G, et al. Carotenoids and antioxidants in age – related maculopathy Italian study [J]. *Ophthalmology*, 2008, 115 (2) : 324 – 333.
- [33] Richer S P, Stiles W, Graham – Hoffman K, et al. Randomized, double – blind, placebo – controlled study of zeaxanthin and visual function in patients with atrophic age – related macular degeneration; the zeaxanthin and visual function study (ZVF) FDA IND 78, 973 [J]. *Optometry*, 2011, 82 (11) : 667 – 680.
- [34] Ma L, Dou H L, Huang Y M, et al. Improvement of retinal function in early age – related macular degeneration after lutein and zeaxanthin supplementation; a randomized, double – masked, placebo – controlled trial [J]. *American Journal of Ophthalmology*, 2012, 154 (4) : 625 – 634.
- [35] Berrow E J, Bartlett H E, Eperjesi F, et al. The effects of a lutein – based supplement on objective and subjective measures of retinal and visual function in eyes with age – related maculopathy—a randomised controlled trial [J]. *British Journal of Nutrition*, 2013, 109 (11) : 2008 – 2014.
- [36] 马 乐, 闫少芳, 黄咏木, 等. 叶黄素干预对早期老年黄斑变性患者生活质量的影响 [J]. *营养学报*, 2012, 34 (04) : 327 – 331.
- [37] García – Layana A, Recalde S, Alamán A S, et al. Effects of lutein and docosahexaenoic acid supplementation on macular pigment optical density in a randomized controlled trial [J]. *Nutrients*, 2013, 5 (2) : 543 – 551.
- [38] Murray I J, Makridaki M, van der Veen R L, et al. Lutein supplementation over a one – year period in early AMD might have a mild beneficial effect on visual acuity; the CLEAR study [J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2013, 54 (3) : 1781 – 1788.
- [39] Wong T Y, Klein B E, Klein R, et al. Refractive errors and incident cataracts; the Beaver Dam Eye Study [J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2001, 42 (7) : 1449 – 1454.
- [40] 吴菁漪, 栾 洁. 白内障与氧化损伤 [J]. *现代医学*, 2010, 38 (3) : 306 – 310.
- [41] Lyle B J, Mares – Perlman J A, Klein B E, et al. Antioxidant intake and risk of incident age – related nuclear cataracts in the Beaver Dam Eye Study [J]. *American Journal of Epidemiology*, 1999, 149 (9) : 801 – 809.
- [42] Chasan – Taber L, Willett W C, Seddon J M, et al. A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 70 (4) : 509 – 516.
- [43] Brown L, Rimm E B, Seddon J M, et al. A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 70 (4) : 517 – 524.
- [44] Gale C R, Hall N F, Phillips D I, et al. Plasma antioxidant vitamins and carotenoids and age – related cataract [J]. *Ophthalmology*, 2001, 108 (11) : 1992 – 1998.
- [45] Vu H T, Robman L, Hodge A, et al. Lutein and zeaxanthin and the risk of cataract; the Melbourne Visual Impairment Project [J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2006, 47 (9) : 3783 – 3786.
- [46] Moeller S M, Volland R, Tinker L, et al. Associations between age – related nuclear cataract and lutein and zeaxanthin in the diet and serum in the Carotenoids in the Age – Related Eye Disease Study, an Ancillary Study of the Women's Health Initiative [J]. *Archives of Ophthalmology*, 2008, 126 (3) : 354 – 364.
- [47] Christen W G, Liu S, Glynn R J, et al. Dietary carotenoids, vitamins C and E, and risk of cataract in women: a prospective study [J]. *Archives of Ophthalmology*, 2008, 126 (1) : 102 – 109.
- [48] 褚俏梅, 李方都, 曹西友, 等. 年龄相关性白内障房水中叶黄素的含量分析 [J]. *中国实用眼科杂志*, 2012, 30 (6) : 715 – 717.
- [49] Karppi J, Laukkanen J A, Kurl S. Plasma lutein and zeaxanthin and the risk of age – related nuclear cataract among the elderly finnish population [J]. *British Journal of Nutrition*, 2012, 108 (1) : 148 – 154.
- [50] 程雪冰. 长期补充天然叶黄素可改善白内障 [J]. *国外医学: 社会医学分册*, 2004, 21 (4) : 187.
- [51] Olmedilla B, Granado F, Blaco I, et al. Lutein in patients with cataracts and age – related macular degeneration; a long – term supplementation study [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2001, 81 (9) : 904 – 909.
- [52] Olmedilla B, Granado F, Blaco I, et al. Lutein but not alphanatocopherol, supplementation improves visual function in patients with age – related cataracts; a 2 year double – blind, placebo – controlled pilot study [J]. *Nutrition*, 2003, 19 (1) : 21 – 24.