

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2017.06.11

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2017.06.11>

## 叶黄素类物质对视觉功能的保护作用及其在青少年 视力维护中的应用

姚璐<sup>1</sup> 综述 齐林嵩<sup>2</sup> 审校

(1. 第四军医大学航空航天医学系航空航天卫生学教研室, 西安 710032;

2. 中国人民解放军空军总医院体检队眼科, 北京 100142)

**[摘要]** 叶黄素类物质为膳食类胡萝卜素, 主要存在于视网膜组织中, 为黄斑色素发挥抗氧化活性和蓝光滤过作用。近年来, 有研究证实, 叶黄素类物质可降低色差, 提高视力及对比敏感度等功能, 并对于年龄相关性黄斑变性、视网膜光损伤等疾病具有防治作用。

**[关键词]** 叶黄素; 青少年视力; 近视; 视觉功能维护

## Protective effect of xanthophylls on visual function and its application in adolescent vision maintenance

YAO Lu<sup>1</sup>, QI Linsong<sup>2</sup>

(1. Department of Aerospace Hygiene, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032;

2. Department of Aviation Physical Examination, Air Force General Hospital, Beijing 100142, China)

**Abstract** Xanthophylls is a kind of dietary carotenoid, which is mainly located in retina, and plays an important role in antioxidant and blue light filtration. Lutein, zeaxanthin and meso-zeaxanthin can enhance visual performance by decreasing chromatic aberration and enhancing contrast sensitivity, and they can also prevent age-related macular degeneration and retinal light-induced injury.

**Keywords** lutein; adolescent vision; myopia; maintenance of visual function

视觉功能质量是青少年身心健康的重要部分, 近视已成为青少年健康的重要威胁之一。据报道<sup>[1]</sup>: 我国青少年近视发病率已高达50%~60%, 约占世界近视患者总数的30%, 远高于我国与世界

人口总数比例22%。世界卫生组织的数据<sup>[1]</sup>表明: 未矫正或矫正不足的屈光不正是目前导致视觉障碍的最主要因素, 且近视人群所占的比例最高, 其在全世界范围内都呈逐年上升趋势, 已经成为

收稿日期 (Date of reception): 2017-05-28

通信作者 (Corresponding author): 齐林嵩, Email: qilinsong06@gmail.com

基金项目 (Foundation item): 空军总医院科研课题 (KZ2016018)。This work was supported by General Hospital of the Air Force Research Project Foundation, China (KZ2016018).

全世界广泛关注的问题。并且, 较差的深层次视觉功能, 如对比敏感度、立体视觉等, 同样影响青少年学习和工作能力, 甚至限制其从事某些特定的事业<sup>[2-3]</sup>。近年来, 许多研究<sup>[4-6]</sup>表明: 叶黄素类物质可有效缓解视疲劳, 提高视觉敏感度、降低色差、增强对比敏感度等, 其机制可能与叶黄素类的光滤过和抗氧化作用相关。本文就叶黄素类物质在人眼中的分布、对视觉功能的影响进行回顾总结, 并对其在青少年视力维护可能存在的作用进行分析。

## 1 叶黄素类物质在人眼中的分布

类胡萝卜素是天然色素的一部分, 具有近蓝紫光的吸收光谱, 在人体中主要位于视网膜组织中。类胡萝卜素按其化学结构和溶解性分为胡萝卜素类和叶黄素类, 后者包括叶黄素和玉米黄素。叶黄素和玉米黄素无法在体内合成, 只能通过日常饮食来获取, 主要来自于深绿色叶蔬菜、橙子等黄色水果和蔬菜<sup>[7]</sup>。人眼视网膜组织色素层是由叶黄素类物质构成, 包括叶黄素、玉米黄素及内消旋玉米黄素, 后者是叶黄素的一种代谢产物, 但也可以从饮食中获得。这些色素主要集中在分布于视网膜的黄斑区, 特别是黄斑中心凹, 即人类视觉最敏锐的区域。有研究<sup>[8]</sup>表明: 在黄斑中心凹区域, 玉米黄素的含量与叶黄素的比值约为2.4:1, 而越往视网膜周边叶黄素含量所占比例越高, 玉米黄素的含量比例则有很大的下降, 在视网膜的周边, 玉米黄素与叶黄素含量的比值为1:2。Bone等<sup>[9]</sup>研究发现: 在黄斑中心凹, 玉米黄素与内消旋玉米黄素是共同存在的, 并且, 这3种色素在黄斑区几乎是等量存在。内消旋玉米黄素曾被认为是叶黄素的代谢产物, 只存在于视网膜组织中, 而叶黄素与玉米黄素除存在于视网膜中, 还被发现存在于血清或肝中。然而, 许多近期研究<sup>[10]</sup>发现: 血清中同样存在内消旋玉米黄素, 且口服内消旋玉米黄素可提高其在黄斑区的含量, 这提示内消旋玉米黄素可被吸收, 并随血液运送到视网膜组织。

沉积于黄斑区的叶黄素类色素也被称为黄斑色素, 黄斑色素主要集中在外丛状层和内丛状层。叶黄素和玉米黄素的最高吸收峰在460 nm处, 这使它们可吸收短波长高能量的蓝色光, 以减少其对内层视网膜的损害, 也可降低外层视网

膜的光化学损伤<sup>[11]</sup>。叶黄素和玉米黄素在视网膜视锥、视杆细胞的外节也有分布, 它们作为抗氧化剂用以清除过量的氧自由基, 进而减轻视网膜中脂质过氧化的有害作用<sup>[12-13]</sup>。在结构上, 叶黄素和玉米黄素仅一个双键不同, 但在作用上, 两个却各有侧重点<sup>[14]</sup>。相对于叶黄素, 玉米黄素、内消旋玉米黄素具有更强的抗氧化作用, 而叶黄素具有更强的光滤过作用<sup>[15,16]</sup>。此外, 叶黄素、玉米黄素和内消旋玉米黄素的作用也与其在视网膜中的分布具有相关性, 玉米黄素和内消旋玉米黄素更多的分布于视锥细胞密度高以及氧化应激损伤更严重的区域, 主要充当抗氧化物质, 清除氧化产物; 叶黄素则相对集中在视杆细胞密度高的区域, 主要发挥光滤过作用。黄斑色素的这些重要的作用可减轻视网膜的氧化应激损害、提高视敏度, 进而保证视网膜正常工作的进行。

## 2 黄斑色素与视觉功能

近年来大量的研究<sup>[4-6]</sup>表明: 黄斑色素可通过多个方面提高视觉功能。蓝光的滤过作用可减小色差进而提高视敏度及对比敏感度。叶黄素和玉米黄素可减轻强光照射的不适感, 提高光应激恢复时间和神经传递速度, 进而提高黄斑功能。

强光照射轻者会引起眼部的不适感。相比于其他波长光, 短波长光在能量较低时即可引起视网膜损害, 故人眼对其更加敏感<sup>[4]</sup>。然而, Stringham等<sup>[17]</sup>发现: 人眼在黄斑色素吸收峰460 nm处敏感性最低, 提示黄斑色素可吸收短波的高能量, 进而减轻其损害, 保护视网膜的光感受器细胞。并且, 黄斑色素密度越高, 这种强光的耐受性越强, 仅仅轻微的提高黄斑色素密度即可显著减低畏光感及眼部不适, 两者有明显的正相关性<sup>[18]</sup>。

散射的强光可使人眼失能, 并可能导致其作出错误的判断。Stringham等<sup>[19-20]</sup>的研究表明: 当暴露在白光或者短波长蓝光下, 高密度的黄斑色素可保证更好的视敏度, 提示黄斑色素不仅可滤过短波长光, 在白色广泛照明的条件下, 仍然发挥出色的作用, 其可通过减轻强光失能, 进而保护视网膜细胞。并且, 当失能的患者补充叶黄素及玉米黄素后, 可显著改善视力<sup>[21]</sup>。

光应激恢复时间是评价视觉功能的重要指标之一。它是指人眼强光刺激后恢复正常视力所需

要的时间,即感光色素漂白后再生恢复功能的时间。有学者<sup>[19]</sup>研究证实:黄斑色素密度高越高,光应激恢复时间越短,其机制可能与黄斑区及黄斑旁区的色素减少了光感受器细胞的光暴露,从而降低了其恢复时间。并且,补充叶黄素和玉米黄素后,光应激恢复时间明显缩短。Hammond等<sup>[22]</sup>研究发现:3个月的日常补充叶黄素(10 mg/d)及玉米黄素(2 mg/d),可使血清中含量及黄斑色素密度明显提升,并可显著改善色差分辨率及光应激恢复时间。但仍有一点值得注意,在具有充足黄斑色素水平、视觉功能良好的年轻人群,补充叶黄素虽可提高血清色素含量及黄斑色素密度,但在视觉功能上没有显著提高,这可能提示黄斑色素的作用具有峰值效应,即达到一定的程度便趋于稳定<sup>[23]</sup>。

黄斑色素不仅可改善视觉功能,其同样参与了神经活动。有动物实验研究<sup>[24]</sup>显示:脑部同样存在大量玉米黄素的分布。并且在老年人中,黄斑色素密度高者,老年性认知损害越低<sup>[25]</sup>;还有学者<sup>[26]</sup>发现:给予年轻人补充叶黄素和玉米黄素,可以显著提高他们的认知能力。这些研究<sup>[27]</sup>提示:不论年龄,这些色素均可不同程度地改善人的认知能力,推断其机制可能与类胡萝卜本身影响间隙连接蛋白的生成有密切的关系,这也能很大程度地增强细胞间的联系,减少神经传递的时间。

### 3 黄斑色素与青少年视力

人类所接收外界信息中90%是通过视觉通道获得的。视觉敏感度、对比敏感度、立体视觉等是视觉功能的重要内容,而良好的视力是保障这些功能的前提;同时,对比敏感度、立体空间定位等障碍又会影响视力。所以,我们应从多个角度和层面探讨青少年的视力维护策略。

近视是青少年最常见的屈光不正,也是影响青少年身心健康的重要危险因素。在许多发达及发展中国家,严重的近视亦是致盲的重要原因之一。在我国,总人口近视发病率至少在30%以上,近视人口庞大,居全球第一。我国青少年中近视率更高,中小學生检出率达到50%~70%,其中高中生高达80%以上,并且呈逐渐递增趋势<sup>[1]</sup>。近视的发生可使青少年的学习及工作能力受到损害,

故预防近视发生发展已成为世界性的重大医学问题。绝大多数青少年近视是轴性近视,即眼轴的增长导致近视的发生与发展,故控制眼轴的增长亦是近视防控的重要抓手。近年来,有很多研究<sup>[28-30]</sup>已证实:黄斑色素与眼轴有密切的关系。Liew等<sup>[28]</sup>发现黄斑色素密度与眼轴呈负相关性,同时眼轴长度与黄斑中心区厚度呈负相关,即长眼轴眼具有更薄的黄斑中心区厚度及更低含量的黄斑色素,而黄斑中心由于更少量的黄斑色素,随着眼轴拉长便显得更加偏平,其功能也将受到不同程度的影响。童念庭等<sup>[29]</sup>在国内调查发现:随着近视度数的增长,眼轴逐渐变长,而黄斑色素密度值越来越低,并在高度近视眼中尤为显著,其分析原因可能为近视眼眼轴的增长,导致后极部视网膜厚度变薄,特别是在高度近视眼患者中,神经纤维层厚度显著降低,从而使主要分布于视网膜神经纤维层的黄斑色素明显减少,最终造成了黄斑色素密度值的降低。van der Veen等<sup>[30]</sup>同样得出了黄斑中心区厚度与黄斑色素密度值具有相关性,而前者与眼轴长度则存在负相关性。这些研究提示,轴性近视的发生发展与黄斑色素密度密切相关,但人为提高黄斑色素含量是否会抑制眼轴的增长,仍需更多的研究证实,这也为防治青少年近视提供了新的方向。

中小學生繁重的学习任务容易引起视疲劳,调节痉挛导致假性近视的产生,虽假性近视可用睫状肌麻痹剂散瞳后恢复正常,但很多青少年往往由于未及时纠正而发生了真性近视,损害视觉功能<sup>[31-32]</sup>。视疲劳由多种原因引起,包括屈光不正、光照不足或过强、用眼过度、反光或眩光等,导致眼部舒适度下降、视力下降、对比敏感度及立体视觉等功能的降低,进而影响工作及学习。夏立营等<sup>[33]</sup>研究发现:口服叶黄素类保健品可缓解视疲劳症状,提高双眼明视持久度。马乐等<sup>[34]</sup>研究也发现:叶黄素干预对长期荧光屏光暴露者泪膜破裂时间、明视持久度、视觉反应时有明显的改善作用,补充叶黄素可维持正常的视功能。同时,细胞和动物实验<sup>[35-36]</sup>也证实:叶黄素可减轻过量的蓝光或白光引起的视网膜光损伤,抑制过度氧化应激反应,从而保护视网膜的结构和功能。这些研究提示:叶黄素类物质的光滤过和抗氧化作用可减轻视网膜细胞强光照射引起的损害,保证青少年正常的视觉功能。

## 4 结语

青少年的体质健康关乎国家未来的发展, 其视觉功能的维护已成为当今的重大任务。黄斑色素是保证视网膜细胞正常功能不可缺少的要素, 其本身即有叶黄素类物质组成。已有研究<sup>[4-6,37-38]</sup>表明: 补充叶黄素可维护视力、对比敏感度等视觉功能指标。然而, 黄斑色素与我国青少年视觉功能关系的研究目前较少, 且青少年的黄斑色素密度值目前还没有正常参考值, 这也使得许多研究缺少大样本的对照。同时, 许多资料<sup>[28-30]</sup>已证实: 叶黄素类物质可增加黄斑色素密度值, 且后者与眼轴长度密切相关, 故增高黄斑色素密度值是否可控制近视增长, 或提示近视的发展趋势, 仍需进行大量的研究。

综上所述, 叶黄素类物质可通过光滤过作用及抗氧化能力保证视网膜细胞正常结构和功能, 从而维护正常视力、对比敏感度等视觉功能指标, 并可能与青少年近视的发生发展有密切的关系。适当的补充叶黄素类物质, 提高黄斑色素密度值, 可能对青少年视觉功能的改善与维护起到一定的积极作用, 但仍需更多的研究验证。这些研究很大可能会提高我国青少年的视觉体质健康, 并将具有重要的医学意义。

## 参考文献

1. 谢红莉, 谢作措, 叶景, 等. 我国青少年近视现患率及相关因素分析[J]. 中华医学杂志, 2010, 90(7): 439-442.  
XIE Hongli, XIE Zuocuo, YE Jing, et al. Analysis of correlative factors and prevalence on China's youth myopia[J]. National Medical Journal of China, 2010, 90(7): 439-442.
2. 陈云云, 陈世豪, 王勤美. 近视眼不同视觉质量与成像质量评估指标间的关系[J]. 中国实用眼科杂志, 2012, 30(1): 61-64.  
CHEN Yunyun, CHEN Shihao, WANG Qinmei. The correlation of two different subjective image quality metrics to two different optical quality metrics[J]. Chinese Journal of Practical Ophthalmology, 2012, 30(1): 61-64.
3. 齐林嵩, 邹志康, 田青, 等. 中美空军飞行学员医学选拔对照实证研究——远视力[J]. 空军医学杂志, 2016, 32(2): 86-87.  
QI Linsong, ZOU Zhikang, TIAN Qing, et al. An empirical study on medical selection of flying cadets with distant vision between PLAAF and USAF[J]. Journal of General Hospital of Air Force, PLA, 2016, 32(2): 86-87.
4. Scripsema NK, Hu DN, Rosen RB. Lutein, zeaxanthin, and meso-zeaxanthin in the clinical management of eye disease[J]. J Ophthalmol, 2015, 2015: 865179.
5. Stringham JM, Garcia PV, Smith PA, et al. Macular pigment and visual performance in low-light conditions[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2015, 56(4): 2459-2468.
6. Nolan JM, Power R, Stringham J, et al. Enrichment of macular pigment enhances contrast sensitivity in subjects free of retinal disease: central retinal enrichment supplementation trials—report 1[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2016, 57(7): 3429-3439.
7. 魏璐, 黄文礼, 樊莹. 叶黄素、玉米黄素与年龄相关性黄斑病变[J]. 国际眼科纵览, 2007, 31(4): 229-231.  
WEI Lu, HUANG WenLi, FAN Ying. Lutein, zeaxanthin and AMD[J]. International Review of Ophthalmology, 2007, 31(4): 229-231.
8. Bone RA, Landrum JT, Fernandez L, et al. Analysis of the macular pigment by HPLC: retinal distribution and age study[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 1988, 29(6): 843-849.
9. Bone RA, Landrum JT, Hime GW, et al. Stereochemistry of the human macular carotenoids[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 1993, 34(6): 2033-2040.
10. Bone RA, Landrum JT, Friedes LM, et al. Distribution of lutein and zeaxanthin stereoisomers in the human retina[J]. Exp Eye Res, 1997, 64(2): 211-218.
11. Snodderly DM, Auran JD, Delori FC. The macular pigment. II. Spatial distribution in primate retinas[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 1984, 25(6): 674-685.
12. Beatty S, Koh H, Phil M, et al. The role of oxidative stress in the pathogenesis of age-related macular degeneration[J]. Surv Ophthalmol, 2000, 45(2): 115-134.
13. Bone RA, Landrum JT, Fernandez L, et al. Analysis of the macular pigment by HPLC: retinal distribution and age study[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 1988, 29(6): 843-849.
14. Johnson EJ. The role of carotenoids in human health[J]. Nutr Clin Care, 2002, 5(2): 56-65.
15. Kim SR, Nakanishi K, Itagaki Y, et al. Photooxidation of A2-PE, a photoreceptor outer segment fluorophore, and protection by lutein and zeaxanthin[J]. Exp Eye Res, 2006, 82(5): 828-839.
16. Junghans A, Sies H, Stahl W. Macular pigments lutein and zeaxanthin as blue light filters studied in liposomes[J]. Arch Biochem Biophys, 2001, 391(2): 160-164.
17. Stringham JM, Fuld K, Wenzel AJ. Action spectrum for photophobia[J]. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis, 2003, 20(10): 1852-1858.

18. Wenzel AJ, Fuld K, Stringham JM, et al. Macular pigment optical density and photophobia light threshold[J]. *Vision Res*, 2006, 46(28): 4615-4622.
19. Stringham JM, Hammond BR Jr. The glare hypothesis of macular pigment function[J]. *Optom Vis Sci*, 2007, 84(9): 859-864.
20. Stringham JM, Bovier ER, Wong JC, et al. The influence of dietary lutein and zeaxanthin on visual performance[J]. *J Food Sci*, 2010, 75(1): R24-R29.
21. Stringham JM, Garcia PV, Smith PA, et al. Macular pigment and visual performance in glare: benefits for photostress recovery, disability glare, and visual discomfort[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(10): 7406-7415.
22. Hammond BR, Fletcher LM, Roos F, et al. A double-blind, placebo-controlled study on the effects of lutein and zeaxanthin on photostress recovery, glare disability, and chromatic contrast[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 55(12): 8583-8589.
23. Nolan JM, Loughman J, Akkali MC, et al. The impact of macular pigment augmentation on visual performance in normal subjects: COMPASS[J]. *Vision Res*, 2011, 51(5): 459-469.
24. Vishwanathan R, Neuringer M, Snodderly DM, et al. Macular lutein and zeaxanthin are related to brain lutein and zeaxanthin in primates[J]. *Nutr Neurosci*, 2013, 16(1): 21-29.
25. Renzi LM, Dengler MJ, Puente A, et al. Relationships between macular pigment optical density and cognitive function in unimpaired and mildly cognitively impaired older adults[J]. *Neurobiol Aging*, 2014, 35(7): 1695-1699.
26. Bovier ER, Renzi LM, Hammond BR. A double-blind, placebo-controlled study on the effects of lutein and zeaxanthin on neural processing speed and efficiency[J]. *PLoS One*, 2014, 9(9): e108178.
27. Bertram JS. Carotenoids and gene regulation[J]. *Nutr Rev*, 1999, 57(6): 182-191.
28. Liew SH, Gilbert CE, Spector TD, et al. Central retinal thickness is positively correlated with macular pigment optical density[J]. *Exp Eye Res*, 2006, 82(5): 915-920.
29. 童念庭, 吴星伟, 张薇, 等. 青年人黄斑色素密度与眼轴长度的相关性研究[J]. *中华眼底病杂志*, 2011, 27(5): 486-488.  
TONG Nianting, WU Xingwei, ZHANG Wei, et al. Correlation between macular pigment density and ocular axis length in young people[J]. *Chinese Journal of Ocular Fundus Diseases*, 2011, 27(5): 486-488.
30. van der Veen RL, Ostendorf S, Hendrikse F, et al. Macular pigment optical density relates to foveal thickness[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2009, 19(5): 836-841.
31. 骆妙青, 钟玉红, 徐俊辉. 129例青少年假性近视治疗分析及护理干预[J]. *中国现代药物应用*, 2015, 9(12): 179-181.  
LUO Miaoqing, ZHONG Yuhong, XU Junhui. Treatment analysis and nursing intervention of 129 teenage pseudomyopia cases[J]. *Chinese Journal of Modern Drug Application*, 2015, 9(12): 179-181.
32. 陈利荣, 姚军平, 张贻转, 等. 七叶叶地黄双苷滴眼液治疗青少年屈光不正所致视疲劳[J]. *国际眼科杂志*, 2017, 17(1): 121-124.  
CHEN Lirong, YAO Junping, ZHANG Yizhuang, et al. Clinical effect of esculin and digitalis glycosides eye drops in the treatment of teenagers apparent fatigue caused by ametropia[J]. *International Journal of Ophthalmology*, 2017, 17(1): 121-124.
33. 夏立营, 刘维佳, 葛文津, 等. 叶黄素缓解视力疲劳临床观察[J]. *中国临床保健杂志*, 2010, 13(4): 419-420.  
XIA Liying, LIU Weijia, GE Wenjin, et al. Clinical observation of lutein on alleviating visual fatigue[J]. *Chinese Journal of Clinical Healthcare*, 2010, 13(4): 419-420.
34. 马乐, 林晓明. 叶黄素干预对长期荧屏光暴露者视功能的影响[J]. *营养学报*, 2008, 30(5): 438-442.  
MA Le, LIN Xiaoming. The responses of visual function to lutein supplements in people with long-term display light exposure[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2008, 30(5): 438-442.
35. Sasaki M, Yuki K, Kurihara T, et al. Biological role of lutein in the light-induced retinal degeneration[J]. *J Nutr Biochem*, 2012, 23(5): 423-429.
36. Barker FM 2nd, Snodderly DM, Johnson EJ, et al. Nutritional manipulation of primate retinas, V: effects of lutein, zeaxanthin, and n-3 fatty acids on retinal sensitivity to blue-light-induced damage[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(7): 3934-3942.
37. Renzi LM, Hammond BR. The effect of macular pigment on heterochromatic luminance contrast[J]. *Exp Eye Res*, 2010, 91(6): 896-900.
38. 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 study (Lutein Antioxidant Supplementation Trial)[J]. *Optometry*, 2004, 75(4): 216-230.

本文引用: 姚璐, 齐林嵩. 叶黄素类物质对视觉功能的保护作用及其在青少年视力维护中的应用[J]. *眼科学报*, 2017, 32(3): 171-175. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2017.06.11

**Cite this article as:** YAO Lu, QI Linsong. Protective effect of xanthophylls on visual function and its application in adolescent vision maintenance[J]. *Yan Ke Xue Bao*, 2017, 32(3): 171-175. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2017.06.11