

LUZ AZUL

O QUE É E COMO NOS AFETA

O espectro eletromagnético é composto por ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos e intensidades, que partem de ondas de rádio (mais longas, com menor energia) a raios X e gama (mais curtas e mais energéticas).

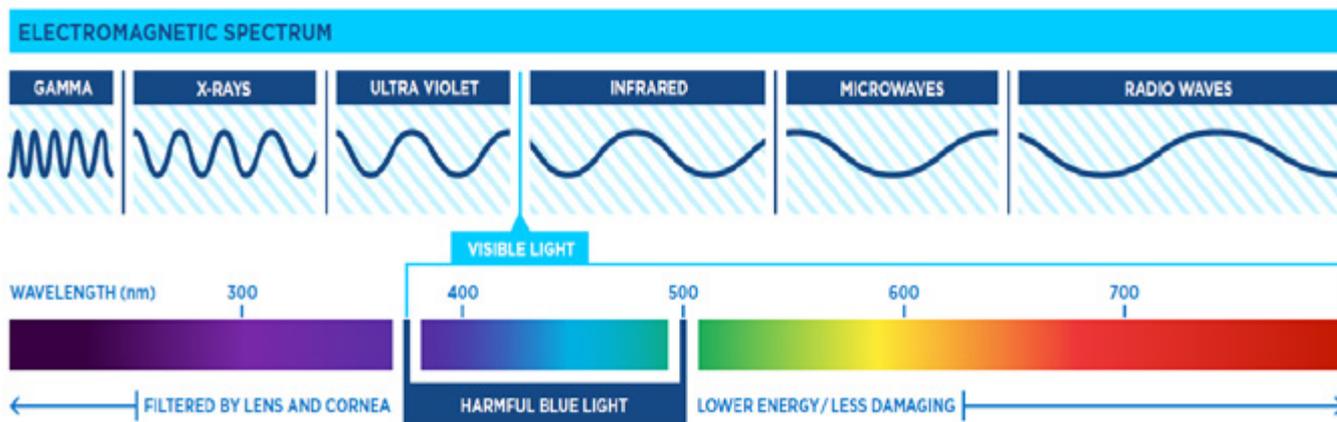
Dentro desse espectro, entre as luzes ultravioleta (UV) e infravermelha (IV) está a porção a que chamamos de luz visível, que é a parte do espectro - captada pelos olhos e responsável pela visão humana⁽¹⁾, conforme figura abaixo.

High Energy Visible Light⁽¹⁾.

A luz azul está presente em quase todos os ambientes^(1; 5; 6). O sol é a fonte natural primária de luz visível, com emissão entre 25% a 30% de luz azul, mas estamos cada vez mais expostos a essa luz a partir de fontes artificiais de iluminação e de equipamentos eletrônicos modernos que utilizam, na sua maioria, a luz LED^(1; 5; 6; 7; 8).

Por ser considerada uma fonte de energia eficiente, baseada no baixo

iniciam o seu dia com o brilho da tela do celular como um despertador e trabalham muitas vezes em ambientes externos, onde a radiação luminosa do sol as acompanha durante todo o dia, ou em ambientes fechados com luzes artificiais. Uma consideração muito relevante e ainda mais preocupante, é o fato de que as pessoas estão usando vários dispositivos eletrônicos simultaneamente enquanto estão trabalhando em um laptop ou em frente a uma



A luz visível é composta por ondas de comprimentos entre 400 e 780 nm^(2; 3) que podem ser classificadas em ondas curtas (azul), médias (verde) e longas (vermelho)⁽⁴⁾. Quanto menor o comprimento de onda, maior a sua intensidade e seu potencial energético, portanto, a luz azul com comprimento de onda entre 400 e 500nm^(2; 4) é a banda de maior energia dentro do espectro visível, e é conhecida como luz visível de alta energia (HEV Light - do inglês,

consumo de energia e com uma vida útil longa, as lâmpadas LEDs estão sendo cada vez mais utilizadas em ambientes domésticos e profissionais. Essas lâmpadas, independentemente de terem coloração azul ou mais comumente branca, emitem uma quantidade significativa de luz azul⁽⁵⁾. Os equipamentos eletrônicos também utilizam essa tecnologia devido à nitidez e brilho de imagem que proporciona.

Atualmente, mais e mais pessoas

tela de computador e se "distraem", acessando as mídias digitais através de celulares, ou mesmo a TV, acentuando ainda mais a exposição à luz azul.

Mas essa exposição contínua e crescente à luz azul, não atinge apenas os adultos⁽⁴⁾. Cada vez mais cedo, crianças muito pequenas aprendem a utilizar dispositivos eletrônicos portáteis antes mesmo de aprenderem a falar e andar⁽⁷⁾.

É importante salientar, que esta

exposição está acontecendo em um momento em que os olhos são mais vulneráveis, uma vez que o olho, em particular a retina, está a completar o seu desenvolvimento até os 4 anos. Nesta idade, o cristalino é completamente transparente e permite que mais luz azul chegue até a retina. Desta forma, nesta faixa etária a quantidade de luz de alta energia incidente na retina é muito maior que a incidente na retina de pessoas mais velhas^(4; 7).

Crianças e adolescentes em idade escolar também estão cada vez mais expostas ao uso da tecnologia por tempo muito prolongado. Além de vídeos, filmes e jogos eletrônicos, as crianças utilizam essas tecnologias nas escolas⁽⁷⁾ e, assim como os adultos, já relatam problemas oculares, dores de cabeça e cansaço quando utilizam esses equipamentos⁽⁷⁾. Os impactos reais desta exposição só serão conhecidos ao longo dos anos.

Pesquisa feita pelo *The Vision Council*, relata que 77% dos pais mostraram-se preocupados com o impacto que os dispositivos eletrônicos possam causar no desenvolvimento dos olhos de seus filhos.

Dados recentes mostram que a utilização de dispositivos eletrônicos já fazem parte do cotidiano familiar e que cada geração possui seus próprios hábitos⁽⁷⁾.

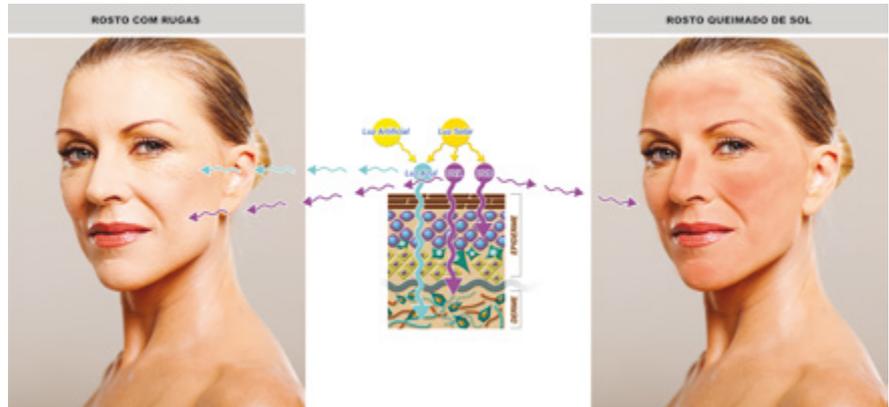
Estudos epidemiológicos mostram que a exposição ao espectro da luz visível está associada a inúmeros problemas oculares e de pele. Essa degradação lenta, porém aguda e cumulativa, iniciada cada vez mais cedo, pode levar a problemas de visão a longo prazo, tais como a Degeneração Macular Relacionada à Idade (DMRI) e catarata^(5; 9; 10; 11). Na pele, o desencadeamento da formação de radicais livres pode levar ao envelhecimento prematuro da pele e o aparecimento de rugas e linhas de expressão⁽¹²⁾.

LUZ AZUL E A PELE

Assim como os olhos, a pele está exposta diariamente as diferentes radiações. Cada faixa dessa radiação apresenta um poder de penetração diferente e

consequentemente, diferentes efeitos danosos à pele.

Embora uma porção significativa dos danos à pele, induzidos por radicais livres e Espécies Reativas de Oxigênio (ROS) sejam atribuídas à exposição aos raios UV (UV-B e UV-A), estudos têm mostrado que a luz azul também exerce um papel importante neste mecanismo^(2; 13).



Um estudo de Jurkiewicz-Lange e Buettner⁽¹⁴⁾, mediu a formação de radicais livres na pele exposta a radiações UV ou luz visível. A maior quantidade de radicais livres foi produzida quando os sujeitos foram expostos aos raios UV mais luz visível, produzindo um aumento de 6 vezes de radicais livres na pele. Além disso, o estudo mostrou que mesmo quando a pele foi exposta apenas à luz visível também houve um aumento significativo de 3 vezes na produção de radicais livres⁽¹⁴⁾.

Por penetrar em toda a extensão da pele e atingir as camadas mais profundas da derme, a luz azul pode danificar irreversivelmente as estruturas essenciais da pele contribuindo para o foto envelhecimento, diminuição da hidratação e elasticidade, alterações pigmentares, rugas e processos inflamatórios cutâneos^(15; 16; 17; 18; 19).

LUZ AZUL E OS OLHOS

Nos olhos, a luz azul é essencial para a visão e também desempenha um papel na foto recepção não visual (caracterizada por sensibilidade máxima de comprimentos de onda de 460-480nm - luz azul)⁽²⁰⁾, incluindo benefícios como o estabelecimento e a sincronização

do Ritmo Circadiano⁽²⁾, auxiliando nas funções cognitivas como atenção, memória, emoção, assim como no estado de vigília e sono⁽²⁰⁾.

Embora seja essencial à nossa visão, altos níveis de luz azul podem ser prejudiciais, em particular quando o comprimento de onda está abaixo dos 460nm (mais próxima ao UV e portanto, mais energética).

Sendo a luz azul inevitável e parte da nossa vida cotidiana é importante entender como ela afeta a nossa saúde e como podemos limitar os seus danos sem interferir em seus benefícios.

As principais estruturas dos olhos são a córnea, a íris, o cristalino (lentes) e a retina - mácula. Essas estruturas oculares absorvem as radiações com seus diferentes comprimentos de ondas⁽⁹⁾. A córnea e o cristalino absorvem os comprimentos de onda referentes a luz UV, enquanto os comprimentos de onda IV passam através da córnea e do cristalino, e são absorvidos pelas partes líquidas dos olhos (humor aquoso e vítreo). Portanto, apenas a luz visível, e dentro deste *range* de ondas azuis de mais alta energia, alcança a retina^(2; 3; 9), mais precisamente a mácula lútea onde está localizada a maior concentração de fotorreceptores responsáveis pela visão central e pela alta resolução visual (acuidade visual)⁽²¹⁾.

Estudos mostram que a luz azul é 50-80 vezes mais eficaz em gerar danos aos fotorreceptores em comparação a luz verde^(8; 22).

A exposição contínua à luz azul leva a danos fotoquímicos, desencadeando a formação de radicais livres e ROS através de fotos sensibilizadores,

provocando sérios danos oxidativos na retina, principalmente ao Epitélio Pigmentado da Retina (EPR) e aos fotorreceptores. Os foto sensibilizadores, como a lipofuscina, (material intracelular pigmentado resultante da oxidação de ácidos graxos e proteínas), podem aumentar o dano fotoquímico associado a exposição à luz azul e afetar a capacidade do EPR de proporcionar nutrientes para os fotorreceptores, alterando a sua funcionalidade e até mesmo contribuindo para apoptose (morte) das células do epitélio pigmentar e dos fotorreceptores^(5; 9; 23).

Nas crianças, mais de 80% de luz azul é transmitida para a retina. Com o aumento da idade, a lente fica mais opaca (“amarela”) devido a processos oxidativos e passa a absorver uma parte da luz azul, mas ainda deixando uma considerável porção a ser transmitida para a retina⁽⁹⁾. A remoção do cristalino durante a cirurgia de catarata, mesmo após a implantação de uma lente intraocular que filtra a luz UV, expõe novamente a retina a um alto risco de dano induzido por luz azul, uma vez que a nova lente é transparente. A utilização de um filtro de luz azul físico (externo) ou fisiológico (interno) adicional deve ser considerada nessa situação⁽²⁾.

A retina não pode regenerar ou ser substituída se estiver danificada. Uma vez que o dano tenha ocorrido, os olhos ficam cada vez mais expostos à luz azul e a outros fatores ambientais nocivos, aumentando o risco de deficiência visual a longo prazo⁽²⁰⁾.

Além dos danos permanentes e irreversíveis a retina^(3; 5; 9), inúmeros estudos mostram que a luz azul contribui para a diminuição da performance visual (sensibilidade ao contraste, alcance visual) e na recuperação da visão após foto estresse.

A Agência Sanitária Francesa (ANSES) publicou em 2010 um relatório onde expôs a sua preocupação, sobre o efeito danoso que a luz azul pode provocar, como o risco do brilho excessivo aos olhos, a vulnerabilidade da mácula a essa radiação e os problemas relacionados a isso, como a DMRI⁽²⁴⁾. Menciona também a importância de ações preventivas, como o aumento do pigmento macular como medida de

proteção da mácula^(24; 25).

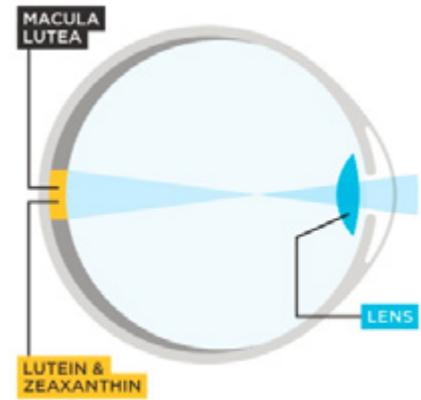
O que podemos fazer para diminuir os riscos a essa exposição crescente?



Além de diminuir o tempo de exposição à radiação luminosa e as novas tecnologias que emitem essa radiação, a natureza nos oferece através da dieta, antioxidantes como a luteína e zeaxantina que podem atenuar os danos provocados pela luz azul e portanto, proteger nossos olhos e pele.

Luteína e zeaxantina são carotenoides, pigmentos amarelos com função antioxidante e de filtro de luz azul. Assim como outros carotenoides, não são sintetizados pelo corpo, e são obtidos exclusivamente a partir da dieta⁽²⁶⁾. Vegetais de folhas verde escura possuem uma grande concentração de luteína, já vegetais e frutas de coloração laranja já amarelada⁽²⁷⁾, apresentam uma alta concentração de zeaxantina. A gema do ovo é considerada uma das melhores fontes de luteína e zeaxantina uma vez que, devido ao alto teor de gordura, esses carotenoides tem melhor biodisponibilidade^(28; 29).

A luteína e a zeaxantina livre são absorvidas diretamente pelo nosso organismo e se depositam em tecidos específicos como os olhos, e em outros tecidos como a pele e o cérebro^(25; 30), mas também são encontradas no cordão umbilical e no leite materno, mostrando assim a sua importância durante a gestação e no desenvolvimento infantil.



Nos olhos, mais precisamente na mácula, a luteína e zeaxantina formam o Pigmento Macular (PM) que atua como um filtro de luz (solar e artificial), com pico de absorção de 460nm⁽²⁵⁾ protegendo a mácula, quer filtrando a quantidade de luz incidente na retina, quer funcionando como um antioxidante, sendo eficaz em eliminar os foto sensibilizadores, inibindo a formação de ROS e a peroxidação de lipídeos, preservando assim, a integridade das membranas dos fotorreceptores que são desencadeadas tanto pelo dano luminoso, como pelo próprio metabolismo retiniano interno^(9; 31). Estudos epidemiológicos sugerem que as pessoas com maior exposição à luz solar, incluindo luz azul, tem maior risco de desenvolver doenças degenerativas da retina⁽³²⁾.

Por absorver as ondas luminosas de alta energia, o pigmento macular contribui também para uma melhor performance visual, melhorando a acuidade e o alcance visual, a visão em condições de pouca luz, o tempo de recuperação após exposição ao brilho excessivo (ofuscamento) e a sensibilidade ao contraste cromático^(23; 25; 33; 34).

A capacidade do pigmento macular em absorver e filtrar a luz azul, é utilizada para determinar a Densidade Óptica do Pigmento Macular (MPOD), uma medida (não invasiva) que indica a quantidade de luteína e zeaxantina presente na mácula⁽²⁶⁾.

Estudos epidemiológicos e de intervenção têm mostrado que uma dieta rica em luteína e zeaxantina, seja por meio de alimentos ou suplementos, resulta no aumento da concentração plasmática desses carotenoides e da MPOD e, conseqüentemente, melhora

o desempenho visual e diminui o risco de incidência e progressão da DMRI^(23; 25; 35; 36; 37; 38; 39; 40).

A ingestão de quantidade adequada de luteína e zeaxantina também beneficia a pele, por aumentar a sua capacidade antioxidante e de filtro de luz azul, o que diminui os efeitos nocivos provocados pelos raios UV e luz visível e confere às células uma proteção maior contra o foto envelhecimento, protege os queratinócitos e os fibroblastos e aumenta a viabilidade celular. A luteína atua na melhora das respostas inflamatórias da pele frente a macrófagos e queratinócitos, suprimindo mediadores inflamatórios⁽⁴¹⁾.

Estudos recentes mostram também que a luteína é capaz de induzir a síntese de ácido hialurônico nos queratinócitos, fornecendo o possível mecanismo de ação para o aumento da hidratação e lipídios superficiais, promovendo uma melhor elasticidade da pele observado nos ensaios clínicos^(12; 19; 42).

Apesar de sua concentração no plasma e nos tecidos estar relacionada com a sua ingestão^(30; 33; 36; 43; 44; 45; 46), estudos mostram que a população mundial não consome quantidade suficiente de alimentos que contenham esses dois carotenoides, tornando a suplementação uma ferramenta para alcançar níveis séricos ideais para a manutenção da saúde ao longo da vida⁽⁴⁷⁾.

CONCLUSÃO

Independente de onde estivermos, a radiação luminosa natural ou artificial nos rodeia diariamente em todas as etapas de nossa vida, e tem acelerado problemas relacionados à fototoxicidade nos olhos, atingindo diretamente a retina, responsável pela visão e o foto envelhecimento da pele, com a produção excessiva de radicais livres nas camadas mais profundas como a derme.

O sol que antes era o nosso único emissor de ondas eletromagnéticas no espectro que atinge diretamente nossos olhos e pele, ganhou nos últimos anos inúmeros aliados como luzes artificiais de LED e equipamentos eletrônicos, que emitem radiação com comprimentos de onda de elevada energia.

O fato é que todos nós, independen-

te de faixa etária, hábitos e rotinas profissionais e de lazer, estamos expostos mais do que nunca à luz azul.

Embora parte dessa luz azul seja benéfica e necessária para o nosso relógio natural circadiano, e sua utilização possa fazer parte da evolução tecnológica e de uma vida cada vez mais moderna, a exposição excessiva pode ter um efeito negativo e causar danos cumulativos.

Frente a esse problema, o nosso organismo utiliza compostos antioxi-

dantes naturais, presentes em nossa dieta para proteger e combater os efeitos danosos que os radicais livres e a ROS provocam. Mas, uma alimentação inadequada e/ou com quantidades insuficientes destes carotenoides podem nos deixar desprotegidos e vulneráveis aos danos desencadeados pela luz azul. Portanto, uma suplementação adequada desses carotenoides é fundamental para a manutenção de nossa saúde em geral.

BIBLIOGRAFIA

1. *Blue Light Hazard: New Knowledge, New Approaches to Maintaining Ocular Health*. s.l. : Report of a Roundtable, 2016.
2. Wu, J., Seregard, S., and Algréve, P. Photochemical damage of the retina. *Surv Ophthalmol*. 2006, Vol. 51, 461-481.
3. Algréve, P., Marshall, J., and Seregard, S. Age-related maculopathy and the impact of blue light hazard. *Acta Ophthalmol Scand*. 84, 2006, 4-15.
4. Roberts, D. Blue Light - What is Blue Light? *Technical Literature*. 2016.
5. Tosini, G., Ferguson, I., Tsubota, K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Mol Vis*. 24, 2262-2272.
6. Shang, Y., Wang, G., Sliney, D., Yang, C., and Lee, L. White light-emitting diodes (LEDs) a domestic lighting levels and retinal injury in a rat model. *Environ Health Perspect*. 122, 2014, 269-276.
7. Eyes Everexposed: The Digital Device Dilemma. *The Vision Council*. 2016.
8. What is Blue Light? *Blue Light Society*. 2015.
9. Behar-Cohen, F. et al. Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: any risks for the eye? *Prog Retin Eye Res*. 30, 239-257.
10. Mainster, A. M. Violet and blue light blocking intraocular lenses: photoprotection versus photoreception. *Br J Ophthalmol*. 90, 2006, 784-792.
11. Margrain, H.T., Boulton, M., Marshall, J., Sliney, H.D. Do blue light filters confer protection against age-related macular degeneration? *Progress in Retinal and Eye Research*. 23, 2004, 523-531.
12. Palombo P, Fabrizi G, Ruocco V, Ruocco E, Flühr J, Roberts R, and Morganti P. Beneficial long-term effects of combined oral/topical antioxidant treatment with carotenoids lutein and zeaxanthin on human skin: a double-blinded, placebo controlled study in humans. *J Skin Pharmacol and Physiol*. 20, 2007, 199-210, pp. 199-210.
13. Davies, N.P., Morland, A.B. Macular pigments: their characteristics and putative role. *Prog Retin Eye Res*. 23(5), 2004, Vols. 533-59.
14. Jurkiewicz, Lange B.A, Buettner, G.R. Electron paramagnetic resonance detection of free radicals in UV-irradiated human and mouse skin. *Curr Probl Dermatol*. 29, 2001, 18-25, pp. 18-25.
15. Wiegand, R.D., Joel, C.D., Rapp, L.M., Nielsen, J.C., Maude, M.B., Anderson, R.E. Polyunsaturated fatty acids and vitamin E in rat rod outer segments during light damage. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 27(5), 1986, Vols. 727-33.
16. De La Paz, M., Anderson, R. E. Region and age-dependent variation in susceptibility of the human retina to lipid peroxidation. 1992, pp. 3497-3499.
17. Bernstein, P.S. Suplemento de luteína e zeaxantina e DMRI: Estudo AREDS 2. *Simpósio Pigmento Macular e DMRI, SIMASP*. 2014.
18. Shindo, Y., Witt, E., Packer, L. Antioxidant Defense Mechanisms in Murine Epidermis and Dermis and Their Responses to Ultraviolet Light. *The Society for Investigative Dermatology*. 100, 1993, 260-265.
19. Sayo, T. et al. Lutein, a nonprovitamin A, activates the retinoic acid receptor to induce HAS3-Dependent hyaluronan synthesis in keratinocytes. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 2013, 1282-1286.

20. Hindsight is 20/20/20: Protect Your Eyes from Digital Devices. *The Vision Council*. 2015.
21. Alves-Rodrigues, A., Shao, A. The science behind lutein. *Toxicology Letters*. 2003, 57-83.
22. Wooten, B. R., Hammond, B. R. Macular pigment: influences on visual acuity and visibility. *Prog retin Eye Res*. 2002, 225-240.
23. Hammond, B.R. Attenuating Photostress and Glare Disability in Pseudophakic Patients through the Addition of a Short-Wave Absorbing Filter. *Journal of Ophthalmology*. Vol. 2015.
24. ANSES. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2008sa0408.pdf>.
25. Bernstein P. S., et al. The value of measurement of macular carotenoid pigment optical densities and distributions in age-related macular degeneration and other retinal disorders. *Vision Res*. 50, 2010, 716-728, pp. 50:716-728.
26. Handelman, G. J., Nightingale, Z. D., Lichtenstein, A. H., Schaefer, E. J., Blumberg, J. B. Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk. *American Journal of Clinical Nutrition*. 70(2), 1999, 247-251, pp. 247-251.
27. Sayed, El. Dietary Sources of Lutein and Zeaxanthin Carotenoids and their role in eye Health.
28. Stahl, W. Macular carotenoids: lutein and zeaxanthin. *Dev. Ophthalmol*. 2005, 70-88, pp. 70-88.
29. Khachik, F., Beecher, G.R., Goli, M.B., Lusby, W.R., & Smith, J.C.Jr. Separation and identification of carotenoids and their oxidation products in the extracts of human plasma. *Analytical Chemistry*. 64(18) , 1992, 2111-2122.
30. Handelman, G.J., Dratz, E.A., Reay, C.C., & van Kuijk, J.G. Carotenoids in the human macula and whole retina. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 29(6), 1988, 850-855.
31. Hammond, B., Fletcher, M.L. Influence of the dietary carotenoids lutein and zeaxanthin on visual performance: application to baseball. *Am J Clin Nutr*. 2012, 1207-1213.
32. Fletcher, A.E. et al. Sunlight exposure, antioxidants, and age-related macular degeneration. *Archives of Ophthalmology*. 10, 2008, 1396-1403.
33. Wenzel, A. J., Gerweck, C., Barbato, D., Nicolosi, R.J., Handelman, G.J., Curran-Celentano, J. A 12-wk egg intervention increases serum zeaxanthin and macular pigment optical density in women. *Journal of Nutrition*. 136(10), 2006, 2568-2573, pp. 329-335.
34. Stringham, J. M., and Hammond, B. Macular Pigment and Visual Performance Under Glare Conditions. *Optometry & Vision Science*. 85, 2008, 82-88.
35. Maci, S. Macular Pigment Optical Density in Macular Health and Visual Function. *European Ophthalmic Review*. 2012.
36. Maci, S. The Role of Lutein in Eye Health. *European Ophthalmic Review*. 2010, Vol. 4.
37. Sujak, A., Gabrielska, J., Grudziński, W., et al. Lutein and zeaxanthin as protectors of lipid membranes against oxidative damage: the structural aspects. *Arch Biochem Biophys*. 371(2), 1999, 301-7.
38. Mangels, A. R., Holden, J. M., Beecher, G. R., Forman, M. R., & Lanza, E. Carotenoid content of fruits and vegetables: An evaluation of analytic data. *Journal of the American Dietetic Association*. 93(3), 1993, 284-296, pp. 284-296.
39. Age-Related Eye Disease Study 2 Research Group. *Lutein + Zeaxanthin and omega-3 fatty acids for age-related macular degeneration: the Age-Related Eye Disease Study 2 (AREDS2) randomized clinical trial*. . 2013, 2005-2015.
40. Hammond, B. R., Fletcher, L. M., Roos, F., Wittwer, J., and Schalch, W. A double-blind, placebo-controlled study on the effects of lutein and zeaxanthin on photostress recovery, glare disability, and chromatic contrast. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 55, 2014, 8583-8589.
41. Oh, J. et al. Radical scavenging activity-based and AP-1-Targeted anti-inflammatory effects of lutein in macrophage-like and skin keratinocyte cells. *Mediators of Inflammation*. 2013.
42. Li, R. et al. Xanthophylls lutein and zeaxanthin modify gene expression and induce synthesis of hyaluronan in keratinocyte model of human skin. *Biochemistry and biophysics reports*. 2015, 52-58.
43. Hammond, B. R., Johnson, E. J., Russell, R. M., Krinsky, N. I., Yeum, K. J., Edwards, R. B., et al. Dietary modification of human macular pigment density. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 38(9), 1997, 1795-1801, pp. 1795-1801.
44. Johnson, E. J., Hammond, B. R., Yeum, K. J., Qin, J., Wang, X. D., Castaneda, C., et al. Relation among serum and tissue concentrations of lutein and zeaxanthin and macular pigment density. *American Journal of Clinical Nutrition*. 71(6), 2000, 1555-1562, pp. 1555-1562.
45. Bone, R.A., Landrum, J.T., Dixon, Z., Chen, Y., & Llerena, C.M. Lutein and zeaxanthin in the eyes, serum and diet of human subjects. *Experimental Eye Research*. 71(3), 2000, 239-245.
46. Bone, R.A., Landrum, J.T., Guerra, L.H., & Ruiz, C.A. Lutein and zeaxanthin dietary supplements raise macular pigment density and serum concentrations of these carotenoids in humans. *Journal of Nutrition*. 133(4), 2003, 992-998.
47. Dawczynski, J., Jentsch, S., Schweitzer, D., Hammer, M., Lang, G. E., and Strobel, J. Long term effects of lutein, zeaxanthin and omega-3-LCPUFAs supplementation on optical density of macular pigment in AMD patients: the LUTEGA study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 251, 2013, 2711-2733.

Wlódia Möller Vilar é Gerente da Área Técnica & Regulatória Human Nutrition and Health Division - Kemin.



Kemin do Brasil Ltda.
Tel.: (19) 2107-8053
www.kemin.com