

เลนส์ตาเทียมชนิดกรองแสงสีน้ำเงินดีหรือไม่? (Blue-light filter or Clear Intraocular lenses)

อัมพร จงเสรีจิตต์

ต้อกระจก (Cataract) เกิดจากเลนส์แก้วตาเสื่อม ทำให้เลนส์แก้วตาขุ่นมัวทำให้มองไม่ชัด อ่านหนังสือไม่ชัด แก้วตาที่ขุ่นลงนี้ ส่งผลให้กำลังหักเหของแสงผิดไป ตลอดจนขัดขวางไม่ให้แสงเข้าตา ดังนั้นจึงทำให้มองเห็นภาพไม่ชัดเจน **โรคต้อกระจกนับเป็นปัญหาสาธารณสุขของประเทศไทยที่สำคัญ** จากรายงานผลการสำรวจสถานะตาบอด สายตาเลือนราง โรคตาที่เป็นปัญหาสาธารณสุข ครั้งที่ 4 ในประเทศไทย ผลการศึกษาระบุว่า ก่อนมีระบบหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า **พบว่าประชาชนมีปัญหาการเข้าถึงการรักษาอย่างมาก** ทั้งจากข้อจำกัดของหน่วยบริการและบุคลากรทางการแพทย์ ทำให้หน่วยบริการของรัฐสามารถผ่าตัดต้อกระจกให้กับผู้ป่วยได้เพียง 40,000 รายต่อปีเท่านั้น **ส่งผลให้มีผู้ป่วยต้อกระจกที่ตกค้างและรอคิวผ่าตัดจำนวนมาก** แม้ในปัจจุบันการมีระบบหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า แต่การบริการผ่าตัดโรคต้อกระจกก็ยังไม่สามารถทำได้อย่างทั่วถึงในทุกพื้นที่ และพบว่าอัตราความชุกของโรคต้อกระจกในทุกกลุ่มอายุอยู่ที่ประมาณ ร้อยละ 9.22

อาการมองไม่ชัดเจน เป็นอาการที่เด่นชัดของต้อกระจก โดยตาจะมีอาการมัวลงอย่างช้าๆ และอาการมัวจะเป็นมากขึ้นในที่มีแสงสว่างจ้าโดยเฉพาะเมื่ออยู่กลางแจ้งแดด ในทางตรงกันข้ามการมองเห็นจะดีขึ้นเมื่อเวลาพลบค่ำหรือที่มีแสงสลัวๆ นอกจากนั้นผู้ป่วยจะมีการมองเห็นภาพซ้อนขึ้นเนื่องมาจากการหักเหของแสงไม่ลงพอดีที่จอประสาท ในบางคนอาจมีอาการมองเห็นวงแหวนรอบแสงไฟ มองเห็นผ้าขาวบริเวณกลางรูม่านตา เป็นต้น การรักษา วิธีการแรกโดยการผ่าตัดเพื่อเลนส์แก้วตามอกมาแล้วใส่เลนส์ตาเทียมเข้าไปแทนที่ ส่วนอีกวิธีการที่นิยมได้แก่การผ่าตัดโดยวิธีการสลายต้อกระจกโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงสลายต้อกระจกแล้วใส่เลนส์ตาเทียมเข้าแทนที่เช่นเดียวกัน โดยวิธีการหลังนี้นั้นได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากบาดแผลมีขนาดเล็กกว่าและมีความปลอดภัยมากขึ้น

ในทศวรรษนี้วิชาการด้านจักษุวิทยา มีหลายเรื่องที่เป็นประเด็นถกเถียงกันว่าอะไรจะดีกว่ากัน ตัวอย่างเช่น เลนส์แก้วตาเทียมมองหลายระยะโดย เลียนแบบการโป่งตัวของเลนส์ธรรมชาติ (IOLs) กับ เลนส์แก้วตาเทียมสำหรับมองหลายระยะ โดยใช้หลักการกระจายแสง (Multifocal IOLs) อะไรจะดีกว่าและเหมาะสมกว่ากัน หรือ การผ่าตัดสลาย

ผู้อำนวยการฝ่ายการแพทย์ โรงพยาบาลลาดพร้าว

ต่อกระจกด้วยวิธีผ่าตัดแบบไมโคร อินคิชัน (Micro incision) กับและการผ่าตัดแบบโคแอกเซียล (Co-axial) วิธีไหนดีกว่ากัน อีกเรื่องที่จะกล่าวต่อไปก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจว่า อะไรที่เหมาะสมกว่ากันนั่นคือ เลนส์เทียมที่ย้อมน้ำเงิน (blue-light filter IOLs) กับเลนส์เทียมที่ไม่มีสีแต่ใสสารกันแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV blocking IOLs) แบบไหนที่มีความเหมาะสมในการทำงานใช้งานมากกว่ากัน เพราะเป็นที่พิสูจน์แล้วว่าแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet: UV) เป็นแสงที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อกระจกตา เลนส์ตา และจอประสาทตา (Wald, 1945; Ham , Mueller, & Sliney, 1967) แสงนี้มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 400 นาโนเมตร (nm) ส่วนแสงที่มนุษย์เราสามารถมองเห็นได้ (visible light) นั้นจะมีความยาวคลื่น อยู่ระหว่าง 400-700 นาโนเมตร โดยเริ่มตั้งแต่สีม่วงจนไปถึงสีแดงดังที่เราเห็นสีของรุ้งหลังฝนตก ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่านี้ก็จะตกอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า อินฟราเรด (infrared) ดังนั้นการใช้เลนส์ตาต้องคำนึงถึงระดับแสงต่างๆ ดังรายละเอียด ตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงแสงในระดับต่างๆ (Electromagnetic spectrum)
(Pokomy, et al, 1979)

Region	Wavelengths (nm)
Ultraviolet	< 400
Violet	400-440
Blue	440-500
Green	500-570
Yellow	570-590
Orange	590-610
Red	610-700
Infrared	> 700

* คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

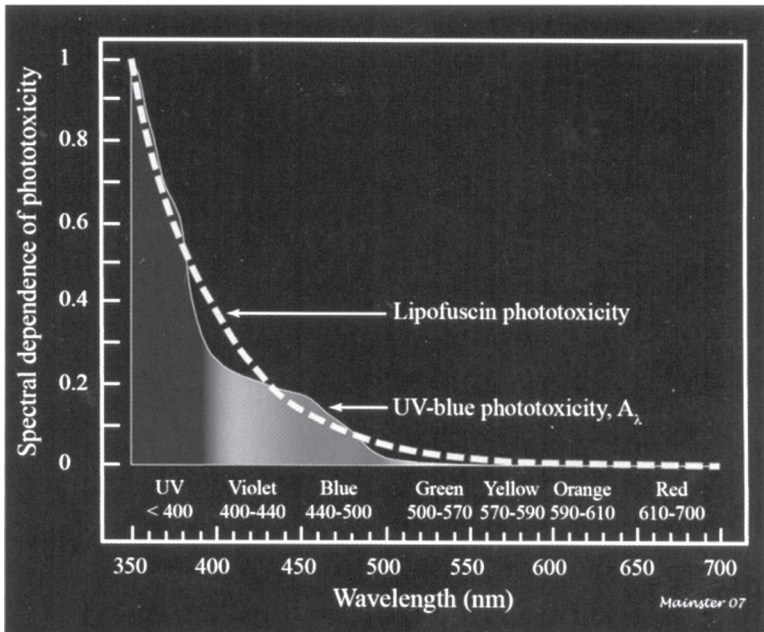
การผ่าตัดต้อกระจกนั้น คือ การที่เอาเลนส์ตาของมนุษย์ (Crystalline lens) ที่ขุ่นออก แล้วจึงใส่เลนส์เทียม (IOLs) เข้าแทนที่ โดยเลนส์เทียมรุ่นแรกๆ มิได้ใสสารที่กันแสงยูวี จนกระทั่ง ค.ศ.1978 เมนสเตอร์ (Mainster) ได้รายงานอันตรายของแสงยูวีแก่จอประสาทตาที่ผ่านเลนส์เทียม (Mainster, 1978; Mainster, 1978) หลังการผ่าตัดต้อกระจกจากนั้นได้มีข้อมูลยืนยันถึงอันตรายจากแสง UV ที่ผ่านเลนส์เทียมเข้าสู่จอประสาทตา จึงมีการผลิตเลนส์เทียมที่ใสสารกันยูวี (UV -blocking chromophores) เข้าในเนื้อเลนส์เทียม (Mainster, 1986) ต่อจากนั้นเริ่มมีข้อมูลว่าแสงสีม่วง-น้ำเงิน ก็ยังเป็นอันตรายต่อจอประสาทตาด้วย (Mainster, 1986) จึงมีหลายบริษัทที่ผลิตเลนส์เทียมได้ใสสารสีเหลืองเข้าไปในเนื้อเลนส์ เพื่อเป็นฟิลเตอร์ตัดแสงสีม่วง-น้ำเงิน (Blue -blocking IOLs) ซึ่งมีทั้งผู้เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย ด้วยเหตุผลต่างๆ ดังจะกล่าวต่อไป แต่จะขอกล่าวถึงอันตรายของแสงที่ตามองเห็น (visible light) เสียก่อน

แสงที่ตามองเห็น (Visible light) จะเป็นอันตรายต่อจอประสาทตาได้ 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. อันตรายของแสงต่อจอประสาท (Retinal phototoxicity) คือ อันตรายของแสงที่มีต่อจอประสาทตาโดยตัวแสงเองและเกิดขึ้นทันทีหรือหลังจากที่ตาได้รับแสงไม่นาน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด

- 1.1 อันตรายต่อจอประสาทชนิดสีน้ำเงิน-เขียว (Blue - green retinal phototoxicity (Noell, et al, 1966) (Noell,1980) ซึ่งมีความยาวคลื่น 440 - 550 นาโนเมตร โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตัวสารที่ชื่อโรดอปซิน (rhodopsin) ซึ่งอยู่ในเซลล์ประสาทตา แต่เนื่องจากแสงในช่วงคลื่นนี้มีพลังงานน้อยกว่า จึงต้องใช้เวลาและความเข้มแสงที่มากจึงก่อให้เกิดอันตรายได้

- 1.2 อันตรายต่อจอประสาทชนิดแสงอัลตราไวโอเลต-สีน้ำเงิน (Ultraviolet-blue retinal phototoxicity) ซึ่งมีความยาวคลื่น < 440 นาโนเมตร แสงช่วงคลื่นนี้จะเกิดอันตรายต่อจอประสาทตาได้เร็วกว่าและรุนแรงกว่าแสงน้ำเงิน-เขียว (blue - green) (Mellerio, 1994) ตัวอย่างที่พบได้ทางคลินิก เช่น ความผิดปกติของจอตาส่วนกลางทำให้การมองเห็นผิดปกติ (solar retinopathy) เป็นต้น จริงๆแล้วอยากจะเรียกแสงยูวีสีน้ำเงิน (UV - blue) ว่ายูวีไวโอเลตมากกว่า (UV- violet) ทั้งนี้เพราะแสงที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 440 จะนาโนเมตรจะมีสีออกมาทางสีม่วงมากกว่าสีน้ำเงินแล้ว ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงโทนสีของแสงที่มีความยาวคลื่นในระดับต่างๆ กับระดับของอันตรายต่อสายตา (Acute UV-blue phototoxicity (A) and lipofuscin phototoxicity) (Mainster, 2006)

ในรูปที่ 1 ได้แสดงถึงอันตรายต่อจอประสาทตีสีน้ำเงิน-เขียว (UV-blue phototoxicity) ซึ่งแสดงถึง แสงยูวี มีอันตรายมากกว่าแสงสีม่วง และแสงสีม่วงอันตรายกว่าแสงสีน้ำเงิน ซึ่งค่ามาตรฐานของอันตรายต่อจอประสาท (International Standard Phototoxicity risk function (A) ได้มาจากการทำวิจัยในลิงโดยใช้แสงซีนอน แลมป์ (Xenon Lamps) ส่องเข้าไปในตาลิงที่ถูกขยายม่านตาได้ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ในน้อยในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ยกเว้นในบางกรณี เช่น การจ้องดวงอาทิตย์โดยตรงในเวลากลางวัน

2. แสงความยาวคลื่นสั้น (short wavelength light) เป็นปัจจัยเสี่ยงก่อให้เกิดโรคจอประสาทตาเสื่อม (Age- related macula degeneration: AMD) โดยพบว่าปัจจัยเสี่ยงให้เกิดโรค AMD ได้แก่ อายุ (Seddon, 2005) เชื้อชาติ พันธุกรรม Klein, 2005) และการสูบบุหรี่ (Jain, Prasad, & Gupta, 1984; Evans, Fletcher, & Wormald, 2005; Kelly, Thornton, & Lyratzopolous, 2004 ; Smith, et al. ,2001) ส่วนข้อมูล

ที่ว่าแสงที่มองเห็นได้โดยสายตา (visible light) ในธรรมชาติเป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรค AMD นั้น มีทฤษฎีที่ว่า เมื่อเซลล์ของจอประสาทตาได้รับแสงบ่อยครั้งอาจจะทำให้เกิดโรค AMD (Mainster, 2006; Mainster, & Turner, 2008; Mainster, & Boulton, 2008) และยังมีรายงานทฤษฎีกลไกหลายอย่างที่ทำให้เกิด AMD เช่น ความขุ่นของนิวเคลียส (choroidal sclerosis) เป็นต้น จากการศึกษาของบีเวอร์ แดน (Beaver Dan) และบลูเมาเทินอาย (Blue Mountain Eye) (Klein, 2002; Wang, et al, 2003) พบว่าการผ่าตัดต่อกระจกมีความสัมพันธ์กับโรคจอประสาทตาเสื่อม (AMD) แต่การศึกษาของเทเลอร์และคณะ (Taylor, et al, 1992) และทอมมีและคณะ (Tomany, et al, 2004) พบเพียงว่าแสงที่สายตามองเห็น อาจจะมีผลให้เกิด AMD ในบางกรณีเท่านั้น ส่วนการศึกษาของเออาตีเอส (ARDS) รวมถึงการศึกษาอีกหลายเรื่อง (Martin, et al, 2002; Hirvela, et al, 1996; Delcourt, et al, 2001; McCarty, et al, 2001; Arch Ophthalmol, 1992; Darzins, Mitchell, & Heller, 1997) ได้แสดงว่า แสงธรรมชาติ (environment light) ไม่ใช่ปัจจัยเสี่ยงของการเกิด AMD ในประเทศสหรัฐอเมริกา ศูนย์การแพทย์ (The Center for Medicare) และศูนย์บริการทางการแพทย์ (Medicaid Services) ได้สรุปไว้ว่าไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดว่าแสงธรรมชาติมีความสัมพันธ์กับการเกิด AMD (Federal Registry, 2005) ซึ่งโดยสรุปจะเห็นว่าอันตรายของแสงต่อการเกิด AMD ต้องมีการศึกษาเพื่อยืนยันให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตอนนี้จึงเหลือประเด็นว่า เลนส์เทียมนั้นควรจะใส่อะไรให้แสงเพื่อป้องกันแสงสีน้ำเงินที่ความยาวคลื่น 400 - 500 นาโนเมตรหรือไม่ เพื่อป้องกันการเกิดอันตราย หรือจะใส่อะไรกันแสงยูวีเท่านั้น ซึ่งสามารถป้องกันแสงความยาวคลื่นน้อยกว่า 420 นาโนเมตรลงมาเท่านั้น (ซึ่งไม่กันแสงในช่วงความยาวคลื่น 420 - 440 นาโนเมตร)

หากแสงสีน้ำเงิน (440-500 นาโนเมตร) ไม่มีความสำคัญเลย เราคงไม่ต้องมาถกเถียงกัน แต่จากการศึกษาหลายงานวิจัย พบว่าแสงสีน้ำเงินมีประโยชน์ใน 2 กรณี คือ มีผลต่อตัวรับที่ไวต่อแสงทำงานในที่แสงสลัว (Scotopic) และตัวที่ไวต่อแสงทำให้มองเห็นวัตถุสีขาว - ดำ (mesopic vision)

มีผลต่อการควบคุมกิจกรรมประจำวันของร่างกาย (Circadian rhythm)

1. ตัวรับที่ไวต่อแสงทำงานในที่แสงสลัว และตัวที่ไวต่อแสงทำให้มองเห็นวัตถุสีขาว - ดำ (Scotopic และ mesopic vision)

พบว่าแสงสีน้ำเงินมีผลต่อการมองเห็น (photopic vision) ร้อยละ 7 และร้อยละ 35 มีผลต่อตัวรับที่ไวต่อแสงทำงานในที่แสงสลัว (scotopic sensitivity) (Mainster, 2006) ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของการมองเห็นในที่มืดแสงน้อย โดยที่ตัวรับแสง (rod cell) จะ

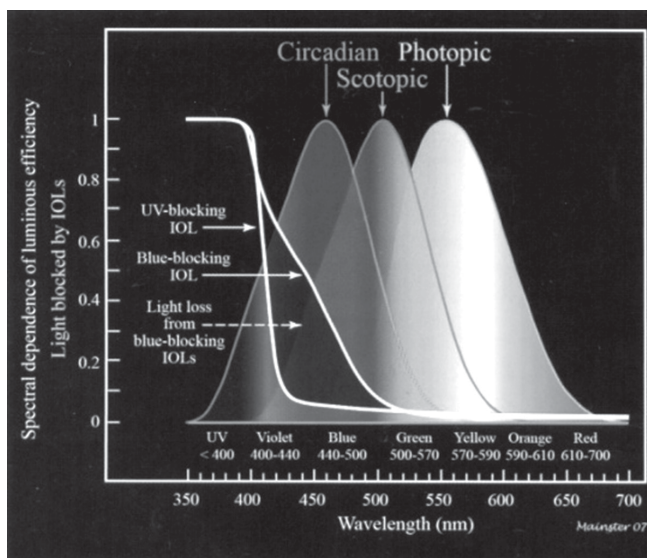
มีผลต่อลานสายตาในเวลากลางคืน (night visual field) (Gegenfurtner, Mayser, & Sharpe, 2000) จากการศึกษาพบว่าตัวรับที่ไวต่อแสงทำงานในที่แสงสลัว (scotopic vision) และภาวะอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับตัวรับแสง จะลดลงตามอายุที่มากขึ้นและขนาดรูม่านตา (pupil) ที่ลดลง (Yang, Thompson, & Burns, 2002; Loewenfeld, 1979) รวมทั้งความขุ่นที่เพิ่มขึ้นของเลนส์ตา (crystalline lens) (Barker, & Brainard, 1991) โดยตัวรับที่ไวต่อแสงทำงานในที่แสงสลัวจะลดลงเป็น 2 เท่าของตัวที่ไวต่อแสงทำให้มองเห็นวัตถุสีขาว – ดำ (photopic vision) ในผู้ที่อายุมากกว่า 50 ปี (Mainster, & Turner, 2008; Jackson, & Owsley, 2000) ทำให้เกิดปัญหาในการทำกิจกรรมต่างๆในเวลากลางคืนหรือที่มีแสงน้อย (Owsley, Stalvey, & Phillip, 2003) โดยเฉพาะการขับรถในเวลากลางคืน (Scilley, Jackson, & Cideciyan, 2002) การลดลงของการมองเห็นในที่มืด (dark adaptation) ซึ่งมีผลที่ตามมา คือการหกล้มในผู้สูงอายุ (Mainster, & Sparrow, 2003)

2. มีผลต่อการควบคุมกิจวัตรประจำวันของร่างกาย (Circadian rhythm)

เป็นขบวนการที่อยู่ใต้จิตสำนึกของมนุษย์ อาจเรียกว่า “นาฬิกาชีวิต” ก็ได้ คือเป็นขบวนการที่ทำให้ร่างกายของคนปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับเวลากลางวันและกลางคืน ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพกายและจิตใจของมนุษย์เรา (Mainster, 2006; Mainster, & Turner, 2008) พบว่าขบวนการมีผลต่อการควบคุมกิจวัตรประจำวันของร่างกายโดยผ่านทาง การรับแสงน้ำเงิน (blue light sensitive retinal ganglion photoreception: RGP) ได้ถูกค้นพบในปี ค.ศ.2002 (Berson, Dunn, & Takao, 2002; Hatter, Liao, & Takao, 2002) โดยพบว่าแอกซอน (axon) ของเซลล์ประสาทด้านในของตา (retinal ganglion cells) มีบางส่วนได้ไปเชื่อมกับปลายประสาท (synapse) กับเซลล์ด้านหลังของธาลามัส (lateral geniculate nuclei of thalamus) แต่แอกซอน ส่วนใหญ่นั้นไปปลายประสาท (synapse) ในส่วนที่ไม่เกี่ยวกับการมองเห็น (non visual nuclei) คือที่ paired suprachiasmatic nuclei (SCN) ของไฮโปธาลามัส hypothalamus (Mainster, & Turner, 2008) ซึ่ง SCN นี้ก็คือนาฬิกาชีวิต (human body's master biological clock) ซึ่งเป็นส่วนที่การควบคุมกิจวัตรประจำวันของร่างกาย (circadian rhythmicity) ยกตัวอย่างของขบวนการนี้ เช่น ก่อนที่คนเราจะตื่นขึ้นในตอนเช้าจะเกิดขบวนการเพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตก่อนที่จะตื่นขึ้น (Mainster, & Turner, 2008)

ส่วน SCN นี้ จะมีผลต่อการหลั่งสารเมลาโตนิน (melatonin) ซึ่งสารเมลาโตนินนี้มีผลต่อขบวนการหลายอย่าง เช่น สารป้องกันมะเร็ง (anticancer) เป็นต้น พบว่าแสงสว่าง (bright light) ที่มีผลต่อการกีดการหลั่งเมลาโตนินนั้นมีระดับสูงสุดอยู่ที่แสง

ความยาวคลื่นที่ 460 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงแสงสีน้ำเงิน (ดังรูปที่ 2) และยังพบอีกว่าแสงสีน้ำเงิน มีผลต่อการกดการหลั่งเมลาโตนิน ถึง 55% (Mainster, 2006) ซึ่งเมลาโตนินนี้จะมีผล เพิ่มอุณหภูมิของร่างกาย การตื่นตัว และการรับรู้ เป็นต้น (Mainster, 2006; Mainster, & Turner, 2008; Lehl, Gerstmeier, & Jacob, 2007) มีหลายการศึกษาค้นพบประโยชน์ และโทษของการรบกวนขบวนการควบคุมกิจวัตรประจำวันของร่างกาย (Mainster, & Turner, 2008) ในผู้สูงอายุพบว่าการรับรู้และการควบคุมกิจวัตรประจำวันของร่างกาย (circadian photoreception) ลดลง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเลนส์ตามนุษย์ (Barker, & Brainard, 1991) และรูม่านตาที่เล็กลง (Yang, Thompson, & Burns, 2002; Loewenfeld, 1979) ดังนั้นจึงพบว่า การผ่าตัดต้อกระจกทำให้อาการนอนไม่หลับดีขึ้นและหลับในเวลากลางวันลดลง (Asplund, & Linblad, 2004)



รูปที่ 2. Circadian, Scotopic, และ photopic spectral sensitivities

จากข้อมูลที่มีอยู่ขณะนี้ จักษุแพทย์จะต้องคิดพิจารณาเลนส์เทียมให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละคน ข้อดีของเลนส์เหลืองที่ได้ทราบมาก่อนหน้านี้ ได้แก่ ลดการเกิดการถลอกอย่างเรื้อรัง (chromatic aberration) เพิ่มความไวต่อแสงที่ตดกั้น (contrast sensitivity) และลดโอกาสเกิดการระคายเคืองต่อเรตินา (retinal phototoxicity) เมื่อเทียบกับข้อเสีย คือ การลดลงของแสงสีน้ำเงินในเลนส์เหลือง ร้อยละ 15-20 จะมีผลต่อตัวรับที่ไวต่อแสงทำงานในที่แสงสลัว และตัวที่ไวต่อแสงทำให้มองเห็นวัตถุสีขาว – ดำ รวมถึงความผิดปกติของ circadian rhythm ในผู้สูงอายุ (ซึ่งต้องพิสูจน์ผลในทางคลินิกต่อไป)

กล่าวโดยสรุปแล้ว แสงสีน้ำเงินนอกจากจะมีโทษแล้วก็มีประโยชน์อยู่ในหลายกรณี ซึ่งเราอาจจะไม่ทราบมาก่อน โดยเฉพาะการที่มีผลต่อนาฬิกาของชีวิต (biological clock) ของมนุษย์เรา หากเป็นไปได้การที่เมื่ออยู่ในที่กลางแจ้ง เลนส์เทียมสามารถเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ที่สามารถกันแสงช่วงความยาวคลื่นที่ 420-440 นาโนเมตร และในเวลากลางคืนหรือในที่มืดแสงน้อย เลนส์เทียมนี้สามารถเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นใส่น่าจะเหมาะสมที่สุด เพื่อให้เกิดประโยชน์ทั้งสองกรณี แต่ในปัจจุบันยังไม่มีเลนส์เทียมชนิดนี้ อย่างไรก็ตามข้อดีและข้อเสียทั้งหมดของเลนส์เหลืองหรือใสดั่งที่กล่าวมานั้น อาจต้องพิสูจน์ด้วยผลการศึกษาระยะยาวทางคลินิก (Cohort study) เพื่อพิสูจน์ประโยชน์ของเลนส์ดังกล่าวในทางคลินิกต่อไป

References

- Wald, G. (1945). *Human vision and the spectrum*. Science. 101:653-8.
- Ham, T.W., Mueller H.A., and Sliney D.H. (1967). *Retinal sensitivity to damage from short wavelength light*. Nature. 260: 153-5.
- Pokorny, J, Smith, V.C., Verriest, G, and Pinckers, A.J.L.G. (1979). *Congenital and acquired color vision defects*. New York: Grune&Stratton.
- Mainster, M.A. (1978). *Spectral transmittance of intraocular lenses and retinal damage from intense light sources*. Am J Ophthalmol. 85:167-70.
- Mainster, M.A. (1978). *Solar retinitis, photic maculopathy and the pseudophakic eye*. J Am Intraocul Implant Soc. 4:84-6.
- Mainster, M.A. (1986). *The spectra, classification, and rationale of ultraviolet-protective intraocular lenses*. Am J Ophthalmol 102:727-32.
- Noell, W.K., Walker, V.S., Kang, B.S., and Berman, S. (1966). *Retinal damage by light in rats*. Invest Ophthalmol. 5: 450-73.
- Noell, W.K. (1980). *Possible mechanisms of photoreceptor damage by light in mammalian eyes*. Vision Res. 20:1163-1171.
- Mellerio, J. (1994). *Light effects on the retina*. In: Albert DM, Jakobiec FA, eds. *Principles and Practice of Ophthalmology*. 1 vol. Philadelphia:W.B. Saunders Company. 1326-45.
- Mainster, M.A. (2006). *Violet and blue light blocking intraocular lenses: photoprotection versus photoreception*. Br J Ophthalmol. 90: 784-92.
- Seddon, J. (2005). *Latest developments in genetic and nutritional factors associated with Age-related Macular Degeneration*. Keynote speech at vision 2005 on Tuesday, 5 April 2005.
- Klein, R.J. (2005). *Complement factor H polymorphism in age-related macular degeneration*. Science. 308: 385-9.
- Jain, I.S., Prasad, P., and Gupta, A. (1984). *Senile macular degeneration in India*. Ind J Ophthalmol. 32:343-6.

- Evans, J.R., Fletcher, A.E., and Wormald, R.P.L. (2005). *28,000 cases of age-related macular degeneration causing visual loss in people aged 75 years and above in the United Kingdom may be attributable to smoking*. British Journal of Ophthalmology. 550-553.
- Kelly, S.P., Thornton, J., and Lyratzopoulos, G. (2004). *Smoking and blindness strong evidence for the link but public awareness lags*. British Medical Journal. 328: 537-8.
- Smith, W., et al. (2001). *Risk factors for age-related macular degeneration. Pooled findings from three continents*. Ophthalmology. 108: 697-704.
- Mainster, M.A., and Turner, P.L. (2008). *Intraocular lens spectral filtering*. In: Steinert RF, ed. Cataract Surgery, 3rd ed, in press. London: Elsevier Ltd.
- Mainster, M.A., Boulton, M., and Retinal phototoxicity. (2008). In: Albert DM, Miller JW, Blodi BA, Azar DT, eds. Principles and Practice of Ophthalmology, 3rd ed, in press. London, UK: Elsevier.
- Klein, R., Klein, B.E., Wong, T.Y., Tomany, S.C., and Cruickshanks, K.J. (2002). *The association of cataract and cataract surgery with the long term incidence of age-related maculopathy: the Beaver Dam eye study*. Arch Ophthalmol. 120:1551-8.
- Wang, J.J., et.al. (2003). *Cataract surgery and the 5 year incidence of late-stage age-related maculopathy: pooled findings from the Beaver Dam and Blue Mountains eye studies*. Ophthalmology. 110:1960-7.
- Taylor, H.R., et.al. (1992). *The long term effect of visible light on the eye*. Arch Ophthalmol. 110:99-104.
- Tomany, S.C., Cruickshanks, K.J., Klein, R., Klein, B.E., and Knudtson, M.D. (2004). *Sunlight and the 10-year incidence of age-related maculopathy: the Beaver Dam eye study*. Arch Ophthalmol. 122:750-7.
- Martin, D.F., Gensler, G., Klein, B.E.K., Klein, R., and Chew, E.Y. (2002). *The effect of cataract surgery on progression to advanced AMD (abstract number 1907)*. ARVO annual meeting. Ophthalmology Fort Lauderdale, Florida. 76.

- Hirvela, H., Luukinen, H., Laara, E., Sc, L., and Laatikainen, L. (1996). *Risk factor of age-related maculopathy in a population 70 years of age or older*. *Ophthalmology*. 103:871-7.
- Delcourt, C., et.al. (2001). *Light exposure and the risk of age-related macular degeneration: the Pathologies Oculaires Liess a L'Age (POLA) study*. *Arch Ophthalmol*. 119:1463-8.
- McCarty, C.A., Mukesh, B.N., Mitchell, P., Wang, J.J., and Taylor, H.R. (2001). *Risk factors for age-related maculopathy: The Visual Impairment project*. *Arch Ophthalmol*. 119:1455-62.
- Arch, O. (1992). *The Eye Disease Case-Control Study Group. Risk factors for neovascular age-related macular degeneration*. 110:1701-8.
- Darzins, P., Mitchell, P., and Heller, R.F. (1997). *Sun exposure and age-related macular degeneration. An Australian case-control study*. *Ophthalmology*. 104:770-6.
- Federal, R. (2005). *The Centers for Medicare & Medicaid Services. Medicare program: disapproval of adjustment in payment amounts for new technology intraocular lenses furnished by ambulatory surgical centers*. 70:15337-40.
- Gegenfurtner, K.R., Mayser, H.M., and Sharpe, L.T. (2000). *Motion perception at scotopic light levels*. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 17:1505-15.
- Yang, Y., Thompson, K., and Burns, S.A. (2002). *Pupil location under mesopic, photopic, and pharmacologically dilated conditions*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 43:2508-12.
- Loewenfeld, I.E. (1979). *Pupillary changes related to age*. In: Thompson HS, Daroff R, Frisen L, Glaser JS, Sanders MD, eds. *Topics in Neuro-ophthalmology*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins. 124-50.
- Barker, F.M., and Brainard, G.C. (1991). *The direct spectral transmittance of the excised human lens as a function of age, FDA 785345-6*. Washington, DC: U.S. Food and Drug Administration.
- Jackson, G.R., and Owsley, C. (2000). *Scotopic sensitivity during adulthood*. *Vision Res*. 40:2467-73.

- Owsley, C., Stalvey, B.T., and Phillip, J.M. (2003). *The efficacy of an educational intervention in promoting self-regulation among high-risk older drivers.* *AccidAnal Prev.* 35:393-400.
- Scilley, K., Jackson, G.R., and Cideciyan, A.V. (2002). *Early age-related maculopathy and self-reported visual difficulty in daily life.* *Ophthalmology.* 109:1235-42.
- Mainter, M.A., and Sparrow, J.R. (2003). *How much blue light should an IOL transmit?* *Br J Ophthalmol.* 87:1523-9.
- Berson, D.M., Dunn, F.A., and Takao, M. (2002). *Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock.* *Science.* 295:1070-1073.
- Hatter, S., Liao, H.W., and Takao, M. (2002). *Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity.* *Science.* 295:1065-1070.
- Lehrl, S., Gerstmeier, K., and Jacob, J.H. (2007). *Blue light improves cognitive performance.* *J Neural Transm.* 114:457-60.
- Asplund, R., and Linblad, B.E. (2004). *Sleep and sleepiness 1 and 9 months after cataract surgery.* *Arch Gerontol Geriatr.* 38:69-75.