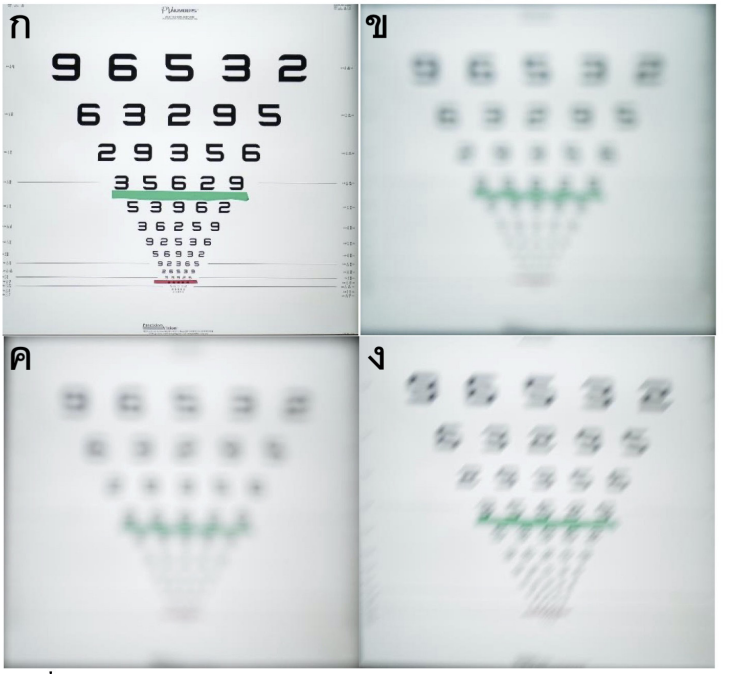
DOI: 10.14457/CU.doc.2021.23

การพัฒนาของการรักษาภาวะสายตาผิดปกติ (revolution of refractive error correction)

ธนัชพร กิตติพิบูลย์

บทนำ

ภาวะสายตาผิดปกติ หรือ refractive error เป็นภาวะที่แสงเดินทางผ่านเข้ามาในดวงตาและเกิดการรวมเป็นภาพ ในตำแหน่งที่ไม่ใช่ที่บริเวณของจอประสาทตา ทำให้ผู้ป่วยมีระดับและคุณภาพการมองเห็นที่ต่ำลง กรณีของภาวะสายตาสั้น หรือ myopia จะเกิดการรวมภาพในตำแหน่งที่อยู่หน้าต่อจุดรับภาพชัดของจอประสาทตา ในขณะที่ภาวะสายตายาว หรือ hyperopia จะเกิดการรวมภาพในตำแหน่งที่อยู่หลังต่อจุดรับภาพชัดของจอประสาทตา นอกจากนี้ ภาวะสายตาเอียง หรือ astigmatism ซึ่งเป็นภาวะที่แสงที่เดินทางเข้ามาในดวงตาไม่สามารถรวมตัวเป็นภาพที่จุดใดจุดหนึ่ง ก่อให้เกิดการเบี่ยงเบนของแสงในตำแหน่งต่าง ๆ (optical aberration) ทำให้ผู้มีสายตาเอียง มีระดับการมองเห็นที่ไม่ดีเช่นกัน[1] ดังแสดงในรูปที่ 1

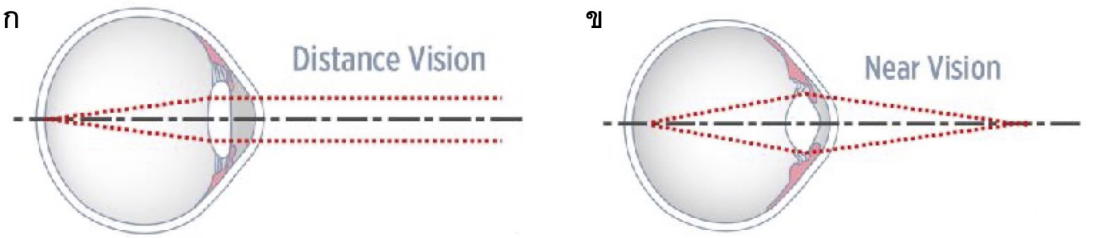


รูปที่ 1. ลักษณะการมองเห็นจากสภาวะสายตาต่าง ๆ ก. บ่งถึงภาวะสายตาปกติ ข. บ่งถึงภาวะสายตาสั้น (-2.00 diopter) ค. บ่งถึงภาวะสายตายาว (+2.00 diopter) และ ง. บ่งถึงภาวะสายตาเอียง (-2.00 diopter)

ค่าสายตาในแต่ละบุคคล มีผลมาจากกระจกตา (corneal power) เลนส์แก้วตา (lens power) โครงสร้างของช่องหน้าม่านตา (anterior chamber depth) และความยาวของลูกตา (axial length) ทั้งนี้ค่าสายตาดังกล่าวมักจะมีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกล่าวคือ ในช่วงวัยแรกเกิดทารกจนถึงช่วงอายุ 2 ปี จะมีภาวะของสายตายาวที่ประมาณ +3.00 diopter โดยเมื่อดวงตามีการเปลี่ยนแปลงผ่านกระบวนการ emmetropization อันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกระจกตา-เลนส์ตา และมีขนาดของลูกตาที่เจริญใหญ่ขึ้น จะพบว่าค่าสายตายาวดังกล่าวจะมีการปรับลดลงในช่วงอายุ 6-7 ปี โดยค่าสายตาจะเริ่มคงที่และมีการปรับเข้าใกล้ค่าสายตาปกติ (emmetropia) ในช่วงอายุ 16 ปี[2,3]

นอกจากภาวะที่กล่าวถึงข้างต้น เกี่ยวกับ ภาวะสายตาสั้น ภาวะสายตายาว และภาวะสายตาเอียง พบว่า อีกหนึ่งภาวะที่เริ่มมีความสำคัญและมีอุบัติการณ์เพิ่มมากขึ้น คือภาวะสายตายาวตามวัย หรือ presbyopia เป็นภาวะที่พบได้มากขึ้นในประชากรอายุเกิน 40 ปี โดยผู้มีภาวะดังกล่าว จะประสบปัญหาการปรับสายตาจากระยะไกลมาเป็นระยะใกล้ (accommodation) ซึ่งจะต้องอาศัยการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่าง เลนส์แก้วตา (lens and capsule) และเส้นเอ็นที่ยึดรอบเลนส์แก้วตา (zonular fiber) และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเลนส์แก้วตา นำไปสู่

การเปลี่ยนแปลงค่าสายตาให้สามารถมองเห็นได้ในระยะใกล้ ดังรูปที่ 2 ในปัจจุบันเชื่อว่าภาวะ presbyopia เกิดมาจากหลายปัจจัย (multifactorial) ทั้งนี้ได้มีการกล่าวถึงสมมติฐานต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิด presbyopia ดังเช่น[4]



รูปที่ 2. แสดงกลไกการปรับโครงสร้างภายในลูกตา ที่ระยะการมองเห็นต่าง ๆ ก. แสดงลักษณะการเดินทางของแสงจากระยะปกติ เข้ามาสู่ดวงตาที่มีค่าสายตาปกติ พบว่ามีการรวมภาพที่จุดรับภาพชัดที่จอประสาทตา และ ข. แสดงลักษณะการเดินทางของแสงจากระยะใกล้ เข้ามาสู่ดวงตาที่มีค่าสายตาปกติ พบว่ามีการปรับโครงสร้างของเลนส์แก้วตาและเส้นเอ็นที่ยึดบริเวณโดยรอบจนเกิดการรวมภาพที่จุดรับภาพชัดที่จอประสาทตา

1. Lens- and capsule-based theory

เกิดจากการที่เยื่อ capsule มีความยืดหยุ่นที่ลดลง ร่วมกับ เนื้อเยื่อใน lens ที่แข็งมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการปรับเปลี่ยนรูปร่างของเลนส์แก้วตานั้นลดลง

2. Extralenticular theory

เกิดจากการสูญเสียความสามารถยืดหดตัวของ zonular fibers ทำให้แรงของเส้นเอ็นในการช่วยปรับเปลี่ยนรูปร่างเลนส์ลดลง

3. Geometric theory

เกิดจากการลดลงของระยะระหว่างตัว lens และ zonular fiber ทำให้แรงตึงระหว่างโครงสร้างทั้ง 2 ลดลงตามมา

ในช่วงวัยเด็ก ดวงตาของเราจะมีค่า accommodation amplitude ที่สูงถึง 15 diopter และจะคงอยู่ที่ระดับ 12-16 diopter ในช่วงวัยรุ่น และเริ่มมีการลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าค่า accommodation amplitude ลดลงเป็น 4-8 diopter ที่ช่วงวัย 40 ปี และลดลงเหลือไม่ถึง 2 diopter ในช่วงวัย 50 ปี[5]

อุบัติการณ์ของภาวะสายตาผิดปกติ

ภาวะสายตาสั้น (myopia)

มีรายงานในประเทศสหรัฐอเมริกา พบอุบัติการณ์ของผู้มีภาวะสายตาสั้นตั้งแต่ 0.75 diopter ขึ้นไปในช่วงอายุระหว่าง 5-17 ปี อยู่ที่ร้อยละ 9 ในขณะที่พบอุบัติการณ์ดังกล่าวสูงขึ้นเป็นร้อยละ 25 ที่กลุ่มอายุเกิน 40 ปีขึ้นไป เช่นเดียวกับข้อมูลจากประเทศแคนาดา ที่ได้รายงานอุบัติการภาวะสายตาสั้นที่สูงขึ้นตั้งแต่ช่วงอายุ 7-40 ปี[6] นอกเหนือจากอุบัติการณ์ที่แตกต่างกันตามช่วงอายุ พบว่าเชื้อชาติก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อภาวะสายตาสั้น โดยอุบัติการณ์ของภาวะสายตาสั้น จะสูงกว่าในกลุ่มประชากรเชื้อสายเอเชีย ดังที่มีการศึกษาจากประเทศไต้วันที่พบอุบัติการณ์ของภาวะสายตาสั้นที่ร้อยละ 12 ในช่วงวัย 6 ปี และร้อยละ 84 ในช่วงวัย 16-18 ปี นอกเหนือจากปัจจัยข้างต้น การทำงานในระยะใกล้ในสัดส่วนที่มากขึ้นรวมไปถึงการได้รับการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น ก็เป็นอีกปัจจัยที่มีรายงานว่าสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอุบัติการณ์สายตาสั้น

ภาวะสายตายาว (hyperopia)

จากการศึกษาก่อนหน้า พบว่าอุบัติการณ์ของภาวะสายตายาวจะพบสูงขึ้น ในช่วงวัยขวบปีแรก และช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย ดังรายงานจากประเทศแคนาดาที่พบภาวะสายตายาวโดยเฉลี่ย +1.79 diopter ในช่วงวัยขวบปีแรก และพบอุบัติการณ์ของภาวะสายตายาวสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงวัย 60 ปี[6] เช่นเดียวกันกับรายงานจากประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าอุบัติการณ์โดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 10 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในกลุ่มอายุที่เยอะขึ้นในช่วงอายุ 40 ปี พบรายงานอุบัติการณ์สายตายาวที่ร้อยละ 5 ถึง 20 ในขณะที่อุบัติการณ์เพิ่มสูงถึงร้อยละ 60 ในช่วงอายุ 70-80 ปี

ภาวะสายตาเอียง (astigmatism)

มีรายงานในประเทศสหรัฐอเมริกา พบอุบัติการณ์ของสายตาเอียงเกิน 1.00 diopter ในช่วงอายุ 5-17 ปี ที่ร้อยละ 28 ซึ่งมีรายงานอุบัติการณ์ที่สูงขึ้นในกลุ่มอายุที่มากขึ้น โดยในช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไปมีรายงานภาวะนี้ที่ร้อยละ 31[1,2]

ภาวะสายตายาวตามวัย (presbyopia)

จากการรวบรวมข้อมูลในช่วงปี ค.ศ. 2015 ที่ผ่านมา พบว่ามีรายงานผู้มีภาวะ presbyopia ทั่วโลกสูงถึง 1.8 พันล้านราย ทั้งนี้มีรายงานอุบัติการณ์ในช่วงปี 2020 อยู่ที่ร้อยละ 25 มีการคาดการณ์ว่า อุบัติการณ์ดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการคาดการณ์ว่าอุบัติการณ์ของภาวะสายตาสั้นจะมีการเพิ่มขึ้นเช่นกันในอีก 20 ปี ทำให้ในช่วงปี ค.ศ. 2040-2050 จะมีแนวโน้มที่อัตราของผู้มีปัญหา presbyopia จะลดลงมาอยู่ที่ร้อยละ 23 และ 20 ตามลำดับ[7]

แนวทางการรักษาภาวะสายตาผิดปกติ

ในที่นี้จะขอกล่าวแยกเป็น 2 กรณีดังนี้คือ ภาวะสายตาผิดปกติจากการมีค่าสายตาสั้น-ยาว-เอียง และภาวะสายตายาวตามวัย

I. ภาวะสายตาผิดปกติ จากการมีค่าสายตาสั้น-ยาว-เอียง

เป้าหมายหลักของการให้การรักษาผู้ป่วยที่มีภาวะสายตาผิดปกติคือการทำให้ผู้ป่วยสามารถกลับมามีระดับและคุณภาพการมองเห็นที่ดีขึ้น มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และสามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ดียิ่งขึ้น โดยมีแนวทางหลัก 2 ประการใหญ่ ๆ คือ การรักษาแบบไม่ผ่าตัด และการรักษาแบบผ่าตัด

1. การรักษาแบบไม่ผ่าตัด

1.1 การใส่แว่นสายตา

เป็นวิธีการที่ปลอดภัยและง่าย สามารถแก้ไขภาวะสายตาสั้น สายตายาว และสายตาเอียง ทั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ อันได้แก่ การแก้ไขค่าสายตาที่มีค่ามาก โดยเฉพาะค่าสายตาเอียง การมีค่าสายตาที่ต่างกันมากกว่า 3 diopter ระหว่างตาทั้ง 2 ด้าน และการใช้เลนส์แบบพิเศษบางชนิด เช่น เลนส์ชนิด progressive อาจทำให้ผู้ป่วยบางรายมีปัญหาเกี่ยวกับการปรับตัวเป็นต้น

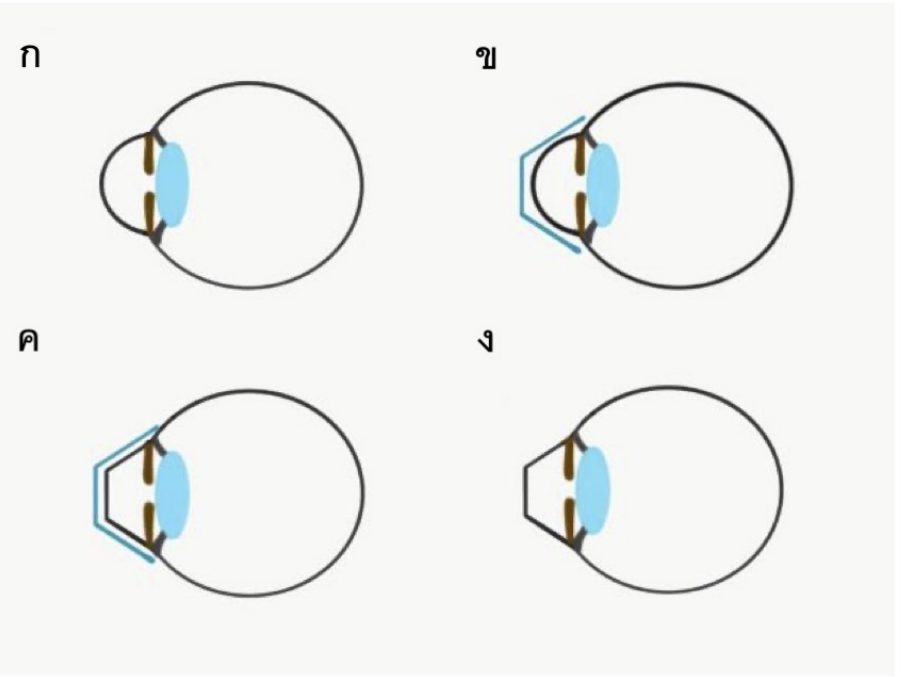
1.2 การใส่เลนส์สัมผัส

เป็นวิธีการแก้ไขสายตาที่บริเวณของพื้นผิวดวงตาโดยตรง เป็นเหตุให้สามารถแก้ไขสายตาได้ในช่วงสายตาที่กว้างมากขึ้น เบื้องต้นการใส่เลนส์สัมผัสชนิดนิ่ม จึงได้รับความนิยมมากขึ้น ซึ่งจากรายงานในช่วงปี 2013 พบว่ามีผู้ใส่เลนส์สัมผัสทั่วโลกมากถึง 140 ล้านราย โดยพบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่มีคุณภาพของการมองเห็นที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใส่แว่นตา นอกเหนือจากการมีภาพลักษณ์ที่ผู้ใส่พึงพอใจมากขึ้นจากการไม่ใส่แว่นตา การใส่เลนส์สัมผัสยังมีประโยชน์ในกลุ่มที่มีค่าสายตามาก หรือมีค่าสายตาไม่เท่ากันในตาทั้ง 2 ด้าน ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเลนส์สัมผัสชนิดแข็งเพิ่มเติม อันได้แก่ rigid gas-permeable contact lens, scleral lens, PROSE system เป็นต้น ซึ่งเลนส์สัมผัสกลุ่มหลังจะสามารถแก้ไขค่าสายตาเอียงที่เกิดจากพื้นผิวดวงตาที่ไม่สม่ำเสมอ (irregular astigmatism) รวมถึงช่วยฟื้นฟูสภาพผิวดวงตาจากภาวะตาแห้งหรือผิวตาอักเสบ (ocular surface disease) นอกจากเลนส์สัมผัสที่กล่าวไปข้างต้น ยังมีเลนส์สัมผัสอีกรูปแบบที่ใช้สำหรับ

แก้ไขค่าสายตาชั่วคราว orthokeratology หรือ orthoK โดยกลไกการทำงานของเลนส์ชนิดนี้คือ การใส่เลนส์ทับลงบนกระจกตาในช่วงที่นอนหลับ เพื่อให้กระจกตามีความโค้งที่แบนราบลง ดังรูปที่ 3 ซึ่งจะสามารถช่วยลดค่าสายตาสั้นได้ชั่วคราวในกลุ่มที่มีค่าสายตาไม่เกิน 1.5 diopter ทั้งนี้เมื่อถอดเลนส์สัมผัสชนิดดังกล่าวออก กระจกตาก็จะมีรูปร่างกลับมาเป็นเช่นเดิม

อย่างไรก็ตามมีบางการศึกษากล่าวถึง ประโยชน์ในการช่วยชะลอภาวะสายตาสั้น (myopic progression) จากการใช้ orthoK กล่าวคือ มีรายงานจาก Lee และทีมที่พบมีการเพิ่มขึ้นของค่าสายตา 0.2-0.3 diopter ต่อปี ในกลุ่ม orthoK เมื่อเทียบกับการเพิ่มขึ้น 0.4-0.5 diopter ต่อปีในกลุ่มที่ไม่ได้ใส่ orthoK

แม้ว่าการใส่เลนส์สัมผัสจะให้ประโยชน์ในหลายแง่มุม ก็มีรายงานอุบัติการณ์ไม่พึงประสงค์ดังเช่น ภาวะตาแดง ภาวะตาแห้ง ภาวะติดเชื้อ ภาวะกระจกตาบวม เป็นต้น ทั้งนี้ภาวะติดเชื้อ ที่ได้กล่าวไปมักจะมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใส่ หรือการดูแลเลนส์สัมผัสที่ไม่ถูกต้อง และอาจนำไปสู่ภาวะกระจกตาติดเชื้อที่เกิดจาก *Pseudomonas* หรือ *Acanthamoeba* เป็นต้น

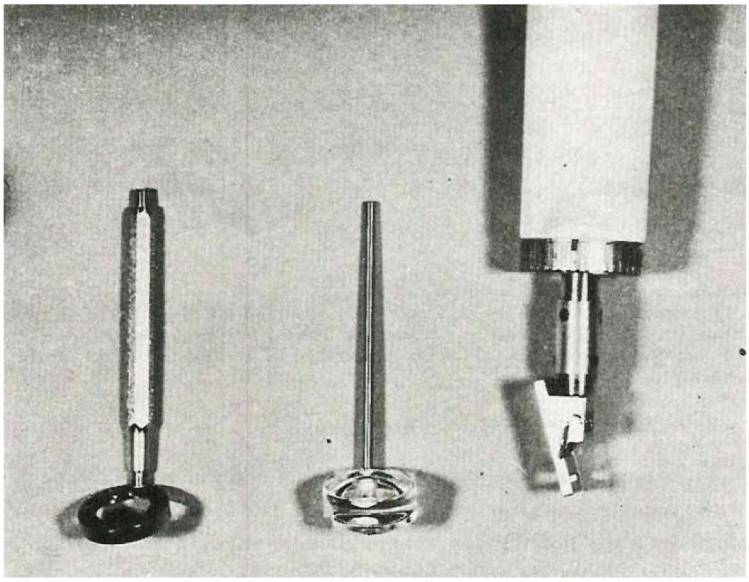


รูปที่ 3. ภาพตัดขวางลูกตาที่สภาวะดังนี้ ก. สภาวะปกติ ข. สภาวะขณะเริ่มใส่ OrthoK ค. สภาวะหลังใส่ OrthoK ระยะเวลาหนึ่ง และ ง. สภาวะหลังจากถอด OrthoK

2. การรักษาแบบผ่าตัด

2.1 การแก้ไขสายตาด้วยการผ่าตัดที่กระจกตา (corneal refractive surgery)[8]

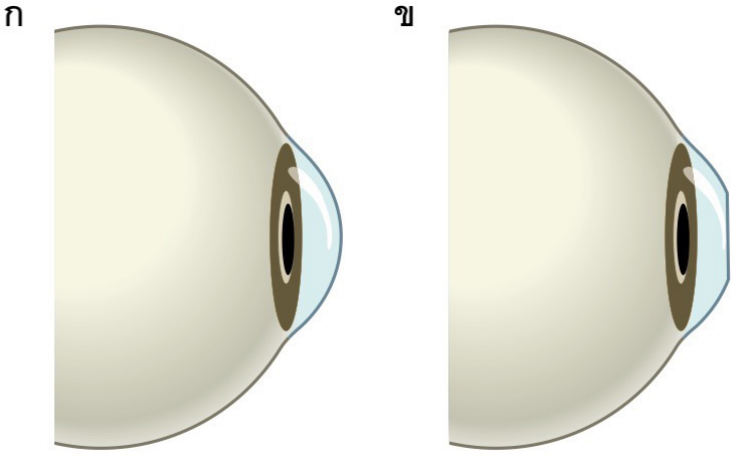
ในยุคเริ่มต้น ได้มีความพยายามที่จะปรับแก้ค่าสายตา ด้วยการทำ lamellar surgery โดยในปี ค.ศ. 1949 Barraquer และคณะได้พัฒนาวิธีการผ่าตัดที่เรียกว่า myopic keratomuleusis ซึ่งเป็นการผ่าตัดที่เริ่มต้นด้วยการเปิดฝากระจกตาขึ้นมาทั้งชิ้น และใช้ใบมีดที่ผลิตขึ้นมาเฉพาะปรับรูปร่างชิ้นกระจกตา ดังรูปที่ 4 จากนั้นจึงค่อยวางชิ้นฝากระจกตาไปที่เดิม[9] ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการดังกล่าวต้องอาศัยความชำนาญของแพทย์ผู้ทำเป็นอย่างมาก ประกอบกับผลการรักษายังไม่แม่นยำ จึงทำให้การผ่าตัดวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยม



รูปที่ 4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดกระจกตาแบบวิธี myopic keratomileusis ได้แก่ แท่นประกอบที่ใช้วางบนกระจกตาและใบมีดตัดกระจกตา

ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคนิคการผ่าตัดแบบ incisional surgery ในการแก้ไขรูปร่างของกระจกตา เพื่อให้มีค่าสายตาที่ดีขึ้น โดยในปี ค.ศ. 1970 Fyodorov และคณะ ได้พัฒนาการผ่าตัดที่เรียกว่า radial keratotomy หรือ RK ซึ่งเป็นการใช้ใบมีดตัดผ่านกระจกตาลงไปที่ความลึกประมาณร้อยละ 90 เป็นจำนวน 4-8 แผล ที่บริเวณรอบนอกของกระจกตา[10] นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความโค้งของกระจกตาทำให้กระจกตาแบนราบลง ดังในรูปที่ 5 แต่อย่างไรก็ตาม การตัดผ่านกระจกดังกล่าว ส่งผลโดยตรงต่อความแข็งแรงในระยะยาวของกระจกตา (biomechanical instability) มีรายงานค่าสายตาแปรผันในระหว่างวัน (diurnal fluctuation) ร่วมไปถึงความไม่แม่นยำของค่าสายตาที่ได้ กล่าวคือเกิด under-overcorrection สูงถึงร้อยละ 40 นอกจากนี้ยังพบว่าหลัง

ผ่าตัด ผู้ป่วยมีคุณภาพการมองเห็นไม่ดี มีแสงกระจาย (glare)[11,12] โดยเฉพาะในสภาวะแสงน้อย จึงทำให้การรักษาแบบ RK มีความนิยมลดลง

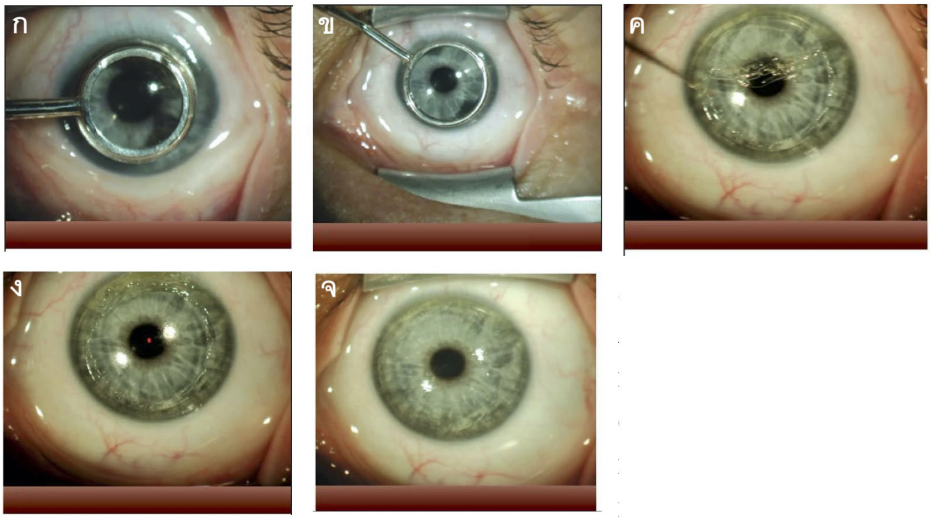


รูปที่ 5. รูปร่างของกระจกตา ก. ก่อนการรักษาแบบ RK และ ข. หลังการรักษาแบบ RK จะพบว่ามีการแบนราบลงของกระจกตา

ในปี ค.ศ. 1970 ได้มีการพัฒนา excimer laser ที่ทำงานโดยปล่อยพลังงานออกมาผ่านกระบวนการ photoablative และมีความสามารถปรับพื้นผิวด้วยการทำให้พื้นผิวนั้นระเหยไป และในปี 1989 McDonald และทีม ได้รายงานการรักษาที่เรียกว่า photorefractive keratectomy (PRK) โดยใช้ excimer laser มาใช้ปรับรูปร่างของกระจกตาทางด้านหน้า ซึ่งหลังจากการเก็บข้อมูลการรักษาต่อเนื่องมาก็พบว่า PRK เป็นการรักษาที่ให้ผลการรักษาที่แม่นยำ (predictability) และคงตัว (stability)[13] แต่อย่างไรก็ตามปัญหาเกี่ยวกับอาการปวดในช่วงหลังจากผ่าตัดก็ยังคงเป็นอีกปัจจัยที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ นอกจากนี้ในการแก้ไขค่าสายตาสั้นที่มาก ๆ ก็จะพบปัญหาเกี่ยวกับฝ้าที่กระจกตา (haze formation) และความแม่นยำของเลเซอร์ที่ลดลง PRK จึงเป็นการรักษาที่มีการแนะนำให้ใช้ในสายตาสั้นเล็กน้อยถึงปานกลางเป็นหลัก

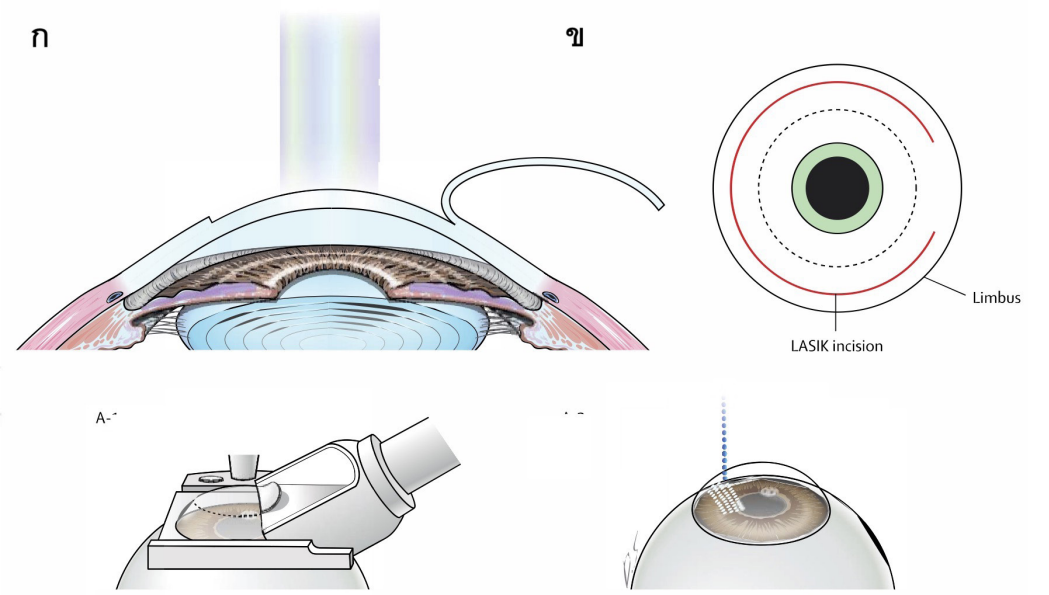
จากหลักการเบื้องต้นโดย Barraquer ที่ได้ทำการแก้ไขสายตาด้วยการนำเนื้อเยื่อกระจกตาออกไปบางส่วน จึงได้มีการพัฒนาเทคนิคการผ่าตัด ควบคู่กับการนำเทคโนโลยี excimer มาใช้ประกอบกัน โดยในปี ค.ศ. 1990 ได้มีการรายงานวิธีการผ่าตัดแบบใหม่โดยคณะของ Pallikaris ที่มีการเปิดชั้นกระจกตาด้านบนขึ้นมาก่อน ตามด้วยการยิงเลเซอร์ปรับค่าสายตาลงไปที่กระจกตาชั้นกลาง ที่เรียกว่า laser in situ keratomileusis (LASIK) ซึ่งก็ส่งผลให้มีค่าสายตาที่เปลี่ยนไปหลังการรักษาและพบว่าผลการรักษามีความแม่นยำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีค่าสายตาสั้นมาก ๆ[14] นอกจากนี้ การที่มีฝากระจกตาปิดบริเวณที่ทำการยิงเลเซอร์ ก็ส่งผลให้ผู้ป่วยไม่มีอาการปวดตาหลังผ่าตัด มีการสมานของแผลที่เร็วกว่า PRK และทำให้การมองเห็นฟื้นตัวกลับมาเร็ว

กว่า[15] แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีรายงานเพิ่มเติมว่า การสร้างฝากระจกตาซึ่งต้องตัดผ่านกระจกตาส่วนหน้า (anterior strom) ผ่านชั้น Bowman's จึงอาจมีผลทำให้กระจกตามีความแข็งแรงลดลง นอกจากนี้บริเวณที่ตัดผ่าน อาจมีผลกระทบต่อเส้นประสาทรับรู้ที่กระจกตา เป็นผลให้เกิดความผิดปกติต่าง ๆ ของผิวดวงตาตามมา เช่น โรคตาแห้ง เป็นต้น[1] จึงได้มีความพยายามที่จะปรับรูปแบบของฝากระจกตาแบบต่าง ๆ ดังเช่น ในปี ค.ศ. 1999 Cimberle และ Camellin ได้พัฒนาการการสร้างฝากระจกตาที่แยกเฉพาะชั้นผิว (epithelial flap) โดยใช้สารละลายแอลกอฮอล์ที่เรียกว่า laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) ดังในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นการต่อยอดเทคนิคนี้เข้าไปกับการรักษาแบบ PRK โดยคาดหวังว่าผู้ป่วยจะมีอาการปวดตาหลังผ่าตัดและมีอัตราการเกิดฝ้าที่กระจกตาน้อยกว่า นอกจากนี้การสร้างฝากระจกตาในชั้นที่ตื้นกว่าก็อาจจะกระทบต่อความแข็งแรงของกระจกตาน้อยกว่าการรักษาแบบ LASIK อย่างไรก็ตามพบว่าหลังผ่าตัดก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับความแข็งแรงของ epithelial flap และการระคายเคืองที่เกิดตามมาจากการใช้แอลกอฮอล์ร่อนผิวกระจกตา ส่งผลให้ LASEK ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร ซึ่งในระยะต่อมา Pallikaris และทีมได้เสนอวิธีการแยกชั้นผิวกระจกตาโดยใช้ใบมีดชนิด epikeratome และพบว่าสามารถแยกฝากระจกตาได้ โดยไม่ต้องเสี่ยงกับการใช้แอลกอฮอล์ดังเช่นวิธี LASEK[16] แม้ว่าวิธีดังกล่าวจะให้ผลการรักษาที่ดีสำหรับผู้มีภาวะสายตาสั้นเล็กน้อยถึงปานกลาง เช่นเดียวกับ PRK แต่ก็พบว่ายังมีรายงานอาการปวดหลังผ่าตัดอยู่ในผู้ป่วยบางราย ประกอบกับฝากระจกตา epithelial flap เองก็มีรายงานว่าสามารถหลุดแยกออกจากเนื้อกระจกตาได้[17] จึงเป็นเหตุให้ Epi-LASIK ไม่ได้รับความนิยมเท่ากับ PRK และ LASIK

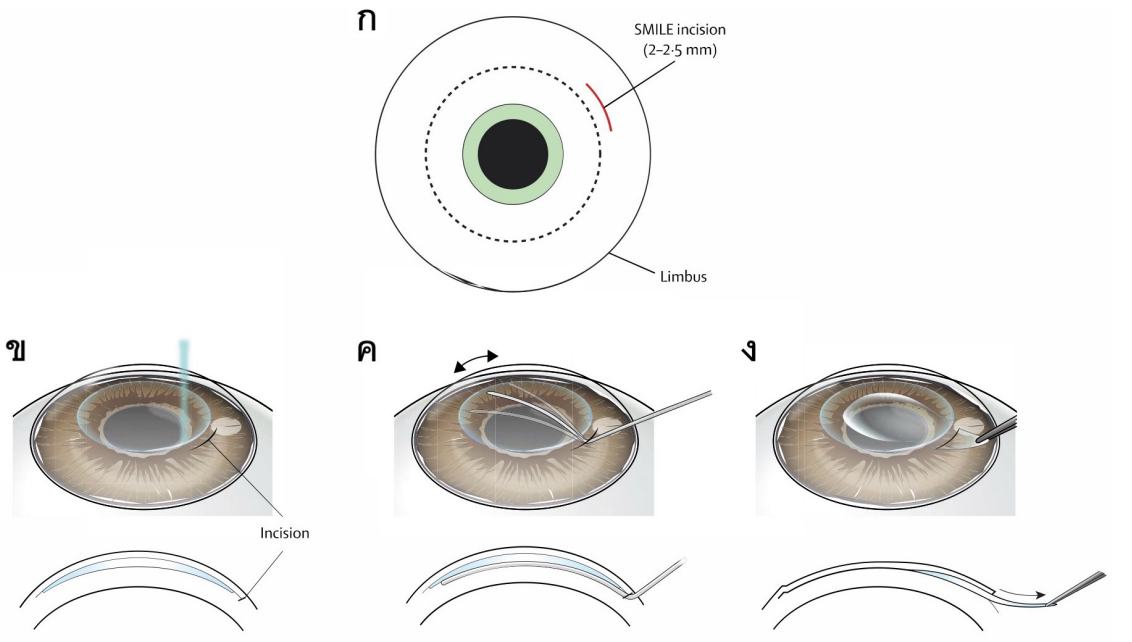


รูปที่ 6. แสดงขั้นตอนของ LASEK ก. วาง trephine ในตำแหน่งที่จะผ่าตัด ข. หล่อแอลกอฮอล์เป็นเวลา 30 วินาที ค. เปิดฝากระจกตาส่วนที่ร่อนตัวออก ง. ยิงเลเซอร์ปรับค่าสายตาในกระจกตาชั้นกลาง และ จ. ปิดฝากระจกตากลับไปที่ตำแหน่งเดิม

ในช่วงปี ค.ศ. 2003 ก็ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของเลเซอร์ชนิด femtosecond ที่ใช้กระบวนการของ photodisruption ในการตัดชิ้นกระจกตา ประกอบในการผ่าตัดแบบ LASIK และพบว่าให้ผลในการตัดฝากระจกตาได้อย่างสม่ำเสมอและแม่นยำกว่าการใช้ใบมีด microkeratome[8,18] ดังในรูปที่ 7[24] ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 2007 ระบบของ femtosecond laser ก็ถูกนำเข้ามาใช้ในการผ่าตัดแบบใหม่ที่เรียกว่า femtosecond lenticule extraction (FLEX) เป็นการสร้างชิ้นกระจกตาที่ต้องการนำออกเพื่อแก้ไขสายตา ร่วมกับการสร้างฝากระจกตาโดยใช้เลเซอร์ชนิดเดียวกัน และเมื่อเปิดฝากระจกตาขึ้น แพทย์ผู้ผ่าตัดจะนำชิ้นกระจกตาที่สร้างไว้ก่อนแล้วนั้นออกมา ซึ่งการใช้เลเซอร์ชนิดเดียว (one-step procedure) ในการผ่าตัดนี้ก็เป็นประโยชน์ช่วยลดระยะเวลาการผ่าตัด ต่อมาในปี 2010 ก็ได้มีการพัฒนาเทคนิคการทำ FLEX เพิ่มเติมโดยเปลี่ยนจากการเปิดฝากระจกตา มาเป็นการเปิดแผลผ่านกระจกตาขนาดเล็กลง ที่เรียกว่า small incision lenticule extraction (SMILE) ดังในรูปที่ 8[24] หลังจากติดตามในระยะสั้น ทาง Sekundo และทีมก็ได้รายงานการผลการรักษาของกลุ่มผู้ป่วยสายตาสั้น เฉลี่ย -4.75±-1.56 diopter พบว่ามีผลการผ่าตัดที่แม่นยำ ให้ค่าสายตาที่อยู่ในช่วงไม่เกิน 1 diopter สูงถึงร้อยละ 95.6 และมีระดับสายตา UCVA 20/20 สูงถึงร้อยละ 83.5[19] นอกเหนือจากผลการรักษาที่น่าพึงพอใจ พบว่าความแข็งแรงของแผลมีมากกว่าเมื่อเทียบกับการรักษาแบบ LASIK ประกอบกับการตัดผ่านชั้นกระจกตาด้านหน้าเพียงเล็กน้อยทำให้ SMILE รบกวนระบบเส้นประสาทการรับรู้ของกระจกตาไม่มาก ส่งผลให้มีภาวะตาแห้งเพียงเล็กน้อย[18]



รูปที่ 7. การรักษาแบบ LASIK ซึ่งประกอบด้วยการเปิดฝากระจกและยิงเลเซอร์ปรับความโค้งกระจกตา[24] ก. การเปิดกระจกตาโดยใช้ใบมีด และ ข. การเปิดกระจกตาโดยใช้ femtosecond laser



รูปที่ 8. การรักษาแบบ small incision lenticule extraction (SMILE) ก. การผ่าตัดแบบ SMILE จะมีรอยแผลขนาด 2-5 มม ซึ่งเป็นทางที่จะนำชิ้นกระจกตาออกมา ข. เลเซอร์จะทำงานผ่านผิวกระจกตาเพื่อสร้างชิ้นกระจกตาที่คำนวณตามค่าสายตา ค. กระบวนการแยกชิ้นกระจกตาที่ทำโดยใส่เครื่องมือเข้าไปทางแผลขนาดเล็กที่ผิวกระจกตา และ ง. กระจกตาที่ได้รับการแยกชั้นแล้วถูกนำออกมาทางแผลขนาดเล็ก[24]

ในการเก็บข้อมูลผลการรักษาของ SMILE เพิ่มเติมอย่างต่อเนื่อง พบว่าในการรักษาผู้ที่มีภาวะสายตาสั้น SMILE สามารถให้ผลการรักษาที่ดี มีค่าใกล้เคียงค่าสายตาปกติในช่วง 0.5 diopter และ 1 diopter ที่ร้อยละ 88 และ 98 ตามลำดับ ร่วมกับมีระดับสายตา UDVA ที่ 20/20 หรือดีกว่า อยู่ที่ร้อยละ 61-96[18] อย่างไรก็ตามได้มีความพยายามที่จะศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ SMILE รักษาสภาวะสายตาผิดปกติแบบอื่น ๆ เช่นสายตาเอียง และสายตายาว ซึ่งพบว่าให้ผลการรักษาที่แตกต่างไป

เนื่องจากภาวะสายตาเอียงจะต้องมีการพิจารณาเรื่องของทิศทางการหมุนของลูกตา หรือ cyclotorsion ประกอบกับการรักษาแบบ SMILE ยังไม่มีเทคโนโลยี eye-tracking ทำให้ประสิทธิภาพในการแก้ไขค่าสายตาเอียงลดลง โดยพบว่ามีรายงาน undercorrection ของค่าสายตา ร้อยละ 11 และเมื่อเทียบประสิทธิภาพการรักษาค่าสายตาเอียงในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง พบว่า LASIK ให้ผลการรักษาที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับ SMILE แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบการรักษาค่าสายตาเอียงที่มาก พบว่า SMILE และ LASIK ให้ผลการรักษาที่ไม่แตกต่างกัน โดยในการศึกษาของ Chan

และคณะ ได้รายงานผลการรักษาภาวะสายตาเอียงที่มีค่าตั้งแต่ 3 diopters ขึ้นไปด้วย SMILE เทียบกับ femtosecond laser-assisted LASIK (femto-LASIK) และพบว่าหลังการรักษาผู้ป่วยมีค่าสายตาเอียงที่ใกล้เคียงปกติไม่เกิน 0.5 diopter ในกลุ่ม SMILE และ femto-LASIK ที่ร้อยละ 90 และ 95 ตามลำดับ[20]

ในขณะเดียวกัน ก็ได้มีการนำ SMILE มาใช้ในการรักษาภาวะสายตายาว hyperopia ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการรักษาไม่ดีเท่ากับกลุ่มสายตาสั้นที่มีค่าความแม่นยำของค่าสายตาหลังผ่าตัดในช่วงไม่เกิน 0.5 diopter ที่ร้อยละ 77-92[21] โดยทาง Reinstein และทีมได้รายงานประสิทธิภาพการแก้ไขภาวะสายตายาวด้วย SMILE ว่ามีค่าสายตาหลังผ่าตัดที่อยู่ใกล้เคียงค่าสายตาปกติ ไม่เกิน 0.5 diopter และ 1 diopter ที่ร้อยละ 59 และ 76 ตามลำดับ[22]

ได้มีการรวบรวมข้อมูลทางวิชาการที่มีอยู่ในปัจจุบัน และสรุปข้อแนะนำเกี่ยวกับการแก้ไขสายตาแบบต่าง ๆ ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังตารางที่ 1[1]

ตารางที่ 1. ข้อแนะนำการรักษาด้วยการใช้เลเซอร์ในภาวะสายตาผิดปกติต่าง ๆ[1]

ค่าสายตา	PRK	LASIK	SMILE
สายตาสั้น (myopia)	ไม่เกิน 6-14 diopter	ไม่เกิน 12-14 diopter	-1.00 ถึง -10.00 diopter
สายตายาว (hyperopia)	ไม่เกิน 4-6 diopter	ไม่เกิน 3-5 diopter	-
สายตาเอียง (astigmatism)	ไม่เกิน 4-4.5 diopter	ไม่เกิน 3-5 diopter	ไม่เกิน 3.00 diopter
หมายเหตุ			ค่าสายตารวมไม่เกิน -10.00 diopter

หมายเหตุ ความสามารถในการแก้ไขสายตา จะมีความแตกต่างตามชนิดของเครื่องเลเซอร์ที่ใช้

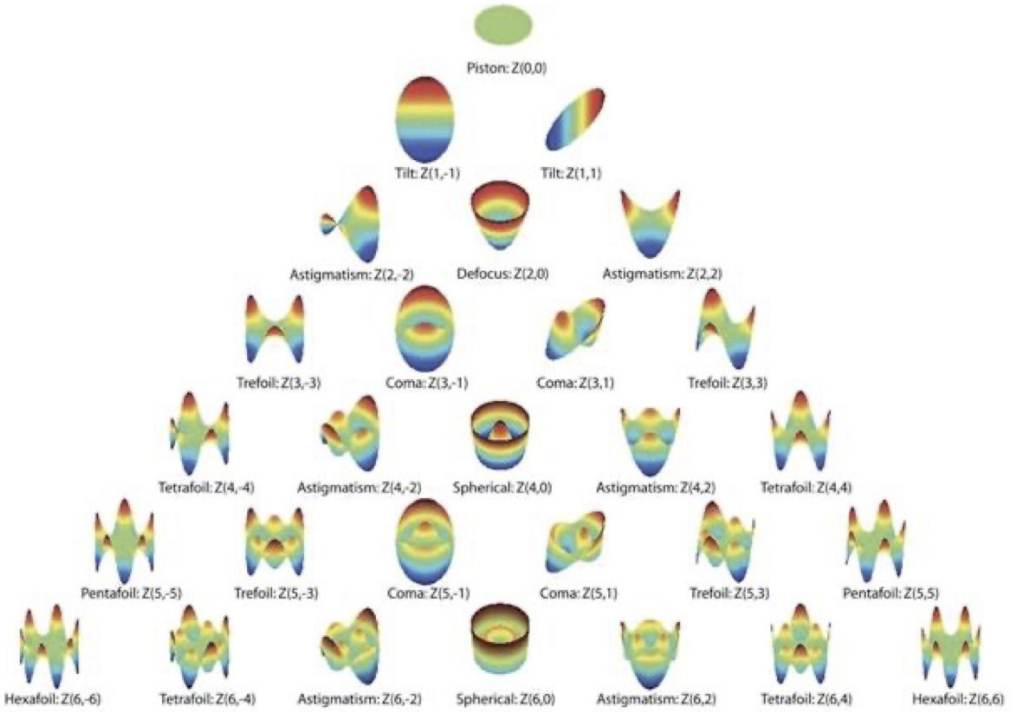
PRK: photorefractive keratectomy, LASIK: laser in situ keratomileusis, SMILE: small incision lenticule extraction

ข้อพิจารณาอื่น ๆ ในการแก้ไขค่าสายตาโดย laser vision correction

ภาวการณ์เกิด optical aberration

นอกเหนือจากระดับการมองเห็น (visual acuity) ที่ดี คุณภาพของการมองเห็นก็เป็นอีกสิ่งสำคัญที่ผู้ป่วยสามารถรับรู้ได้ และให้ความสำคัญ หนึ่งในการตรวจประเมินคุณภาพการมองเห็นที่เป็นมาตรฐานและสามารถแปลงเป็นข้อมูลทางการแพทย์ได้คือ การตรวจ wavefront

aberration คุณภาพการมองเห็นที่ผิดปกติจากการมี wavefront aberration[23] ดังรูปที่ 9 โดยจำแนกหลัก ๆ เป็น 2 ประเภท กล่าวคือ



รูปที่ 9. แสดง wavefront aberration ลักษณะต่าง ๆ โดยข้อมูลดังกล่าวเกิดจากการรับสัญญาณแสงที่สะท้อนออกมาจากจอประสาทตาของแต่ละบุคคล ผ่านเลนส์ตาและกระจกตา ออกมาเพื่อเข้าสู่เครื่องมือประมวลผล เพื่อวิเคราะห์ด้วย Zernike polynomials หรือ Fourier analysis โดยจะแปลผลออกมาเป็นค่าที่บ่งถึงภาวะต่าง ๆ เช่น ภาวะ refractive error ภาวะ spherical aberration เป็นต้น

1. lower order aberration (LOA)

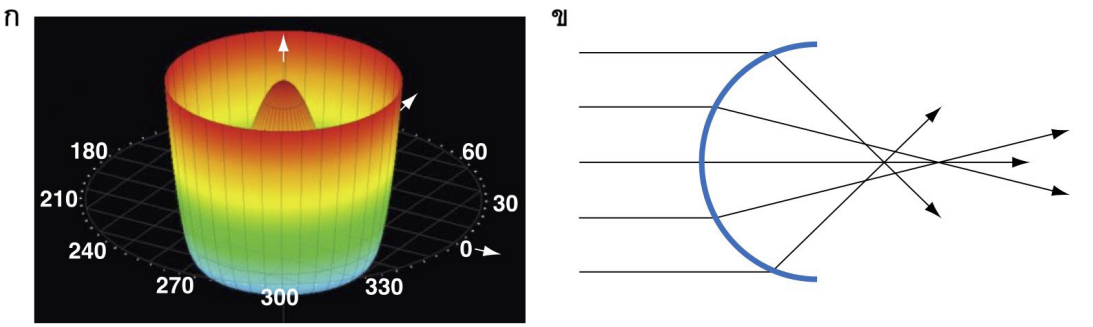
เป็นภาวะที่พบเป็นส่วนมากร้อยละ 80-90 ของ wavefront aberration ในกลุ่มนี้จะทำให้เกิดปัญหาการมองเห็นแบบ สายตาสั้น สายตายาว หรือสายตาเอียง ซึ่งทำให้เกิด defocus ของภาพ ทั้งนี้สามารถให้การรักษาด้วยการทำ laser vision correction

2. higher order aberration (HOA)

เป็นภาวะที่พบเป็นส่วนน้อยร้อยละ 10 ของ wavefront aberration ในกลุ่มนี้จะมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพการมองเห็น โดยค่า HOA จะมีการเพิ่มขึ้นในช่วงอายุที่มากขึ้น หรือในกรณีที่ม่านตาใหญ่ขึ้นโดยเฉพาะในสภาวะที่มีแสงน้อย แม้ว่า LOA จะสามารถแก้ไขได้ด้วย laser vision correction และทำให้ผู้ป่วยมีระดับการมองเห็น (visual acuity) ที่เพิ่มขึ้น กลับพบว่าผู้ป่วยบาง

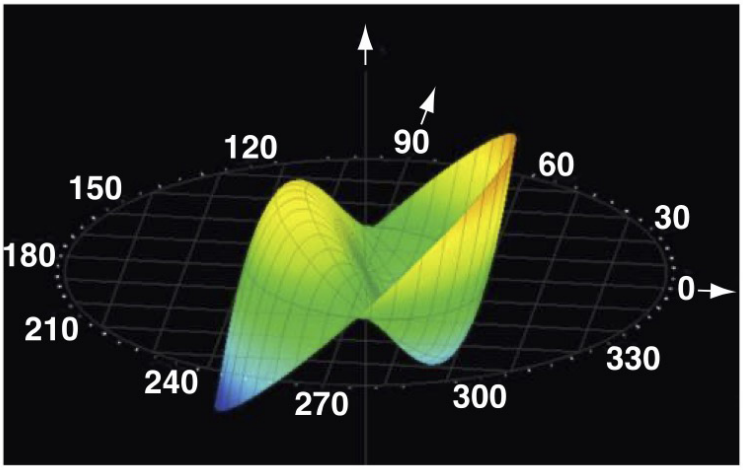
รายมีคุณภาพการมองเห็น (visual quality) ที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น การเห็นแสงเป็นวง หรือ halo, การเห็นแสงแตกกระจาย หรือ glare/starbursts อันเป็นผลจากการที่มีค่า HOA สูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากการตรวจพบค่าความผิดปกติที่เพิ่มขึ้นดังตัวอย่างดังนี้

1. Spherical aberration เป็นภาวะที่แสงที่เดินทางมาจากบริเวณต่าง ๆ มีการรวมตัวในตำแหน่งที่แตกต่างกัน โดยลำแสงที่เดินทางมาจากบริเวณรอบ ๆ (peripheral) จะมีแนวโน้มในการรวมตัวหน้าต่อลำแสงที่เดินทางมาจากบริเวณตรงกลาง (peripheral) ดังรูปที่ 10 ทั้งนี้ในภาวะที่มีแสงน้อย อาจจะเกิด night myopia ตามมา และในบางรายอาจเห็นแสงเป็นวง ๆ (halo) รอบ ๆ วัตถุที่มองอยู่



รูปที่ 10. ภาวะ spherical aberration ก. เป็นภาพการนำเสนอลักษณะของ aberration ด้วย Zernike polynomial และ ข. เป็นการจำลองลักษณะการเดินทางของแสงผ่านพื้นผิวที่เป็น spherical plane ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิด spherical aberration

2. Coma เป็นภาวะที่แสงที่เดินทางมาจากทิศทางที่ตรงข้ามกันมีการรวมแสงไม่พร้อมกัน ซึ่งด้านหนึ่งจะมีการรวมแสงเกิดก่อนอีกด้านหนึ่ง ดังรูปที่ 11 ส่งผลให้การเห็นภาพมีลักษณะคล้ายกับดาวหาง (comet) ส่งผลให้ผู้ป่วยมีคุณภาพการมองเห็นที่แย่ลง



รูปที่ 11. แสดงภาวะการเกิด coma ด้วย Zernike polynomial

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยของการเกิด HOA เพิ่มขึ้นหลังการทำ laser vision correction ในกลุ่ม excimer laser โดยเฉพาะการแก้ไขสายตาสั้น จะพบว่า รูปแบบการยิงเลเซอร์แบบ conventional profile จะเน้นการปรับรูปร่างกระจกตาที่บริเวณตรงกลาง ในรูปแบบที่เป็น flat ablation การกระจายของลำแสงเลเซอร์ไปที่บริเวณรอบนอกจึงมีโอกาสที่จะกระจายออกไปจากผิวกระจกตา ทำให้มี under-ablation ที่บริเวณ peripheral cornea ส่งผลให้เกิดภาวะ spherical aberration เพิ่มมากขึ้น[25] จึงมีความพยายามที่จะพัฒนารูปแบบการยิงเลเซอร์เพื่อช่วยลดปรากฏการณ์ดังกล่าว โดยได้มีการพัฒนา wavefront-optimized ablation ในตัวเครื่อง excimer laser เพื่อปรับรูปแบบการยิงเลเซอร์ โดยการเพิ่มขนาดของบริเวณที่ยิงเลเซอร์ ร่วมกับการเพิ่ม blended zone ในบริเวณที่อยู่รอบ ๆ (peripheral) อันจะส่งผลให้รูปร่างของกระจกตาหลังยิงเลเซอร์มีความใกล้เคียงกับรูปร่างกระจกตาที่ปกติ ซึ่งพบว่าในการแก้ไขสายตาสั้นที่ไม่เกิน 6 diopter ด้วยระบบดังกล่าว จะกระตุ้นให้เกิด spherical aberration จากการรักษาเพียงเล็กน้อย[25]

ต่อมาได้มีข้อพิจารณาถึงกรณีที่ผู้ป่วยมีค่า spherical aberration ตั้งต้นที่สูง เช่นการมีค่า HOA ตั้งต้นเกิน 0.3 RMS อาจส่งผลให้การแก้ไขค่าสายตาเบื้องต้นด้วย wavefront-optimized profile ไม่เพียงพอ จึงมีการพัฒนารูปแบบ wavefront-guided ablation[25] ที่มีการนำเอาข้อมูล aberrometry พื้นฐานของผู้ป่วยแต่ละรายมาประกอบการวางแผนรักษา ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลเชิงเปรียบเทียบในระยะเวลาต่อมาก็พบว่าการใช้ wavefront-optimized ablation และ wavefront-guided ablation ให้ผลของระดับการมองเห็น (uncorrected distance visual acuity หรือ UDVA และ corrected distance visual acuity หรือ CDVA), ค่าสายตา (manifest sphere power และ spherical equivalent) ที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีบางรายงานที่พบแนวโน้มที่ดีกว่าในกลุ่ม wavefront-guided โดยพบค่าสายตาเอียงที่น้อยกว่า contrast sensitivity ที่ดีกว่า เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเนื่องจาก wavefront-guided ablative profile มีความจำเป็นที่ต้องนำข้อมูลหลายส่วนเช่น aberrometry เป็นต้น มาประกอบการพิจารณา จึงทำให้ระบบดังกล่าวมีความซับซ้อนของข้อมูลมากกว่า และนำมาประยุกต์ใช้ได้ไม่สะดวกเท่า wavefront-optimized ablative profile[26] นอกเหนือจากผลรวม HOA ของลูกตาที่ส่งผลต่อคุณภาพการมองเห็น โครงสร้างเฉพาะส่วนของกระจกตาเองก็มีผลอย่างมากเช่นกัน ดังในกรณีของผู้ป่วยที่มี irregular astigmatism ของผิวกระจกตาทางด้านหน้า (anterior corneal surface) จะเห็นว่าในกรณีนี้การแก้ไขที่ corneal irregularity อาจส่งผลให้คุณภาพการมองเห็นดีขึ้นเช่นกัน จึงได้มีการนำเอา topographic-guided profile มารักษาผู้ที่มีค่าสายตาผิดปกติ โดยอาศัยข้อมูล topographic-based data แปลงออกมาเป็น-ข้อมูลที่แสดงระดับสูง-ต่ำของผิวกระจกตา เพื่อที่เครื่องเลเซอร์จะสามารถคำนวณ ablative profile ที่เหมาะสมกับผู้ป่วยรายนั้น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น[25]

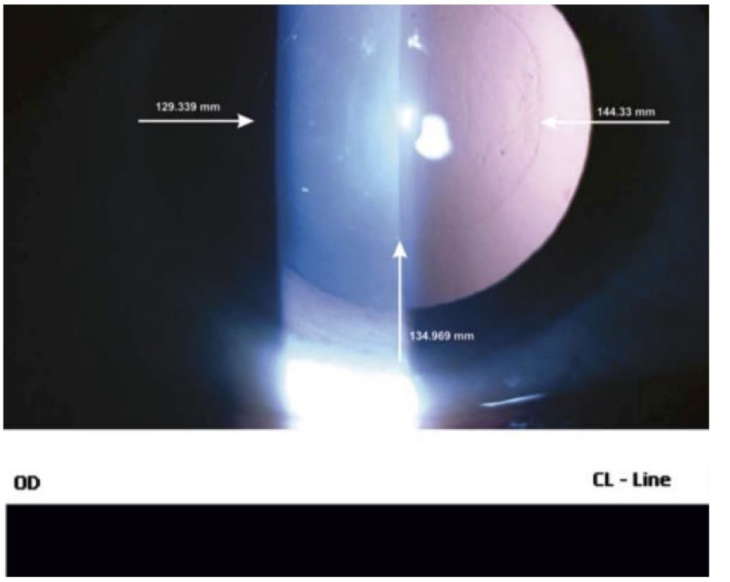
นอกจากการพัฒนารูปแบบการยิงเลเซอร์ในระบบของ excimer laser ก็ยังพบว่าการรักษาด้วย femtosecond laser แบบ SMILE ก็ให้ผลการรักษาที่กระทบต่อ HOA ที่ดีขึ้นเช่นกัน เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพการมองเห็นหลังการรักษาด้วย SMILE เทียบกับการรักษาด้วย femtosecond LASIK พบว่ามีรายงานของการเพิ่มขึ้นของค่า HOA น้อยกว่าในกลุ่มที่ทำ SMILE ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่เลเซอร์สามารถปล่อยพลังงานลงมาที่กระจกตาได้อย่างสม่ำเสมอ เป็น uniform corneal refractive power ประกอบกับการกระตุ้นเซลล์อักเสบในกระจกตาที่น้อยกว่า จึงส่งผลให้ aberration ที่เกิดตามมาน้อยกว่าในกลุ่ม SMILE[18,27]

จึงสรุปได้ว่านอกจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบการในการยิงเลเซอร์แบบ excimer ด้วยการนำเอาเทคโนโลยี wavefront-optimized, wavefront-guided และ topographic-guided มาใช้ การรักษาด้วย femtosecond laser platform ใน SMILE ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้ผลการรักษาดียิ่งขึ้น ทั้งระดับการมองเห็น (visual acuity) และคุณภาพการมองเห็น (visual quality)

การแก้ไขสายตาด้วยแนวทางอื่นที่สัมพันธ์กับ laser vision correction

จะเห็นได้ว่าหลังการผ่าตัดแบบ SMILE จะมีชิ้นกระจกตา (lenticule) ที่เหลือ ซึ่งก็ได้มีรายงานการนำชิ้นกระจกตาดังกล่าวมาใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ตัวอย่างเช่นการนำเอาชิ้นกระจกตาที่ได้จากการแก้ไขสายตาสั้น มาแก้ไขให้กับผู้ป่วยที่มีสายตายาว โดยในปี ค.ศ. 2014 ทาง Ganesh และทีมได้รายงานวิธีการทำ femtosecond intrastromal lenticule implantation หรือ FILI โดยนำเอา cryopreserved lenticule มาปลูกถ่ายให้แกผู้ป่วยสายตายาว 9 ราย โดยจะทำการจับคู่ lenticule ที่ได้จากการทำ SMILE ของผู้ป่วยสายตาสั้นในระดับ moderate to high myopia โดยใช้ femtosecond laser สร้างช่องสำหรับใส่ lenticule ในกระจกตาชั้นกลางของผู้ป่วยสายตายาว ดังรูปที่ 12[28] ซึ่งพบว่าหลังการรักษา 6 เดือน ผู้ป่วยกลุ่มนี้มีระดับการมองเห็นที่ดีขึ้น มีค่าความ

แม่นยำของค่าสายตาอยู่ในช่วงไม่เกิน 1.5 diopter จากระดับสายตาปกติ [28] แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับ lenticule implantation ยังเป็นรายงานในกลุ่มผู้ป่วยปริมาณไม่มาก การยืนยันถึงประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการรักษานี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องรอผลการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และติดตามผลการรักษาในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น[29]



รูปที่ 12. แสดงลักษณะของชิ้นกระจกตาจากการทำ SMILE ที่ถูกนำมาใส่ให้กับผู้ป่วยอีกรายโดยหวังผลการรักษาภาวะสายตายาว[28]

2.2 การแก้ไขสายตาด้วยการผ่าตัดภายในดวงตา (intraocular refractive surgery)

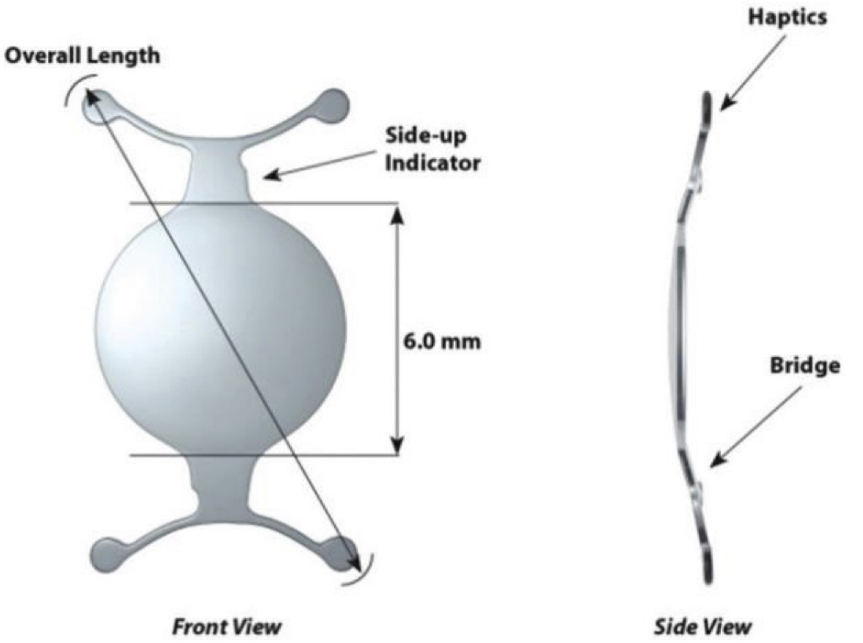
เป็นการรักษาโดยการใส่ชิ้นเลนส์ตาเทียมเข้าไปในลูกตา ทั้งนี้อาจสามารถทำโดยที่ยังมีเลนส์แก้วตาธรรมชาติอยู่ ที่เรียกว่า phakic intraocular lens implantation หรือทำพร้อมกับการนำเลนส์ธรรมชาติเดิมของผู้ป่วยออก ที่เรียกว่า refractive lens exchange (RLE) ในส่วนต่อไปนี้จะขอกล่าวรายละเอียดแยกเป็น 2 ประเด็น

2.2.1 Phakic intraocular lens implantation (phakic IOL implantation)

เป็นการใส่ชิ้นเลนส์เทียมเสริมเข้าไปในดวงตา ซึ่งจะสามารถแก้ไขค่าสายตาสั้นได้มากถึง 20.00 diopter โดยไม่ต้องรบกวนการแก้ไขโครงสร้างส่วนอื่นโดยเฉพาะที่กระจกตา จึงมีประโยชน์ในการแนะนำวิธีการรักษานี้แก่ผู้ป่วยที่มีความหนากระจกตาตั้งต้นที่น้อย หรือมีรูปร่างของกระจกตาที่ผิดปกติที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนตามมาจากการรักษาที่ตัวกระจกตา

ในช่วงปี ค.ศ. 1953 Strampelli ได้เริ่มพัฒนาเลนส์เสริมชนิดแข็งที่ใส่เข้าไปในช่องหน้าลูกตา (anterior

chamber IOL หรือ AC PIOL) ซึ่งพบว่าจะต้องเปิดแผลที่มีขนาดใหญ่และต้องเย็บปิดแผล ส่งผลให้การมองเห็นหลังผ่าตัดมีค่าสายตาเอียงตามมา จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาเลนส์ดังกล่าวในรูปแบบของเลนส์นิ่มเพื่อที่จะสามารถใส่เลนส์ผ่านแผลขนาดเล็กได้[30] ดังแสดงในรูปที่ 13[31] แม้ว่าจะมีการรายงานค่าสายตาที่ระดับ 20/20 ในช่วง 1 ปีแรกหลังผ่าตัดสูงถึงร้อยละ 80.8 แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากตำแหน่งของเลนส์เสริมดังกล่าวอยู่ใกล้กระจกตาทางด้านหลัง จึงมีความกังวลเกี่ยวกับการลดลงของเซลล์กระจกตาชั้นในอันนำไปสู่ภาวะกระจกตาเสื่อม ซึ่งก็มีรายงานพบเซลล์กระจกตาชั้นในลดลงในอัตราร้อยละ 0.41 ต่อปี



รูปที่ 13. แสดงตัวอย่างของเลนส์เสริมชนิดที่ใส่บริเวณช่องหน้าม่านตา [Acrysof cachet PIOL (Alcon laboratories, Inc, Fort Worth, TX, USA)]

ต่อมาได้มีการพัฒนารูปแบบของเลนส์เสริมชนิดต่าง ๆ ได้แก่การใส่เลนส์เสริมเข้าไปติดกับม่านตา (iris-fixated) และใส่เลนส์เสริมบริเวณหลังต่อม่านตาหน้าต่อเลนส์แก้วตา (posterior chamber)

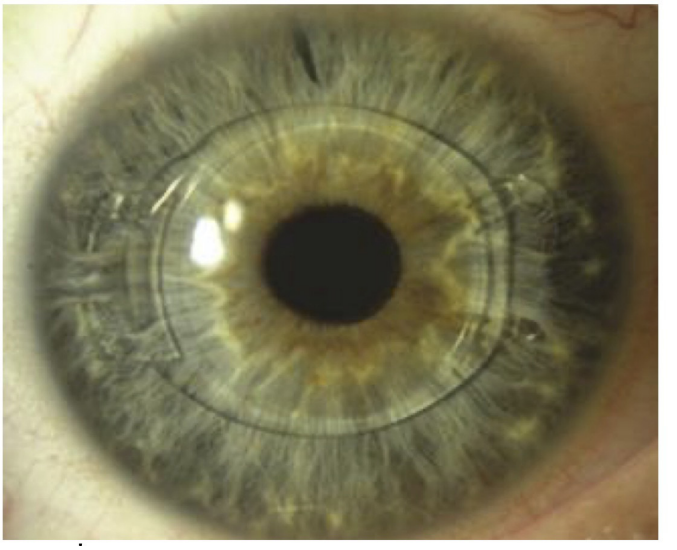
สำหรับการใส่เลนส์เสริม iris-fixated ได้เริ่มมีการพัฒนาในปี ค.ศ. 1986 โดย Fechner ซึ่งในช่วงแรก แม้จะพบว่าให้ความแม่นยำในการรักษาค่าสายตาผิดปกติที่ดี กลับมีภาวะลดลงของเซลล์ชั้นในกระจกตามาก จนได้มีการพัฒนารูปแบบของเลนส์แบบต่าง ๆ ของผู้ผลิต ซึ่งได้มีการพัฒนาเป็นเลนส์แข็ง Artisan (Ophtec B.V., Groningen, the Netherlands) และเลนส์นิ่ม Artiflex (Ophtec, Groningen, the Netherlands) ดังรูปที่ 14

ก

ข

รูปที่ 14. แสดงตัวอย่างของเลนส์เสริมชนิดที่ใส่ติดกับม่านตา ก. คือ เลนส์เสริมแบบแข็ง Artisan/ Verisyse PIOL (Abbott Medical Optics, Santa Ana, California, USA) และ ข. คือ เลนส์เสริมแบบนิ่ม Artiflex/ Veriflex PIOL (Abbott Medical Optics, Santa Ana, California, USA)

จากการรวบรวมข้อมูลหลังใส่เลนส์เสริมชนิดดังกล่าว ดังรูปที่ 15 พบว่าร้อยละ 99 ของผู้ป่วยมีค่าสายตาตั้งแต่ระดับ 20/40 ขึ้นไป นอกจากนี้ค่าสายตาหลังผ่าตัดก็มีความใกล้เคียงค่าสายตาปกติ ไม่เกิน 0.5 diopter สูงถึงร้อยละ 81.8 ที่ 6 เดือนหลังการผ่าตัด แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากตำแหน่งที่วางเลนส์อยู่หน้าต่อม่านตา เช่นเดียวกับการใส่เลนส์เสริม AC-IOL ในผู้ป่วยที่มีช่องหน้าลูกตาแคบ ก็อาจส่งผลให้มีการลดลงของเซลล์ชั้นในของกระจกตามากกว่าปกติ ทั้งนี้มีรายงานพบการลดลงสูงถึง ร้อยละ 9-14.1 ที่ระยะเวลา 5 ปีหลังใส่เลนส์[32,33] นอกจากนี้ ก็ยังมีภาวะ chronic inflammation และ pigment dispersion ซึ่งในภาวะหลังมีรายงานอุบัติการณ์ที่ร้อยละ 6.6 เมื่อติดตามไปที่ระยะเวลา 10 ปีหลังการใส่เลนส์เสริม Artisan การวางแผนเลือกผู้ป่วยที่มีโครงสร้างลูกตาที่เหมาะสมกับเลนส์ชนิดนี้จึงเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่จะช่วยลดภาวะไม่พึงประสงค์ดังกล่าว



รูปที่ 15. ตำแหน่งของการวางเลนส์เสริมชนิด iris-fixated PIOL

ในช่วงเวลาเดียวกันของปี ค.ศ. 1986 Fyodorov ก็ได้เริ่มพัฒนาเลนส์เสริมที่ตำแหน่ง posterior chamber แต่เนื่องด้วยปัญหาจากรูปแบบของเลนส์ทำให้มีรายงานภาวะไม่พึงประสงค์เกี่ยวกับภาวะอักเสบของช่องหน้าลูกตา (iridocyclitis) ต้อกระจก (cataract) และภาวะต้อหินมุมปิดแบบ pupillary block เป็นต้น[34] จนได้มีการพัฒนาเลนส์เสริมรุ่นใหม่ ได้แก่ implantable contact lens (ICL, STAAR surgical, Monrovia, USA) และ phakic refractive lens (PRL, Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) ดังในรูปที่ 16

รูปที่ 16. เลนส์เสริมชนิดที่วางบริเวณ posterior chamber ในตำแหน่งหน้าต่อเลนส์แก้วตา

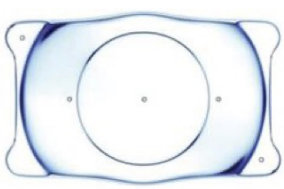
จากการรวบรวมข้อมูล โดยเปรียบเทียบผลการรักษาระหว่าง keratorefractive surgery กับ posterior chamber phakic IOL ในผู้ป่วยที่มีช่วงค่าสายตาสั้นระหว่าง 6-20 diopter พบว่าที่ระยะเวลา 1 ปี สัดส่วนของระดับค่าสายตาหลังผ่าตัดที่ 20/20 ไม่แตกต่างกัน นอกเหนือจากนี้คุณภาพของการมองเห็นที่เกี่ยวกับ HOA ก็มีรายงานออกมาจากหลายกลุ่มงานวิจัย ซึ่งพบว่า

phakic IOL implantation มีแนวโน้มที่ไม่แย่ไปกว่าการทำ LASIK ซึ่งหนึ่งในงานวิจัยนั้นได้รายงานว่าค่า HOA อันได้แก่ spherical aberration และ coma มีแนวโน้มที่สูงกว่าในกลุ่ม LASIK นอกจากนี้ ผลการรักษา high myopia จากการผ่าตัด SMILE เทียบกับการใส่ phakic IOL ก็พบว่าสัดส่วนค่าสายตาที่ใกล้เคียงสายตาปกติไม่เกิน 0.5 diopter สูงกว่าในกลุ่มที่รักษาด้วย phakic IOL เช่นเดียวกับภาวะ HOA หลังการผ่าตัดที่มีแนวโน้มที่ดีกว่าในกลุ่ม phakic IOL[35,36]

เนื่องจากการรักษาแบบใส่เลนส์เสริมจะมีระยะเวลาในการพักฟื้นไม่นาน ผู้ป่วยสามารถมองเห็นได้ดีตั้งแต่หลังผ่าตัด ประกอบกับการรักษาชนิดนี้ ผู้ป่วยจะยังสามารถปรับสายตามองได้หลายระยะ (accommodation) จึงมีผลการรักษาที่น่าพึงพอใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้ป่วยอายุน้อยที่มีข้อพึงระวังในการแก้ไขสายตาด้วยการผ่าตัดบริเวณกระจกตา ในปัจจุบัน US FDA ได้รับรองเลนส์เสริมบางชนิด[1] ในการนำมาใช้แก้ไขสายตาผิดปกติดังแสดงในตารางที่ 2

นอกเหนือจากการแก้ไขภาวะสายตาที่ผิดปกติ ในปัจจุบันก็ได้เริ่มมีการนำ phakic IOL มารักษาค่าสายตาผิดปกติจากภาวะกระจกโก่ง โดยทาง Emerah และคณะได้รักษาผู้ป่วยกระจกตาโก่งด้วยการใส่เลนส์เสริม (implantable collamer lens, ICL, STAAR Surgical Co., Switzerland) และพบว่าที่ระยะเวลา 6 เดือน ผู้ป่วยร้อยละ 85 มีค่าสายตาใกล้เคียงค่าปกติ ไม่เกิน 1 diopter[37] เช่นเดียวกับ Balparda และทีมที่ได้รายงานประสิทธิภาพของ phakic IOL ในการปรับค่าสายตาในผู้ป่วยกระจกตาโก่ง 20 ราย จากค่าเฉลี่ย -8.4±1.43 diopter ก่อนผ่าตัด เป็นค่าเฉลี่ย +0.42 ±0.12 diopter หลังผ่าตัด 6 เดือน[38] ในขณะเดียวกันยังพบว่า การใส่เลนส์เสริมในผู้ป่วยกระจกตาโก่ง จะไม่ทำให้คุณภาพการมองเห็นแย่ลงจากเดิม โดยไม่ทำให้ค่า HOA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากรักษา[37]

ตารางที่ 2. เลนส์เสริมชนิดต่าง ๆ ที่ได้รับการรับรองจาก US FDA

Model of phakic IOL	Indication	illustration	Remarks
Visian ICL (Implantable Collamer Lens, MICL12.1, MICL12.6, MICL13.2, and MICL13.7) (P030016; 12/22/05)	**แก้ไขสายตาสั้น**ในช่วง 3-15 diopter ที่มีค่าสายตาเอียงไม่เกิน 2.5 diopter **ลดค่าสายตาสั้น**ในช่วง 15-20 diopter ที่มีค่าสายตาเอียงไม่เกิน 2.5 diopter		Posterior chamber

Model of phakic IOL	Indication	illustration	Remarks
Artisan (Model 206 And 204) Phakic Intraocular Lens/ Verisyse (VRSM5US and VRSM6US) Phakic Intraocular Lens (P030028; 9/10/04)	**แก้ไขสายตาสั้น**ใน ช่วง 5-20 diopter ที่มีค่าสายตาเอียงไม่เกิน 2.5 diopter		Iris-fixated

การรักษาภาวะสายตาผิดปกติโดย phakic IOL จึงเป็นอีกแนวทางที่ให้ประสิทธิภาพและความแม่นยำในการรักษาที่ดี โดยเฉพาะในกลุ่มที่ความผิดปกติของค่าสายตามาก อย่างไรก็ตาม การผ่าตัดแบบดังกล่าวเป็นการทำในดวงตา ซึ่งอาจก่อให้เกิดภาวะไม่พึงประสงค์ตามมามากกว่าการผ่าตัดภายนอกดวงตา เช่น ภาวะติดเชื้อในลูกตา ภาวะการอักเสบในช่องหน้าลูกตา ภาวะความดันลูกตาขึ้น ภาวะต้อกระจก ภาวะกระจกตาชั้นในเสื่อม เป็นต้น จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่แพทย์ผู้ให้การรักษาจะต้องให้คำแนะนำและตรวจติดตามผู้ป่วยอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

2.2.2 Refractive lens exchange (RLE)

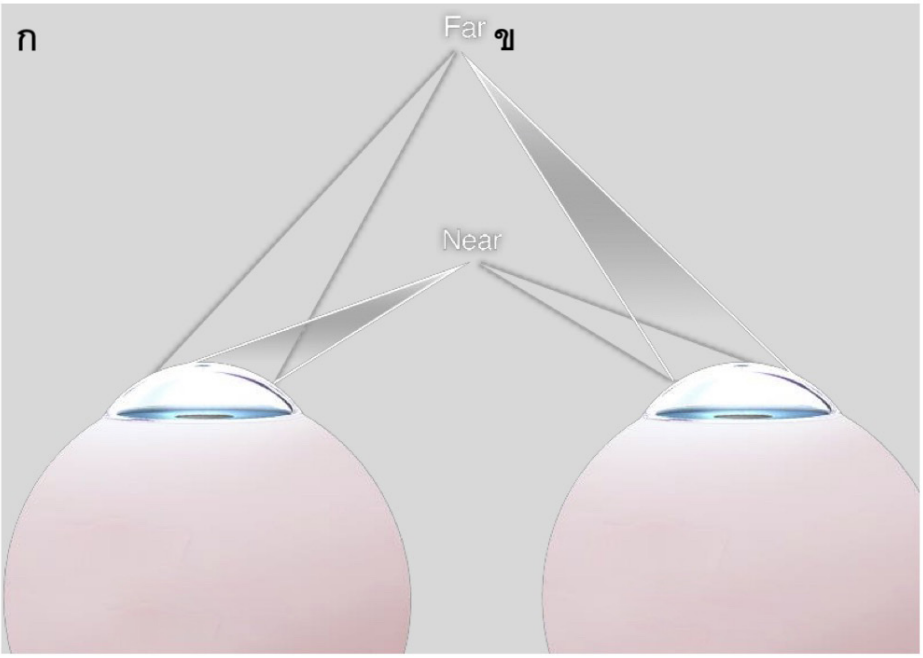
เป็นการผ่าตัดใส่เลนส์ตาเทียม โดยที่มีการนำเอาเลนส์ธรรมชาติ (crystalline lens) ของผู้ป่วยออกก่อน จึงค่อยใส่เลนส์ตาเทียมเข้าไปแทนในตำแหน่งเดิม โดยจะพิจารณาในกลุ่มที่มีอายุมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มที่เริ่มมีปัญหาการอ่านหนังสือ หรือทำงานระยะใกล้ (accommodation loss) แล้ว

II. ภาวะสายตาผิดปกติ จากการมีภาวะสายตายาวตามวัย

แม้ว่าภาวะดังกล่าว จะไม่ใช่ภาวะของค่าสายตาผิดปกติที่แท้จริง กล่าวคือไม่สามารถใช้เครื่องในการตรวจวัดค่าสายตาออกมาได้โดยตรง แต่ก็สามารถใช้การแก้ไขสายตาด้วยหลักการเดียวกับ ภาวะสายตาผิดปกติชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้มีปัญหาสายตาที่มีอายุเกิน 40 ปี ทีมีปัญหาค่าสายตาผิดปกติ ร่วมกับการเริ่มมีภาวะสายตายาวตามวัย ทั้งนี้อาจจะมีข้อที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม กล่าวคือ การแก้ไขสายตาทั้ง 2 ตา (bilateral) และการแก้ไขสายตาแบบ monovision และ modified monovision[24]

ภาวะ monovision เป็นการปรับค่าสายตาในตาด้านหนึ่ง ให้สามารถเห็นได้ดีที่ระยะใกล้ กล่าวคือตาด้านนั้นจะมีค่าสายตาที่ค่อนไปทางค่าสายตาสั้น มากกว่าตาอีกด้านหนึ่งที่จะถูกปรับ

ให้มีค่าสายตาปกติ ซึ่งในกรณีดังกล่าวจะทำให้ตาทั้ง 2 ด้านมีค่าสายตาที่วัดได้ไม่เท่ากัน ดังภาพที่ 17 โดยทั่วไปยอมรับค่าความแตกต่างที่ 1.25-2.5 diopter ขึ้นอยู่กับว่าจะมีความต้องการในการใช้สายตาระยะใกล้มากน้อยเช่นไร ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มค่าสายตาระยะใกล้ ระหว่าง 2 diopter และ 1.5 diopter จะพบว่ากรณีของ 2 diopter จะช่วยให้สามารถเห็นภาพที่ระยะใกล้ได้ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มค่าสายตาดังกล่าว ก็จะเป็นการเพิ่มความต่างของค่าสายตาระหว่างตา 2 ด้าน ซึ่งอาจส่งผลต่อการปรับตัว รวมไปถึงการเห็นภาพ 3 มิติหรือ stereopsis ที่อาจจะแย่ลง จึงมีการกล่าวถึง modified monovision ที่จะลดค่าความต่างดังกล่าวลงเป็น 0.5-1.5 diopter ซึ่งนั่นก็คือการที่เราตั้งให้ตาด้านที่มองใกล้ มีค่าสายตาสั้นเหลือไม่เกิน 1.5 diopter ซึ่งแน่นอนว่าการแก้ไขในแบบหลังจะทำให้การมองเห็นที่ระยะใกล้ไม่ดีเท่าแบบแรก แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีการมองเห็น stereopsis ที่ดีขึ้น ร่วมกับเพิ่มระยะการมองที่ระดับกลาง หรือ intermediate zone of functional vision ที่ดีขึ้น ในปัจจุบันได้มีการนำเอาหลักการของ monovision และ modified monovision มาปรับใช้ร่วมกับการรักษาแบบต่างๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป



รูปที่ 17. แสดงหลักการของภาวะ monovision/ modified monovision ก. **ตาด้านซ้าย** ถูกปรับค่าสายตาให้ไปทางค่าสายตาสั้นเพื่อให้สามารถรับภาพได้ดีจากระยะใกล้ และ ข. **ตาด้านขวา** ถูกปรับค่าสายตาให้ปกติ เพื่อให้สามารถรับภาพได้ดีจากระยะไกล

ในกรณีที่สามารถปรับตัวในภาวะค่าสายตาที่ไม่เท่ากันแบบดังกล่าวได้ ผู้ที่รักษาด้วยหลักการดังกล่าวจะสามารถเห็นวัตถุได้ทั้งในระยะใกล้และไกล

ในการรักษาภาวะสายตายาวตามวัย ผู้เขียนจะขอกล่าวแยกเป็น 2 กรณีเช่นกัน กล่าวคือ การรักษาแบบไม่ผ่าตัด และการรักษาแบบผ่าตัด

1. การรักษาแบบไม่ผ่าตัด[39,40]

1.1 การใส่แว่นสายตา

เป็นวิธีการที่ปลอดภัยและง่าย ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองใกล้ในกลุ่ม presbyopia โดยสามารถแบ่งลักษณะของแว่นตาที่ใช้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1.1.1 การใส่แว่นมองใกล้ระยะเดียว

เป็นการใส่แว่นตาที่มีค่าสายตาระดับเดียว โดยจะใส่แว่นตาดังกล่าวเพื่อการมองภาพที่ระยะใกล้เป็นหลัก

1.1.2 การใส่แว่นที่ประกอบจากเลนส์ 2-3 ระยะ (bifocal-trifocal lenses)

เป็นการใส่แว่นตาที่มีค่าสายตา 2-3 ระดับ ดังภาพที่ 18ก, 18ข ทำให้ผู้ที่ใส่แว่นดังกล่าวมีจุดรวมภาพชัดที่มาจากวัตถุหลายตำแหน่ง แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าผู้ใส่มักประสบปัญหาเกี่ยวกับความไม่ต่อเนื่องของภาพที่เห็น ประกอบกับ การที่ใส่ค่าสายตาหลายค่าในเลนส์ 1 ชิ้น จะเพิ่มความซับซ้อนในการตัดแว่น กล่าวคือ ถ้าไม่สามารถตัดแว่นให้พอดีกับแนวการมองเห็นที่ระยะต่าง ๆ (visual axis) ก็จะทำให้คุณภาพการมองเห็นหลังใส่แว่นชนิดนี้ ไม่ดีเท่าที่ควร[40]

1.1.3 การใส่แว่นที่ประกอบจากเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ (progressive lens)

เป็นการใส่แว่นตาที่มีค่าสายตาหลายระดับ โดยจะมีการปรับรูปแบบของเลนส์ชนิดดังกล่าว ด้วยการเพิ่มความต่อเนื่องระหว่างตำแหน่งของเลนส์ที่มีค่าสายตาต่างกัน ดังภาพที่ 18ค ทำให้สามารถมองเห็นภาพที่ระยะต่าง ๆ ได้ต่อเนื่องมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่ารูปแบบของเลนส์ชนิดนี้จะมีข้อด้อยกว่าเลนส์ชนิดอื่นที่บริเวณรอบนอกของเลนส์ โดยผู้ใส่มักพบว่ามีการบิดเบี้ยวของภาพเมื่อกลอกตามองผ่านบริเวณขอบรอบนอกของเลนส์ นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายของตัวเลนส์ก็สูงขึ้นตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมา[40]

รูปที่ 18. แสดงลักษณะของเลนส์ประกอบแว่นที่ช่วยในการมองหลายระยะ ก. แสดงลักษณะเลนส์ที่มี 2 ระยะ (ระยะปกติ และระยะใกล้) ข. แสดงลักษณะเลนส์ที่มี 3 ระยะ (ระยะปกติ, ระยะกลาง และระยะใกล้) และ ค. แสดงลักษณะเลนส์หลายชั้นแบบไร้รอยต่อ

1.2 การใส่เลนส์สัมผัส[40]

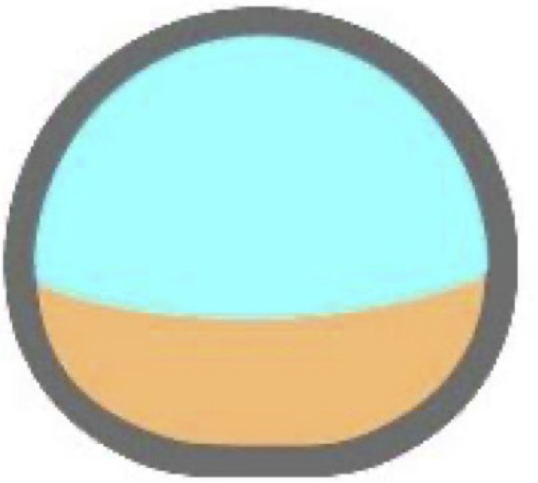
1.2.1 การใส่เลนส์สัมผัสเพื่อแก้ไขค่าสายตาเดิมและสวมใส่แว่นในการมองระยะใกล้ เป็นการแก้ไขสายตาที่แนะนำในรายที่ยังมีปัญหาการมองที่ระยะใกล้ไม่มาก ซึ่งจะมีความจำเป็นต้องใช้แว่นมองใกล้ เฉพาะงานที่ต้องการความละเอียดหรืออยู่ในระยะที่ใกล้มาก

1.2.2 การใส่เลนส์สัมผัส โดยอาศัยหลักการ monovision

เป็นการแก้ไขสายตาที่จะตั้งเป้าหมายค่าสายตาหลังการรักษาในตาทั้ง 2 ด้าน ไม่เท่ากัน กล่าวคือ ตาด้านที่เป็นตาหลัก หรือ dominant eye จะเป็นตาที่จะต้องใส่เลนส์สัมผัสเพื่อแก้ไขค่าสายตาทั้งหมด โดยมุ่งเน้นการใช้งานในระยะปกติหรือระยะไกล ในขณะที่การแก้ไขค่าสายตาในตาอีกด้าน จะเหลือค่าสายตาสั้นไว้ เพื่อที่จะใช้งานในระยะใกล้ ทั้งนี้มักยอมรับค่าความแตกต่างของสายตาไม่เกิน 1.5 diopter นอกจากนี้ด้วยหลักการของ monovision ผู้ที่แก้ไขสายตาด้วยวิธีนี้มีความจำเป็นที่ต้องรับทราบเกี่ยวกับการเห็นภาพ 3 มิติ (stereopsis) ที่แย่ลง ร่วมกับโอกาสเกิดการพลัดตกหกล้มจากการกะระยะของตาทั้ง 2 ด้านที่แย่ลง

1.2.3 การใส่เลนส์สัมผัสที่มีค่าสายตาสำหรับระยะปกติและระยะใกล้

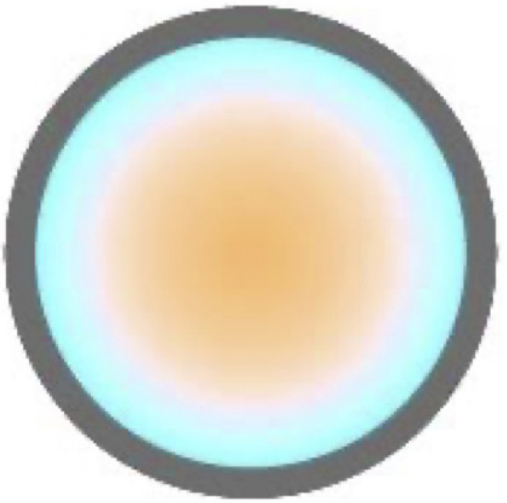
เป็นการแก้ไขสายตาที่อาศัยหลักการเดียวกับเลนส์ 2 ระยะที่ใส่ในแว่นตา เบื้องต้นเลนส์สัมผัสชนิดนี้จะมีการออกแบบให้ตำแหน่งทางด้านบนของเลนส์แก้ไขค่าสายตาที่ระยะปกติ ในขณะที่ด้านล่างได้รับการออกแบบให้แก้ไขค่าสายตาที่ใช้มองระยะใกล้ ดังรูปที่ 19 ที่จะต้องอาศัยการกลอกตาร่วมด้วย กล่าวคือ เมื่อมองในระยะปกติ ดวงตาจะมองผ่านเลนส์สัมผัสบริเวณด้านบน ซึ่งจะเป็นตำแหน่งที่ช่วยแก้ไขค่าสายตาในระยะปกติ ในขณะที่เมื่อมองใกล้ดวงตาจะมีการปรับตำแหน่งมองต่ำลงทำให้เกิดการมองผ่านเลนส์บริเวณด้านล่างซึ่งเป็นตำแหน่งที่ช่วยแก้ไขค่าสายตาสำหรับมองระยะใกล้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าผลการมองเห็นจากเลนส์ชนิดนี้จะไม่ดีเท่าที่ควรในผู้ที่มีรูม่านตาใหญ่กว่า 3 มม. เนื่องจากอาจมีการเดินทางของภาพผ่านเลนส์หลายตำแหน่ง นอกจากนี้การตัดเลนส์ให้เหมาะกับผู้ใช้แต่ละรายก็มีความสำคัญที่จะช่วยให้เลนส์ชนิดนี้สามารถแก้ไขสายตาได้อย่างเต็มที่



รูปที่ 19. แสดงลักษณะของเลนส์ 2 ระยะ โดยอาศัยพื้นที่ทางด้านบนแก้ไขค่าสายตาปกติ และใช้พื้นที่ทางด้านล่างแก้ไขค่าสายตาระยะใกล้ รูปแบบบริเวณฐานล่างจะเป็นปลายตัดเพื่อให้เลนส์สามารถวางตัว บนเปลือกตาล่าง และอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการได้

1.2.4 การใส่เลนส์สัมผัสที่มีค่าสายตาสำหรับการมองหลายระยะ

เป็นการแก้ไขสายตาโดยอาศัยการออกแบบเลนส์สัมผัสโดยให้ตำแหน่งต่าง ๆ บนตัวเลนส์แก้ไขค่าสายตาที่แตกต่างกันไป กล่าวคือ ตรงกลางของเลนส์จะถูกออกแบบสำหรับค่าสายตาในการมองใกล้ ในขณะที่บริเวณรอบ ๆ ด้านนอกจะถูกออกแบบสำหรับค่าสายตาในการมองระยะปกติ ดังรูปที่ 20 อย่างไรก็ตามเนื่องจากการมองที่ระยะต่าง ๆ ไม่สามารถที่จะกำหนดได้อย่างแน่ชัดว่าจะมีการเดินทางผ่านของภาพที่บริเวณใกล้หรือไกลเพียงอย่างเดียว จึงทำให้คุณภาพการมองเห็นผ่านเลนส์ชนิดนี้ไม่ได้ดีในทุกระยะตามที่ควรจะเป็น โดยพบรายงานคุณภาพการมองเห็นที่แย่ลงจากการลดลงของ contrast sensitivity และการเพิ่มขึ้นของ wavefront aberration ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดสำคัญในการใช้เลนส์สัมผัสชนิดนี้



รูปที่ 20. แสดงลักษณะของเลนส์สัมผัสหลายระยะที่จะมีการแบ่งพื้นที่บนเลนส์ เพื่อใช้ในการมองภาพที่ระยะต่าง ๆ โดยพื้นที่ตรงกลางจะถูกออกแบบให้สามารถเห็นชัดได้ที่ระยะใกล้หรือไกล ในขณะที่ค่าสายตาจะแตกต่างออกไปในพื้นที่รอบนอก

2. การรักษาแบบผ่าตัด

2.1 การแก้ไขสายตาด้วยการผ่าตัดที่กระจกตา (corneal refractive surgery)

สำหรับการแก้ไขภาวะสายตายาวตามวัย ด้วยการผ่าตัดบริเวณกระจกตา ผู้เขียนจะขอจำแนกแนวทางที่จะกล่าวถึงเป็น 3 แนวทางหลัก คือ การปรับรูปร่างกระจดตาด้วยคลื่นพลังงานชนิดต่าง ๆ การฝังวัสดุสังเคราะห์เข้าไปในเนื้อกระจกตา หรือ corneal inlays และการผ่าตัดแก้ไขสายตาด้วยเครื่องเลเซอร์สายตาชนิดต่าง ๆ

2.1.1 การปรับรูปร่างกระจกตาด้วยคลื่นพลังงานชนิดต่าง ๆ[4]

Conductive keratoplasty

เป็นการใช้คลื่นวิทยุ 350-400 kHz ปรับรูปร่างกระจกตา ด้วยการกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกระจกตา หรือ conductive keratoplasty (Viewpoint CK System, Refractec, Inc.) โดยเครื่องมือจะถูกวางที่กระจกตาบริเวณด้านนอก ที่ความลึก 450-500 ไมโครม. เป็นจำนวน 8, 16, 24 และ 32 จุด ส่งผลให้กระจกตาตรงกลางโก่งขึ้น และช่วยแก้ไขภาวะสายตายาวในช่วง +0.75 ถึง +3.00 diopter ในแง่ของผลการรักษาได้มีรายงานโดย Stahl และคณะ ที่ทำ conductive keratoplasty ในผู้มีสายตายาวตามวัย 10 ราย และพบว่าทุกรายมีค่าระดับสายตาที่ระยะใกล้ดีขึ้นจาก J10 เป็น J3 ที่ระยะเวลา 1 ปี[41] ซึ่งคล้ายกับผลในหลายกลุ่มการศึกษา แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัญหาของระดับสายตาที่ไม่คงตัวเมื่อเวลาผ่านไป ส่งผลให้การรักษาดังกล่าวไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร

Femtosecond-based procedure[42]

เป็นการใช้ femtosecond laser สร้างรอยตัดในชั้นกระจกตาเป็นรูปวงแหวนเรียงกัน 5 วง โดยรอยตัดดังกล่าวจะกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปทรงกระจกตา ทำให้กระจกตาโก่งตัวขึ้น อันเป็นกลไกที่ช่วยแก้ภาวะสายตายาว ทั้งนี้ได้มีรายงานเกี่ยวกับการมองเห็นที่ดีขึ้น โดย Holzer และทีม ได้รายงานระดับการมองเห็นระยะใกล้ที่ดีขึ้น โดยเฉลี่ยจากระดับ 20/100 ไปเป็น 20/30 แต่อย่างไรก็ตามมีการลดลงของการมองเห็นที่ระยะปกติ โดยมีค่าสายตาสั้นขึ้นโดยเฉลี่ย 0.5 diopter ซึ่งก็มีอีกหลายการศึกษาที่รายงานผลออกมาในลักษณะเดียวกัน นอกจากนี้การสร้างรอยตัดในชั้นกระจกตา ยังอาจมีผลต่อความแข็งแรงของกระจกตา (corneal biomechanics) ในระยะยาว จึงเป็นอีกข้อที่แพทย์ผู้ให้การรักษาจำเป็นที่จะต้องพิจารณาร่วมด้วยอยู่เสมอ[43]

2.1.2 การฝังวัสดุสังเคราะห์เข้าไปในเนื้อกระจกตา หรือ corneal inlays (ตารางที่ 3[4, 44, 47])

หลักการของ corneal inlays ได้เริ่มมีการพูดถึงมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1949 โดย Barraquer แต่เนื่องด้วยเทคโนโลยีที่ยังไม่ดีพอ ทำให้วัสดุที่ใช้ฝังในกระจกตาช่วงแรกนั้นมีปัญหาเรื่อง biocompatibility จนเวลาต่อมาก็ได้มีการพัฒนา corneal inlays แบบต่าง ๆ โดยหนึ่งในข้อบ่งชี้ของการใส่ corneal inlays คือการแก้ไขภาวะสายตายาวตามวัย ซึ่งอาศัยหลักการต่าง ๆ ดังนี้คือ

Corneal reshape inlays[4, 39]

เป็นการใส่วัสดุสังเคราะห์ที่ไม่มีค่าสายตาและมีรูปร่างเป็น hyperprolate shape เข้าไปในเนื้อกระจกตา หรือที่เรียกว่า raindrop inlay (Revision Optics, Lake Forest, CA, USA) โดยหลังจากใส่ corneal inlays ชนิดดังกล่าว กระจกตาจะมีลักษณะที่โก่งตัวขึ้นบริเวณตรงกลาง นำไปสู่การหักเหแสงเพื่อรับภาพจากวัตถุระยะใกล้ โดยแพทย์จะเลือกใส่ corneal inlays ดังกล่าวในตาด้านที่ไม่ใช่ตาเด่น (nondominant eye) แม้ว่าจะมีรายงานผลการรักษาที่ดีจนได้รับการรับรองจาก US FDA ในปี ค.ศ. 2018 กลับพบว่าในเวลาต่อมา มีรายงานเกี่ยวกับการกระตุ้นให้เกิดฝ้าในชั้นกระจกตา (haze formation) ทำให้ความนิยมในการใช้ corneal inlays ชนิดนี้ลดลง

Refractive inlays[44,45]

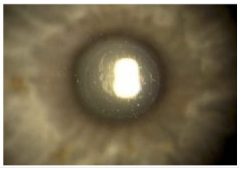
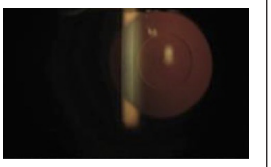
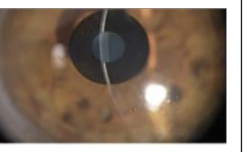
เป็นการใส่วัสดุสังเคราะห์ที่ทำจาก acrylic ที่มีค่าดัชนีการหักเหของแสงต่างจากกระจกตา ในรูปแบบของวัสดุที่มีช่องว่างตรงกลาง หรือที่เรียกว่า flexivue microlens (Presbia PLC, Dublin, Ireland) ทำให้สามารถมองเห็นในระยะปกติด้วยการมองผ่านช่องตรงกลาง ในขณะเดียวกันเวลาที่มองวัตถุในระยะใกล้เข้ามา แสงที่เดินทางผ่านชิ้นวัสดุก็จะรวมตัวกันให้เห็นภาพได้ดีขึ้น มีรายงานจาก Bouzoukis และคณะเกี่ยวกับผลการรักษาในผู้มีสายตายาวตามวัย 45 ราย โดยพบว่าระดับการมองเห็นโดยเฉลี่ยที่ระยะใกล้ดีขึ้น จากระดับ 20/50 ไปเป็นระดับ 20/30 ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานจาก Limnopuolou และคณะ ที่พบว่าร้อยละ 75 ของผู้มีสายตา

ยาวตามวัย 47 ราย มีระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้ 20/30 ที่ระยะเวลา 1ปีหลังการรักษา แม้ว่าจะมีการมองเห็นในระยะใกล้ที่ดีขึ้น และไม่ได้มีระดับการมองเห็นระยะปกติที่ลดลงอย่างชัดเจน กลับมีรายงานการเพิ่มขึ้นของ higher order aberration และ การลดลงของ contrast sensitivity ในผู้ใช้บางราย ปัจจุบัน flexivue ได้รับการรับรองผลิตภัณฑ์จาก CE marking ในช่วงปี ค.ศ. 2009 ที่ผ่านมา และยังอยู่ในระหว่างการศึกษา phase 3 เพื่อขอการรับรองจาก US FDA[44]

Small aperture inlays[39,44]

เป็นการใส่วัสดุสังเคราะห์ทึบแสงทำจาก polyvinylidene fluoride ที่มีช่องว่างตรงกลาง ตัววัสดุจะมีรูขนาดเล็กที่ช่วยให้สารอาหารต่าง ๆ ซึมผ่านได้ หรือที่เรียกว่า Kamra inlay (Acufocus, Inc., Irvine, CA, USA) ด้วยหลักการของ pinhole effect ทำให้วัสดุดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่ม depth of focus ในขณะความทึบแสงของตัววัสดุเองก็จะช่วยลดการกระจายของแสงที่ผ่านเข้ามาในเวลาเดียวกัน ทำให้การมองเห็นระยะใกล้ดีขึ้น โดยไม่กระทบต่อการมองเห็นในระยะปกติ ได้มีรายงานผลสำเร็จจากหลายการศึกษา โดย Dexl และคณะ ที่ได้ผ่าตัดใส่ Kamra inlay ให้กับผู้มีสายตายาวตามวัย 32 ราย และติดตามการรักษาไปถึงระยะเวลา 5 ปี โดยพบว่ามีระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้ดีขึ้นจาก J7/J8 ไปเป็น J1 ที่ 1 ปีและคงที่ไปจนถึง 3 ปีหลังผ่าตัด และมีการลดลงเล็กน้อยเป็น J3$\pm$2 lines ที่ 5 ปี ในขณะที่การมองเห็นระยะไกลมีระดับลดลงจาก 20/16 ไปเป็น 20/20 ที่ระยะเวลา 3 ปี[46] ทั้งนี้ Kamra ได้รับการรับรองผ่าน US FDA ในช่วงปี ค.ศ. 2015 ที่ผ่านมาในการแก้ไขภาวะสายตายาวตามวัย

ตารางที่ 3. รูปแบบของ corneal inlays ชนิดต่าง ๆ[4, 44, 47]

Intracorneal Inlays	Raindrop Inlay	Flexivue Inlay	Kamra Inlay
Anterior segment photography			
Designs	2-mm diameter with a central thickness of 32 μm of **hydrogel**	3-mm diameter with 15-20 μm thickness of transparent hydrogel-based implant made from a hydrophilic copolymer of **hydroxyethyl methacrylate and methyl methacrylate**	6 μm thickness with 8400 laser-etched micro-perforated holes, 5-11 μm in diameter of enhanced biomaterial, **polyvinylidene fluoride**
Mechanisms of action	Increase of central radius of corneal curvature	Enhance corneal multifocality	Enhance depth of focus with pinhole principle

2.1.3 การผ่าตัดแก้ไขสายตาด้วยเครื่องเลเซอร์สายตาชนิดต่าง ๆ

ภาวะสายตายาวตามวัยสามารถแก้ไขโดยการปรับรูปร่างของกระจกตาด้วยเลเซอร์สายตาชนิดต่าง ๆ โดยจะขอจำแนกเป็นการแก้ไขด้วยหลักการ monovision และการแก้ไขด้วยหลักการ multifocal [39]

Monovision-based

เป็นการแก้ไขค่าสายตาโดยใช้ PRK, LASIK หรือ SMILE ตามความเหมาะสมของค่าสายตา และสุขภาพดวงตาของผู้ป่วยแต่ละราย โดยที่แพทย์จะอาศัยหลักการ monovision มาประกอบการตั้งค่าสายตาที่จะแก้ไข เบื้องต้นแพทย์จะแก้ไขสายตาตามค่าที่มีในตาเด่น (dominant eye) เพื่อให้ตาด้านนี้สามารถมองเห็นได้ดีที่ระยะปกติ ในขณะที่แพทย์จะแก้ไขค่าสายตาโดยหย่อนค่าดังกล่าวลงในตาอีกด้าน ให้เหลือเป็นค่าสายตาสั้นเล็กน้อย เพื่อให้มองเห็นได้ดีที่ระยะใกล้ ทั้งนี้จะแก้เป็น monovision หรือ modified monovision แพทย์จะต้องคำนึงถึง ความต้องการใช้สายตา อาชีพ และกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วย ก่อนจะพิจารณาตั้งค่าสายตาให้เหมาะกับผู้ป่วย

รายนั้น ๆ[4] อีกหลักการที่จะช่วยประเมินว่าผู้ป่วยจะสามารถรับค่าสายตาในภาวะของ monovision ได้หรือไม่ คือการให้ผู้ป่วยลองใส่เลนส์สัมผัสแก้ไขค่าสายตาตามที่วางแผนไว้ และทดลองใช้ชีวิตตามปกติเป็นเวลาอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ซึ่งวิธีการนี้ก็จะสามารถประเมินได้คร่าว ๆ ว่าผู้ป่วยเหมาะต่อการแก้ไขสายตาแบบ monovision-based หรือไม่

Multifocal-based

เป็นการแก้ไขสายตาให้กลับมาเป็นค่าสายตาปกติ พร้อม ๆกับการแก้ไขภาวะสายตายาวตามวัย ด้วยหลักการนี้กระจกตาจะถูกปรับค่าสายตาให้สามารถมองได้ทั้งที่ระยะปกติและระยะใกล้ ส่งผลให้เกิดภาวะ multifocality ของกระจกตา ในปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบของเลเซอร์กระจกตาให้สามารถสร้างภาวะนี้ ผ่านการรักษาแบบ LASIK โดยมีรูปแบบของการปรับรูปร่างกระจกตาแบบต่าง ๆ ดังนี้

ก. Central PresbyLASIK

เป็นการปรับบริเวณตรงกลางของกระจกตา เพื่อใช้สำหรับการมองใกล้และปรับบริเวณโดยรอบ สำหรับการมองระยะปกติ เชื่อว่าการปรับรูปร่างกระจกตาด้วยวิธีดังกล่าวจะส่งผลให้กระจกตามีส่วนที่โก่งตัวขึ้นบริเวณตรงกลาง ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับรูปร่างของกระจกตาปกติ นอกจากนี้ก็ยังสัมพันธ์กับการตอบสนองของรูม่านตาที่ระยะใกล้ที่จะมีการหดตัวเล็กลง ทำให้สามารถมองผ่านบริเวณตรงกลาง เพื่อรับภาพระยะใกล้ได้ดีขึ้น[48] ในปัจจุบันเครื่องเลเซอร์ที่ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวคือ PresbyMAX (SWHWIND eye-tech- solutions, GmbH, Kleinostheim, Germany), SUPRACOR (Technolas Perfect Vision GmbH, Munich, Germany) และ AMO Visx (AMO Development LLC, Milpitas, Califonia) เป็นต้น ได้มีการรายงานผลการรักษาที่แตกต่างกันไปตามกลุ่มการศึกษาและชนิดของเครื่องมือที่ใช้

Baudu และคณะได้รายงานผลการแก้ไขสายตาด้วย Presbymax ในผู้มีภาวะสายตายาวตามวัย ร่วมกับสายตาสั้นและสายตายาว พบว่าที่ 6 เดือนหลังการรักษามีการมองเห็นระยะใกล้ที่ระดับ J3 ร้อยละ 87 ในกลุ่มสายตายาวและร้อยละ 94 ในกลุ่มสายตาสั้น โดยมีการมองเห็นระยะปกติที่ระดับ 20/25 ที่ร้อยละ 74 และ 70 ตามลำดับ[49] ซึ่งเมื่อพิจารณาในการศึกษาอื่น ๆ พบว่าหลังผ่าตัดด้วย Presbymax ผู้ป่วยมีการมองเห็นที่ระยะใกล้ที่ระดับ J3 ร้อยละ 80-94 ในขณะที่มีการมองเห็นระยะปกติตั้งแต่ 20/25 ขึ้นไป ร้อยละ 70-100 แต่อย่างไรก็ตามพบมีรายงานการลดลงของ CDVA 2 แถวขึ้นไปที่ร้อยละ 3-26[48] ในขณะที่ Supracor ก็มีรายงานต่าง ๆ ออกมาเช่นกัน ดังข้อมูลจาก Sanchez และคณะ ได้รายงานผลการผ่าตัดที่ 24 เดือน พบว่า ผู้ที่มีภาวะสายตายาวตามวัย ร่วมกับค่าสายตายาวตั้งต้น มีการมองเห็นระยะใกล้ที่ระดับ J 1.5 ร้อยละ 90 โดยมีการมองเห็นระยะปกติตั้งแต่ 20/25 ขึ้นไปร้อยละ 100[50] ซึ่งเมื่อเทียบผลการรักษาด้วย Supracor จากกลุ่มการศึกษาอื่น ก็พบว่ามีความแตกต่างกันออกไป โดยมีรายงานการมอง

เห็นระยะใกล้ที่ระดับ J2 หรือ J3 ขึ้นไป ในช่วงร้อยละ 89.4-98 ในขณะที่มีการมองเห็นระยะปกติตั้งแต่ 20/25 ขึ้นไป อยู่ที่ร้อยละ 36.6-100 ซึ่งหากพิจารณาเรื่องลดลงของ CDVA 2 แถวขึ้นไป ก็พบว่ามีรายงานอยู่ในช่วงร้อยละ 4-10.6[48]

แม้ว่าการรักษาด้วยหลักการ central PresbyLASIK จะช่วยให้มีระดับการมองเห็นระยะใกล้ที่ดีขึ้น กลับพบว่ามีผู้รับการรักษาบางรายมีระดับการมองเห็น CDVA ที่ลดลง ซึ่งประเด็นดังกล่าวถือเป็นอีกข้อพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยของการรักษา ที่แพทย์ควรนำมาประกอบการตัดสินใจเป็นกรณี ๆ ไป

ข. Peripheral PresbyLASIK

เป็นการปรับบริเวณตรงกลางกระจกตาให้มองที่ระยะปกติ และปรับบริเวณโดยรอบให้มองที่ระยะใกล้ โดยหลังจากยิงเลเซอร์ชนิดนี้ กระจกตาตรงกลางจะแบนราบลงเป็น oblate shape ในขณะที่บริเวณโดยรอบจะมีการโก่งตัวขึ้น เป็น prolate shape ซึ่งพบว่ามีความจำเป็นที่ต้องยิงเลเซอร์สลายเนื้อกระจกตามากกว่าวิธีแรก นอกจากนี้การยิงเลเซอร์ดังกล่าว มีความจำเป็นที่ต้องใช้ excimer laser ชนิดพิเศษที่สามารถคำนวณหรือชดเชยการสูญเสียพลังงานของเลเซอร์บริเวณรอบนอกหรือที่เป็น wavefront-guided algorithm มาประกอบการรักษา[4, 48] มีรายงานการศึกษาของ Epstein และคณะ ที่ให้การรักษาแบบ LASIK ในตาเด่น (dominant eye) และ presbyLASIK ในตาอีกด้าน เพื่อรักษาภาวะสายตายาวตามวัย พบว่าผู้ป่วยมีระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้เป็น 20/20 ร้อยละ 65.3 ในกลุ่มสายตาสั้นและร้อยละ 71.4 ในกลุ่มสายตายาวตามลำดับ โดยที่มีระดับการมองเห็นที่ระยะปกติตั้งแต่ 20/20 ขึ้นไป ที่ร้อยละ 70.7 และ 67.9 ตามลำดับ

ค. Laser blended vision (LBV)

เป็นการยิงเลเซอร์แก้ไขสายตาโดยอาศัยการปรับเพิ่มค่า spherical aberration เล็กน้อย ซึ่งอาจทำใน ตา 1 หรือ 2 ด้าน โดยคาดหวังว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของ depth of focus ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ป่วยมีระดับการมองเห็นที่ดีขึ้นในหลาย ๆ ระยะ ในที่นี้ผู้เขียนจะขอกล่าวถึงการรักษาด้วย Presbyond LBV (Carl Zeiss Meditec, Germany) ที่ใช้หลักการ LBV ในตาทั้ง 2 ด้าน ร่วมกับการปรับเอาหลักการของ modified monovision มาประกอบด้วย กล่าวคือ แพทย์จะวางแผนการยิงเลเซอร์ในตาเด่น (dominant eye) ให้เป็นค่าสายตาปกติ ในขณะที่ตาอีกด้านจะมีค่าสายตาสั้นไม่เกิน 1.5 diopter ร่วมกันการยิงในรูปแบบที่มี blended zone ระหว่างตา 2 ด้าน ซึ่งจะก่อให้เกิดความต่อเนื่องของการมองเห็น ทั้งที่ระยะปกติ ระยะกลาง และระยะใกล้[48] ได้มีรายงานผลสำเร็จการรักษาด้วย Presbyond LDV ผ่านทางหลายกลุ่มการศึกษา โดยทาง Reinstein และคณะ ได้รายงานผลการรักษาภาวะสายตายาวตามวัย ในกลุ่มผู้ที่มีสายตาสั้น สายตายาว และสายตาปกติ พบว่าผู้ป่วยมีระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้เป็น J2 ที่ร้อยละ 81-96 ในขณะที่มีระดับ

การมองเห็นที่ระยะปกติตั้งแต่ 20/20 ขึ้นไป ที่ร้อยละ 86-99 นอกจากนี้ ยังไม่พบรายงานการลดลงของ CDVA ตั้งแต่ 2 แถวขึ้นไปในกลุ่มการศึกษานี้[51, 52, 53]

กล่าวโดยสรุปการใช้ excimer laser แก้ไขสายตาด้วยหลักการของ multifocality แม้จะมีรายงานว่าช่วยแก้ไขภาวะสายตายาวตามวัยได้ แต่การรักษาด้วย laser รูปแบบดังกล่าวยังไม่ได้เป็นที่แพร่หลาย ทั้งนี้มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ กล่าวคือ มีความสามารถแก้ไขค่าสายตายาวตามวัยที่มีค่าไม่มากหรือระยะเริ่มต้น มีรายงานเกี่ยวกับการมองเห็นที่แย่ลง มีรายงานเกี่ยวกับคุณภาพการมองเห็นที่เปลี่ยนไป เช่น wavefront aberration ที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น และข้อมูลการศึกษาที่ยืนยันประสิทธิภาพของการรักษายังมีไม่มาก ส่งผลให้การรักษานี้ยังไม่ได้รับการรับรองจาก US FDA

2.2 การแก้ไขสายตาด้วยการผ่าตัดภายในดวงตา (intraocular refractive surgery)

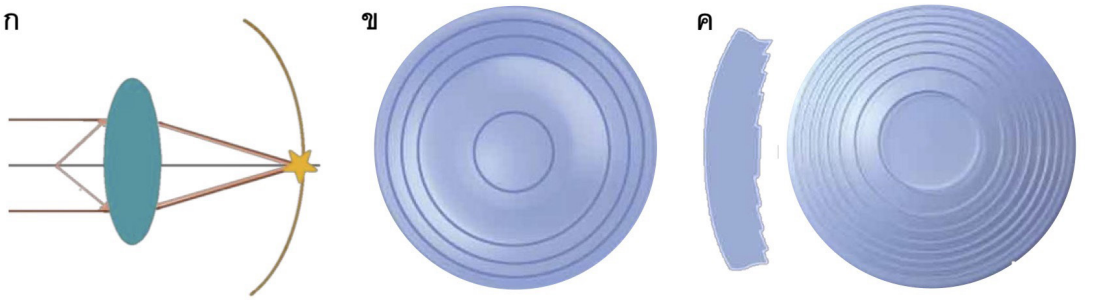
สำหรับผู้ที่มีภาวะสายตายาวตามวัย ที่ไม่สามารถแก้ไขสายตาในการรักษาอื่น ๆ หรือแก้ไข แล้วยังมีหรืออาจมีภาวะสายตาดังกล่าวเหลือ และตรวจพบว่าเริ่มมีภาวะต้อกระจก แพทย์อาจพิจารณาการรักษาด้วยการผ่าตัดต้อกระจก ทั้งนี้การใส่เลนส์ตาเทียม (intraocular lens or IOL) เข้าไปทดแทนเลนส์ธรรมชาติเดิม แพทย์สามารถวางแผนการใช้เลนส์แบบต่าง ๆ เพื่อช่วยแก้ไขภาวะสายตายาวตามวัยร่วมด้วยได้[23, 39]

2.2.4 การใส่เลนส์ตาเทียมโดยอ้างอิงหลักการ monovision

ในกรณีที่ผู้ป่วยเลือกใส่เลนส์ตาเทียมระยะเดียว (monofocal IOL) แพทย์อาจใช้หลักการดังกล่าวปรับค่าสายตาเพื่อให้สามารถมองในระยะใกล้ได้เพิ่มขึ้น โดยแพทย์จะทำการเลือกแก้ค่าสายตาเป็นค่าปกติในตาเด่น (dominant eye) และเลือกเหลือค่าสายตาสั้น ในตาอีกด้าน โดยการที่เราจะทราบว่าผู้ป่วยสามารถรับค่าสายตาที่ต่างกันแบบ monovision ได้หรือไม่ แพทย์อาจใช้วิธีการจำลองค่าสายตาที่คำนวณได้ผ่านการใส่เลนส์สัมผัส แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีความรุนแรงของต้อกระจกมากขึ้น การทดลองใส่เลนส์สัมผัสดังกล่าว อาจจะไม่สามารถแสดงผลที่บ่งถึงภาวะ monovision ได้โดยตรง

2.2.5 การใส่เลนส์ตาเทียมแบบหลายระยะ[54]

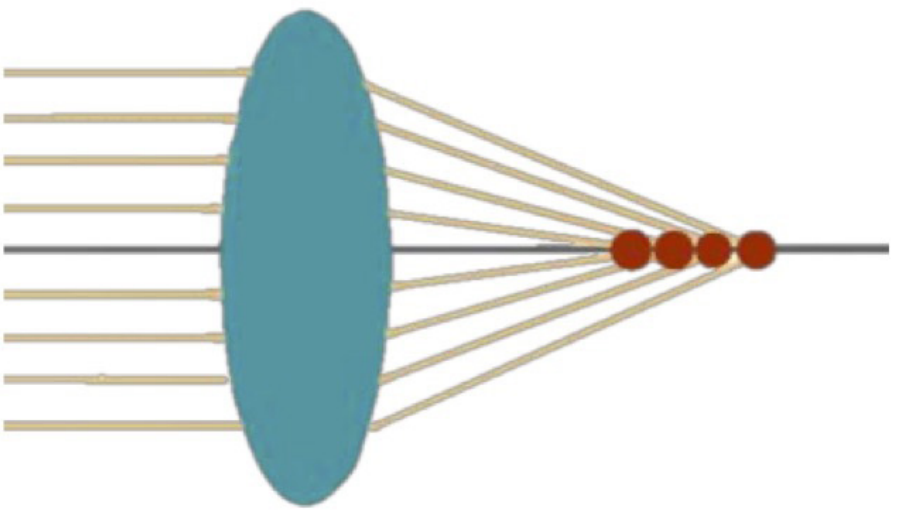
เป็นการนำเลนส์ตาเทียมที่มีการออกแบบมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มระยะการมองเห็น กล่าวคือ เมื่อแสงเดินทางมาจากระยะต่าง ๆ ผ่านเลนส์ตาเทียม จะเกิดการกระจายแสงไปในทิศทางที่ต่างกัน โดยผลสุดท้าย ไม่ว่าแสงจะเดินทางมาจากระยะใด เลนส์ตาเทียมชนิดดังกล่าวจะปรับแสงไปรวมกันที่จอประสาทตา รูปที่ 21



รูปที่ 21. แสดงลักษณะของเลนส์ตาเทียมชนิดหลายระยะ ก. เมื่อแสงเดินทางผ่านเลนส์ชนิดดังกล่าว ตัวเลนส์จะทำการปรับแสงให้ไปตกที่จอประสาทตา ข. เลนส์ชนิด refractive IOL จะมีค่าสายตาที่แตกต่างกันในแต่ละวงแหวนของเลนส์ และ ค. เลนส์ชนิด diffractive IOL จะมีการสร้างวงแหวนที่มีลักษณะเป็นขั้น ๆขึ้นมาซึ่งจะช่วยกระจายแสงให้ไปตกในตำแหน่งที่แตกต่างกัน

ได้มีการพัฒนาเลนส์ตาเทียมหลายระยะมาตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1980 โดยออกแบบให้เลนส์ตาเทียมมีค่าสายตาที่แตกต่างกันในตำแหน่งต่าง ๆ ของตัวเลนส์ (refractive design) แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีรายงานเกี่ยวกับคุณภาพการมองเห็นที่แย่ลงในสภาวะที่มีแสงน้อย มีกระจายของแสง (glare, halo) ที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการทำงานของเลนส์ที่จะได้ผลดีจะต้องอาศัยการหดขยายของรูม่านตาในการรับภาพร่วมด้วย เป็นผลให้การใช้เลนส์ refractive design ไม่เป็นที่นิยม จนได้มีการพัฒนาเลนส์ตาเทียมอีกรูปแบบ ที่ใช้หลักการหักเห กระจายแสงในทิศทางที่ต่างกันก่อให้เกิดการรวมภาพที่ระยะต่าง ๆ กันไป (diffractive design) จนได้มีการพัฒนาเลนส์ตาเทียมเป็น เลนส์ 2 ระยะ (bifocal) 3 ระยะ (trifocal) และ 4 ระยะ (quadrifocal) ทั้งนี้เลนส์ที่พัฒนาขึ้นมาภายหลังจะมีจุดประสงค์ในการเพิ่มจุดรับภาพชัดจากวัตถุตำแหน่งต่าง ๆ และเพิ่มความต่อเนื่องในการมองเห็นที่ระยะปกติ ระยะกลาง มาจนถึงระยะใกล้ โดยเมื่อพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพการมองเห็นในสภาวะแสงน้อย หรือการกระจายของแสง พบว่าเกิดในปริมาณที่น้อยกว่าเลนส์ชนิด refractive design ในการศึกษาระยะที่ผ่านมาได้รายงานประสิทธิภาพที่น่าพึงพอใจของเลนส์หลายระยะ ดังการศึกษาของ Ferreira และทีม ได้รายงานผลการรักษาด้วย multifocal IOL 3 ชนิด (Tecnis Synergy ZFR00V (Johnson & Johnson Vision, Santa Ana, CA, Unites States), Acrysof IQ PanOptix TFNT00 (Alcon, Fort Worth, TX, USA) และ Finevision POD F (PhysIOL, Liège, Belgium)) ในผู้ป่วย 3 กลุ่ม กลุ่มละ 60 ตา พบว่าหลังผ่าตัด มีระดับการมองเห็นที่ระยะปกติในช่วง LogMAR 0.04-0.05, มีระดับการมองเห็นระยะกลางในช่วง LogMAR 0.05-0.09 และมีระดับการมองเห็นที่ระยะใกล้ในช่วง LogMAR 0.00- (-)0.01 ซึ่งเมื่อติดตามผู้ป่วยพบว่ามีอัตราการไม่พึ่งพาแว่น สูงกว่าร้อยละ 96 ในทุกกลุ่มการรักษา[55]

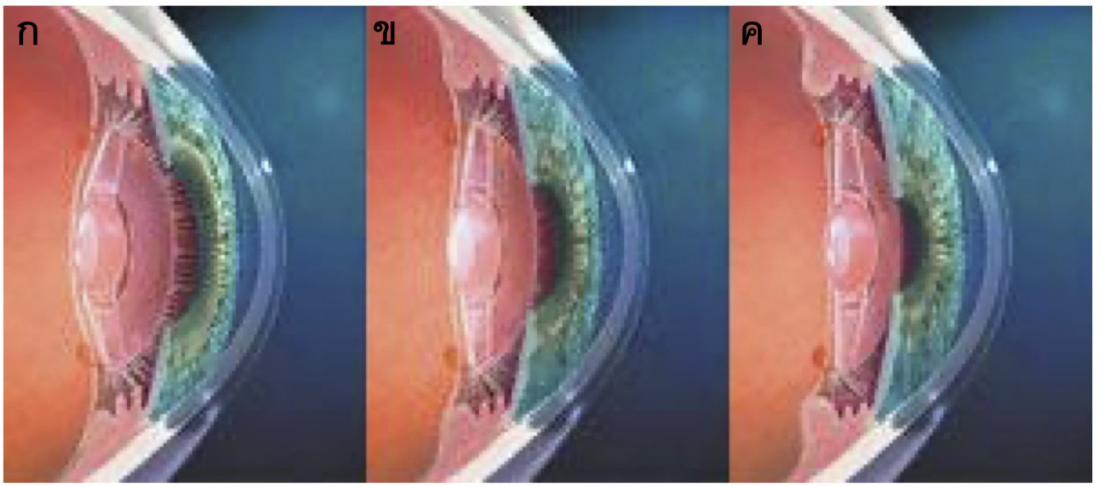
นอกเหนือจากหลักการของ refractive IOL และ diffractive IOL ได้มีการพัฒนาเลนส์ตาเทียมรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า extended depth of focus IOL (EDOF IOL) โดยเป็นการอาศัยหลักการของ negative spherical aberration หรือ pinhole effect ส่งผลให้แสงมีการเดินทางที่กระจายตัวออกไปจากจุดโฟกัสเดียว เกิดภาวะ elongate range of focus ดังรูปที่ 22 ส่งผลให้มีระยะการมองเห็นชัดที่เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถมองระยะปกติ และระยะกลางได้[56] แม้ว่าเลนส์ชนิดดังกล่าวจะทำให้เกิดความต่อเนื่องในการมองภาพที่ระยะต่าง ๆ กลับพบว่ามีข้อจำกัดในการมองระยะใกล้ ทำให้ต้องอาศัยหลักการอื่นมาประกอบเพื่อที่จะสามารถมองหลายระยะได้โดยใช้ตาทั้ง 2 ด้าน เช่น การทำ monovision เพื่อให้เกิดความเหลื่อมของค่าสายตา ระหว่างตาทั้ง 2 ด้าน ให้สามารถใช้ตาเด่นมองชัดที่ระยะปกติ และใช้ตาอีกด้านมองที่ระยะใกล้ ในขณะเดียวกัน การมี range of motion ที่เพิ่มขึ้นจากเลนส์ชนิดนี้ ก็ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองระยะกลางอีกด้วย เป็นต้น



รูปที่ 22. แสดงลักษณะของเลนส์ตาเทียมชนิด EDOF เมื่อแสงเดินทางผ่านเลนส์ชนิดดังกล่าว ตัวเลนส์จะทำการปรับแสงให้ไปตกในตำแหน่งที่ต่างกัน เกิดเป็นลักษณะ elongate range of focus

2.2.6 การใส่เลนส์ตาเทียมที่ปรับตำแหน่งเลนส์ได้ (accommodating IOL)

เป็นการอาศัยหลักการโดยธรรมชาติของการมองใกล้ที่มีลักษณะเป็น dynamic mechanisms โดยใช้กลไกการหดตัวของ ciliary muscles ทำให้เกิดการปรับรูปร่างและตำแหน่งของเลนส์ตาธรรมชาติ เพื่อรับภาพจากวัตถุระยะใกล้โดยการใส่เลนส์ตาเทียมชนิด accommodative IOL ก็จะอาศัยหลักการเดียวกันที่ทำให้เกิดการขยับของเลนส์ตาเทียม ดังรูปที่ 23 เพื่อให้สามารถมองภาพในระยะใกล้ได้ดีขึ้น



รูปที่ 23. แสดงลักษณะของเลนส์ตาเทียมชนิด accommodative ที่จะมีการขยับตำแหน่งกลางเลนส์ (optic) ตามแรงหดตัวของ ciliary muscles ที่สัมพันธ์กับการมองวัตถุที่ระยะต่าง ๆ ก. แสดงตำแหน่งเลนส์ในการมองระยะปกติ ข. แสดงตำแหน่งเลนส์ในการมองระยะกลาง และ ค. แสดงตำแหน่งเลนส์ในการมองระยะใกล้

เนื่องจากเลนส์ชนิดนี้จะต้องอาศัยการทำงานของ ciliary muscle ในการช่วยปรับระยะของเลนส์ตาเทียม ทำให้พบปัญหาตามมาในบางรายที่เกิดการหดตัวของเยื่อหุ้มเลนส์เป็นพังผืด ส่งผลให้ ciliary muscle ไม่สามารถยืดหดตัวได้ตามปกติ[4] ในปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะพัฒนารูปแบบของเลนส์ชนิดนี้ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การปรับเป็น dual optics design การปรับรูปร่างของ optics และการปรับ refractive index ของ optics เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันยังอยู่ระหว่างการศึกษาประสิทธิภาพของตัวเลนส์

สรุป

ภาวะสายตาผิดปกติ เป็นภาวะที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของแต่ละบุคคลไม่มากก็น้อย ทั้งนี้พบว่ามีการกระจายตัวแตกต่างกันออกไป ตามอายุ เชื้อชาติ สภาวะแวดล้อม และลักษณะการใช้ชีวิต เป็นต้น แม้ว่าจะมีอุบัติการณ์โดยรวมที่สูง คิดเป็นจำนวนประชากรหลายสิบล้านคนทั่วโลก แต่ก็เป็นภาวะที่สามารถให้การรักษาแบบจำเพาะ ส่งผลให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นหลังการรักษาได้

นอกเหนือจากการรักษาแบบไม่ผ่าตัด ด้วยการใส่แว่น หรือใส่เลนส์สัมผัส ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาใช้ในการรักษาภาวะสายตาผิดปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับภาวะสายตาสั้น และพบผลการรักษาที่แม่นยำ น่าพึงพอใจ ดังจะเห็นในการรักษาแบบ PRK, LASIK และ SMILE แต่อย่างไรก็ตาม ผลการรักษาที่ดีในสภาวะการณ์ปัจจุบัน ไม่ได้จำกัดแต่เฉพาะ ระดับการมองเห็น (visual acuity) ที่ดี หากแต่ยังรวมไปถึง คุณภาพการมองเห็น (visual acuity) ที่ดี จึง

มีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณารูปแบบการรักษาให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย โดยพิจารณาตั้งแต่ อายุ ค่าสายตา อาชีพ รูปแบบการใช้ชีวิต สุขภาพดวงตาเบื้องต้น รวมไปถึงความคาดหวังหลังการรักษา เป็นต้น

นอกเหนือจากเทคโนโลยีการยิงเลเซอร์ที่กระจกตาเพื่อปรับค่าสายตา ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแนวทางการรักษาให้ครอบคลุมภาวะสายตาผิดปกติต่าง ๆ ได้มากขึ้น สำหรับผู้ป่วยบางรายที่ไม่สามารถแก้ไขสายตาได้ด้วยวิธีดังกล่าว ทั้งนี้อาจเกิดจากการมีค่าสายตาที่ไม่เหมาะสม มีลักษณะของดวงตาหรือกระจกตาที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น จึงได้มีการนำเอาการรักษาด้วยการผ่าตัดใส่เลนส์เสริมเข้ามาใช้ และพบว่าให้การรักษาที่ดี ใกล้เคียงกับการยิงเลเซอร์ที่กระจกตา ซึ่งแม้เบื้องต้นจะมีความกังวลเกี่ยวกับรูปแบบของเลนส์เสริมที่มีผลกระทบต่อโครงสร้างในลูกตา ก็พบว่า การพัฒนารูปแบบของเลนส์เสริมอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน ได้ส่งผลให้ภาวะไม่พึงประสงค์ลดลง และมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้นเช่นกัน

สำหรับการพัฒนาแนวทางการรักษาในอนาคต ก็คงเป็นการเพิ่มโอกาสการรักษาภาวะสายตาผิดปกติอันเกิดจากโรคทางกระจกตา เช่นโรคกระจกตาโก่ง เป็นต้น รวมไปถึงการรักษาแบบใหม่ที่มีการนำชิ้นกระจกตาที่เหลือจากการรักษามาใช้รักษาผู้ป่วยรายอื่น ๆ ต่อไป ดังจะเห็นได้จากการนำชิ้นกระจกตา (lenticule) ปลูกถ่ายให้กับผู้มีภาวะสายตาผิดปกติ และผู้มีภาวะโรคกระจกตาโก่ง เป็นต้น

นอกเหนือจากภาวะสายตาผิดปกติ จากการมีค่าสายตาสั้น ค่าสายตายาวและค่าสายตาเอียง อีกภาวะที่เริ่มมีความสำคัญและส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของบุคคลนั้น ๆ ไม่แพ้กัน ก็คือ ภาวะสายตายาวตามวัย ที่พบเพิ่มมากขึ้นจากการมีประชากรผู้สูงวัยเพิ่มขึ้น แม้ว่าจะมีการนำเอาเทคโนโลยีการยิงเลเซอร์ปรับค่าสายตา หรือการใส่วัสดุสังเคราะห์ในชั้นกระจกตา มาประกอบการรักษา ก็ยังพบข้อจำกัดบางประการดังที่ได้อภิปรายในเนื้อหาข้างต้น จึงมีการพัฒนารูปแบบของเลนส์ตาเทียมชนิดต่าง ๆ ที่จะใส่ทดแทนเข้าไปในดวงตา เพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้ผู้ป่วยสามารถมองเห็นได้ดีที่ระยะปกติ ระยะกลาง และระยะใกล้ ซึ่งพบว่ามีเลนส์ตาเทียมหลายชนิดที่สามารถให้ผลการรักษาที่ดี แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อพึงแนะนำ เกี่ยวกับคุณภาพการมองเห็นที่อาจจะแย่ลงในภาวะแสงน้อย การเกิดการกระจายของแสงในรูปแบบต่าง ๆ (wavefront aberration) เป็นต้น โดยสรุปแล้ว ไม่ว่าผู้ป่วยจะเลือกรับการรักษาด้วยวิธีใด แพทย์มีหน้าที่ที่จะต้องให้ข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงทั้งส่วนที่พึงและไม่พึงประสงค์ เพื่อที่ผู้รับการรักษาจะมีความเข้าใจที่ถูกต้อง นำไปสู่ความคาดหวังต่อการรักษาที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง

เอกสารอ้างอิง

1. Chuck R, Jacobs D, Lee J, Afshari N, Vitale S, Shen T et al. Refractive Errors & Refractive Surgery Preferred Practice Pattern®. 2021.
2. BRODIE S. 2020-2021 BASIC AND CLINICAL SCIENCE COURSE (BCSC), SECTION 03. [S.l.]: AMER ACADEMY OF OPHTHALMO; 2020.
3. HERED R. 2020-2021 BASIC AND CLINICAL SCIENCE COURSE (BCSC), SECTION 06. [S.l.]: AMER ACADEMY OF OPHTHALMO; 2020.
4. Davidson R, Dhaliwal D, Hamilton R, Jackson M, Patterson L, Stonecipher K et al. Surgical correction of presbyopia. Journal of Cataract and Refractive Surgery. 2016;42(6):920-930.
5. TSAI L. 2020-2021 BASIC AND CLINICAL SCIENCE COURSE (BCSC), SECTION 11. [S.1l.]: AMER ACADEMY OF OPHTHALMO; 2020.
6. Irving E, Machan C, Lam S, Hrynchak P, Lillakas L. Refractive error magnitude and variability: Relation to age. Journal of Optometry. 2019;12(1):55-63.
7. Fricke T, Tahhan N, Resnikoff S, Papas E, Burnett A, Ho S et al. Global Prevalence of Presbyopia and Vision Impairment from Uncorrected Presbyopia. Ophthalmology. 2018;125(10):1492-1499.
8. Ang E, Couper T, Dirani M, Vajpayee R, Baird P. Outcomes of laser refractive surgery for myopia. Journal of Cataract and Refractive Surgery. 2009;35(5):921-933.
9. Barraquer JI. Queratomileusis para la correccion de la miopia. Arch Soc Am Oftalmol Optom 1964; 5:27–48
10. Fyodorov SN, Durnev VV. Operation of dosaged dissection of corneal circular ligament in cases of myopia of mild degree. Ann Ophthalmol 1979; 11:1885–1890
11. Waring GO III, Lynn MJ, Gelender H, Laibson PR, Lindstrom RL, Myers WD, Obstbaum SA, Rowsey JJ, McDonald MB, Schanzlin DJ, Sperduto RD, Bourque LB. Results of the Prospective Evaluation of Radial Keratotomy (PERK) Study one year after surgery; the PERK Study Group. Ophthalmology 1985; 92:177–196, 307; discussion by MR Dietz, 196–198
12. Waring GO III, Lynn MJ, McDonnell PJ. Results of the prospective evaluation of radial keratotomy (PERK) study 10 years af- ter surgery; the PERK Study Group. Arch Ophthalmol 1994; 112:1298–1308
13. McDonald MB, Kaufman HE, Frantz JM, Shofner S, Salmeron B, Klyce SD. Excimer laser ablation in a human eye. Arch Ophthalmol 1989; 107:641–642
14. Pallikaris IG, Papatzanaki ME, Stathi EZ, Frenschock O, Georgiadis A. Laser in situ keratomileusis. Lasers Surg Med 1990; 10:463–468

15. Mohan RR, Hutcheon AEK, Choi R, Hong JW, Lee JS, Mohan RR, Ambro´sio R Jr, Zieske JD, Wilson SE. Apoptosis, necrosis, proliferation, and myofibroblast generation in the stroma following LASIK and PRK. Exp Eye Res 2003; 76:71–87
16. Pallikaris IG, Naoumidi II, Kalyvianaki MI, Katsanevaki VJ. Epi- LASIK: comparative histological evaluation of mechanical and alcohol-assisted epithelial separation. J Cataract Refract Surg 2003; 29:1496–1501
17. Katsanevaki VJ, Kalyvianaki MI, Kavroulaki DS, Pallikaris IG. One-year clinical results after epi-LASIK for myopia. Ophthalmology 2007; 114:1111–1117
18. M M, SN S, BC P. Small Incision Lenticule Extraction [Internet]. PubMed. 2021 [cited 6 July 2021]. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31751086/
19. Sekundo W, Kunert K, Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. British Journal of Ophthalmology. 2010;95(3):335-339.
20. Chan TCY, Wang Y, Ng ALK, Zhang J, Yu MCY, Jhanji V, Cheng GPM. Vector analysis of high (≥3diopters) astigmatism correction using small-incision lenticule extraction and laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg. 2018 Jul;44(7):802-810.
21. 15. Moshirfar M, Bruner C, Skanchy D, Shah T. Hyperopic small-incision lenticule extraction. Current Opinion in Ophthalmology. 2019;30(4):229-235.
22. Reinstein DZ, Pradhan KR, Carp GI, et al.Small incision lenticule extraction for hyperopia: 3-month refractive and visual outcomes. J Refract Surg 2019; 35:24–30
23. HAMILL M. 2020-2021 BASIC AND CLINICAL SCIENCE COURSE (BCSC), SECTION 13. [S.l.]: AMER ACADEMY OF OPHTHALMO; 2020.
24. Kim T, Alió del Barrio J, Wilkins M, Cochener B, Ang M. Refractive surgery. The Lancet. 2019;393(10185):2085-2098.
25. Stonecipher K, Parrish J, Stonecipher M. Comparing wavefront-optimized, wavefront-guided and topography-guided laser vision correction. Current Opinion in Ophthalmology. 2018;29(4):277-285.
26. Gbreel M, Hamam K, Elsheikh R, Benmelouka A, Ouerdane Y, Hassan A et al. Outcome comparison between wavefront-guided and wavefront-optimized photorefractive keratectomy: A systematic review and meta-analysis. Indian Journal of Ophthalmology. 2020;68(12):2691.
27. Moshirfar M, McCaughey M, Reinstein D, Shah R, Santiago-Caban L, Fenzl C. Small-incision lenticule extraction. Journal of Cataract and Refractive Surgery. 2015;41(3):652-665.

28. Ganesh S, Brar S, Rao PA. Cryopreservation of extracted corneal lenticules after small incision lenticule extraction for potential use in human subjects. Cornea 2014;33:1355-62.
29. Moshirfar M, Shah TJ, Masud M, Fanning T, Linn SH, Ronquillo Y, Hoopes PC Sr. A Modified Small-Incision Lenticule Intrastromal Keratoplasty (sLIKE) for the Correction of High Hyperopia: A Description of a New Surgical Technique and Comparison to Lenticule Intrastromal Keratoplasty (LIKE). Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol. 2018 Summer; 7(2): 48-56.
30. Mannis M, Holland E. Cornea. 4th ed. 2016.
31. Pineda R, Chauhan T. Phakic intraocular lenses and their special indications. Journal of Ophthalmic and Vision Research. 2016;11(4):422.
32. Silva RA, Jain A, Manche EE. Prospective long-term evaluation of the efficacy, safety, and stability of the phakic intraocular lens for high myopia. Arch Ophthalmol. 2008;126:775–781.
33. Benedetti S, Casamenti V, Benedetti M. Long-term endothelial changes in phakic eyes after Artisan intraocular lens implantation to correct myopia: five-year study. J Cataract Refract Surg. 2007;33:784–790.
34. Werner L, Apple D, Pandey S, Trivedi R, Izak A, Macky T. Phakic Posterior Chamber Intraocular Lenses. International Ophthalmology Clinics. 2001;41(3):153-174.
35. Siedlecki J, Schmelter V, Mayer W, Schworm B, Priglinger S, Dirisamer M et al. SMILE Versus Implantable Collamer Lens Implantation for High Myopia: A Matched Comparative Study. Journal of Refractive Surgery. 2020;36(3):150-159.
36. Wei R, Li M, Zhang H, Aruma A, Miao H, Wang X et al. Comparison of objective and subjective visual quality early after implantable collamer lens V4c (ICL V4c) and small incision lenticule extraction (SMILE) for high myopia correction. Acta Ophthalmologica. 2020;98(8).
37. Emerah SH, Sabry MM, Saad HA, Ghobashy WA. Visual and refractive outcomes of posterior chamber phakic IOL in stable keratoconus. Int J Ophthalmol. 2019; 12(5):840-3.
38. Balparda K, Vanegas-Ramírez C, Herrera-Chalarca T, Silva-Quintero L. Early results with the EyeCryl Phakic Toric intraocular lens implantation in keratoconus patients. romanian journal of ophthalmology. 2021;65(2):163-170.
39. Katz J, Karpecki P, Dorca A, Chiva-Razavi S, Floyd H, Barnes E et al. Presbyopia – A Review of Current Treatment Options and Emerging Therapies. Clinical Ophthalmology. 2021;Volume 15:2167-2178.
40. Charman W. Developments in the correction of presbyopia I: spectacle and contact lenses. Ophthalmic and Physiological Optics. 2013;34(1):8-29.
41. Stahl JE. Conductive keratoplasty for presbyopia: 1-year results. J Refract Surg 2006;

22:137–144

42. Sioufi K, Zheleznyak L, MacRae S, Rocha K. Femtosecond Lasers in Cornea & Refractive Surgery. Experimental Eye Research. 2021;205:108477.
43. Moussa K, Jehangir N, Mannis T, Wong W, Moshirfar M. Corneal Refractive Procedures for the Treatment of Presbyopia. The Open Ophthalmology Journal. 2017;11(1):59-75.
44. Moarefi M, Bafna S, Wiley W. A Review of Presbyopia Treatment with Corneal Inlays. Ophthalmology and Therapy. 2017;6(1):55-65.
45. Limnopoulou AN, Bouzoukis DI, Kymionis GD, et al. Visual outcomes and safety of a refractive corneal inlay for presbyopia using femtosecond laser. J Re- fract Surg Thorofare NJ 1995. 2013;29(1):12–8. doi:10.3928/1081597X-20121210-01.
46. Dexl AK, Jell G, Strohmaier C, et al. Long-term outcomes after monocular corneal inlay implantation for the surgical compensa- tion of presbyopia. J Cataract Refract Surg. 2015;41(3):566–575. doi:10.1016/j.jcrs.2014.05.051
47. Ralph Chu Y, Heckman J, Harrie M. Intracorneal Inlays for Presbyopia. Current Ophthalmology Reports. 2017;5(3):249-254.
48. Lalgudi V, Shetty R, Brar S, Sharma M, Dadachanji Z. PresbyLASIK: A review of PresbyMAX, Supracor, and laser blended vision: Principles, planning, and outcomes. Indian Journal of Ophthalmology. 2020;68(12):2723.
49. Baudu P, Penin F, Arba Mosquera S. Uncorrected binocular performance after biaspheric ablation pro le for presbyopic corneal treatment using AMARIS with the PresbyMAX module. Am J Ophthalmol 2013;155:636-47, 647.e631.
50. Sanchez-Gonzalez JM, Alonso-Aliste F, Amian-Cordero J, Sánchez-González MC, De-Hita-Cantalejo C. Refractive and visual outcomes of SUPRACOR TENEO 317 LASIK for presbyopia in hyperopic eyes: 24-month follow-up. J Refract Surg 2019;35:591-8.
51. Reinstein DZ,Archer TJ,Gobbe M. LASIK for Myopic astigmatism and presbyopia using non-linear aspheric micro-monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 platform. J Refract Surg 2011;27:23-37.
52. Reinstein DZ,Carp GI,Archer TJ,Gobbe M. LASIK for presbyopia correction in emmetropic patients using aspheric ablation profiles and a micro-monovision protocol with the Carl Zeiss Meditec MEL 80 and VisuMax. J Refract Surg 2012;28:531-41.
53. Reinstein DZ, Couch DG, Archer TJ. LASIK for hyperopic astigmatism and presbyopia using micro-monovision with the Carl Zeiss Meditec MEL80 platform. J Refract Surg 2009;25:37-58

54. Wolffsohn J, Davies L. Presbyopia: Effectiveness of correction strategies. Progress in Retinal and Eye Research. 2019;68:124-143.
55. Ferreira T, Ribeiro F, Silva D, Matos A, Gaspar S, Almeida S. COMPARISON OF REFRACTIVE AND VISUAL OUTCOMES OF THREE PRESBYOPIA-CORRECTING INTRAOCULAR LENSES. Journal of Cataract and Refractive Surgery. 2021;Publish Ahead of Print.
56. Rampat R, Gatinel D. Multifocal and Extended Depth-of-Focus Intraocular Lenses in 2020. Ophthalmology. 2020;.