

เลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

Progressive Addition Lens

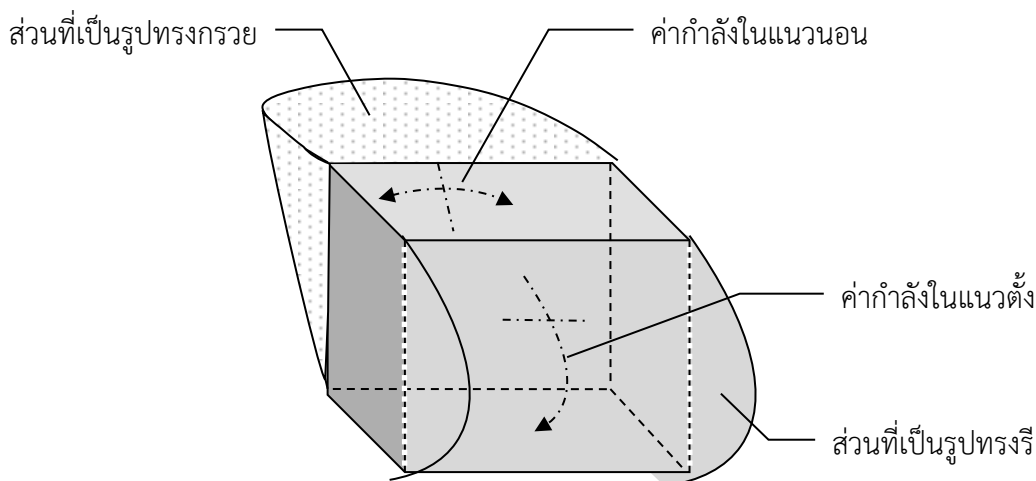
วิชัย ลีละวงศ์เทวัญ¹ และ อนันต์ พรมาตา²
Wichai Leelawongtawun¹ and Anant Bhornmata²

¹ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
¹Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine, Thammasat University

²โรงพยาบาลชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
²Chumphon Khet-Udomsakdi hospital, Chumphon province

ประวัติของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

ปี ค.ศ. 1907 โอเวน อาเวส (Owen Aves)¹ จากสถาบันทัศนมาตรศาสตร์แห่งลอนดอน (London's Institute of Optometry) ได้จดสิทธิบัตรเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อไว้เป็นคนแรก โดยเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อมีลักษณะสำคัญ 2 ประการ คือ ส่วนที่เป็นรูปทรงกรวย (Conical component) และส่วนที่เป็นรูปทรงรี (Elliptical component) ทำให้ได้เลนส์ที่มีกำลัง (power) ไหลระดับจากด้านบนลงมาด้านล่างโดยมีกำลังน้อยไปมาก (ภาพที่ 1) แต่ไม่ได้ผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 1 แสดงเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อแบบโอเวน อาเวส

ปี ค.ศ. 1909 เฮนรี ออร์ฟอร์ด เกวล์แลนด์ (Henry Orford Gowlland)^{2,3} ได้จดสิทธิบัตรเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อชนิดที่ใช้ส่วนที่เป็นรูปทรงกรวยที่ผิวด้านหลังของเลนส์ในการเพิ่มกำลังของเลนส์

ปี ค.ศ. 1923 เอสเทลล์ แกลนซี (Estelle Glancy) จากอเมริกัน ออปติคอล (American Optical) ได้จดสิทธิบัตรเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อชนิดที่เพิ่มกำลังของเลนส์ที่ผิวด้านหน้า

ปี ค.ศ. 1959 เอสเซล (Essel) ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ก่อตั้งเอสซิลอร์ อินเตอร์เนชันแนล (Essilor International) ได้ผลิตเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อในเชิงพาณิชย์แห่งแรกภายใต้ชื่อ เลนส์วาริลักซ์ (Varilux lens) ในยุโรป ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ใช้มองไกลและมองใกล้ที่กว้างมาก โดยเชื่อมต่อกันด้วยความโค้งที่ลดความยาวรัศมีลงทีละน้อยจากมองไกลไปสู่มองใกล้ ซึ่งเป็นเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อชนิดสมมาตร (Symmetric design) โดยที่เลนส์ตาซ้ายและตาขวาจะเหมือนกันเพียงแต่ใช้วิธีหมุนเลนส์ส่วนที่ใช้สำหรับมองใกล้เข้าด้านในประมาณ 9-11 องศาในเลนส์แต่ละข้าง ซึ่งมีข้อเสีย คือ ทำให้การมองเห็นของตาสองข้าง (Binocular vision) ลดลง โดยเฉพาะทางด้านข้าง

ปี ค.ศ. 1965 ยูนิวิส โอมนิโฟคอล (Univis Omnifocal) ผลิตเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อในเชิงพาณิชย์เป็นแห่งแรกของประเทศสหรัฐอเมริกา

ปี ค.ศ. 1973 เอสซิลอร์ (Essilor) ได้ผลิตเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อรุ่นที่ 2 ของวาริลักซ์ (Varilux) โดยใช้ชื่อว่า วาริลักซ์ 2 (Varilux II) โดยมีลักษณะที่แตกต่างจากรุ่นแรก คือ เป็นเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อชนิดไม่สมมาตร (Asymmetric design) ซึ่งเป็นการออกแบบเลนส์สำหรับตาแต่ละข้าง ไม่ได้ใช้วิธีการหมุนเลนส์เหมือนแบบเดิม เป็นผลทำให้ได้การมองเห็นของตาสองข้างดีขึ้นและกว้างขึ้น เลนส์รุ่นใหม่ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นแบบชนิดไม่สมมาตร

ปี ค.ศ. 1988 เริ่มมีการผลิตเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อชนิดฮาร์ด (Hard) และซอฟท์ (Soft) ทำให้ผู้สวมใส่สามารถปรับตัวได้ง่ายขึ้นกับการใช้แว่นแบบต่างๆ โดยมีส่วนที่ใช้สำหรับมองระยะกลางยาวขึ้นในชนิดซอฟท์ (Soft) และมีส่วนที่ใช้สำหรับมองระยะกลางสั้นลงในชนิดฮาร์ด (Hard)

ปี ค.ศ. 1993 ทาง เอสซิลอร์ (Essilor) ผลิตเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อที่ทำให้มีการมองเห็นเป็นธรรมชาติมากขึ้น โดยปรับให้บริเวณมองใกล้อยู่สูงขึ้นและเป็นลักษณะไม่สมมาตร ภายใต้ชื่อ วาริลักซ์ คอมฟอร์ท (Varilux Comfort) โดยทำให้การเหลื่อมตามองลงเพื่อดูระยะใกล้ได้ง่ายขึ้น

ปี ค.ศ. 2000 มีการปรับปรุงเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อโดยเอสซิลอร์ (Essilor) ผลิตเลนส์ชนิดวาริลักซ์ พานามิก (Varilux Panamic) โดยเหลือภาพบิดเบี้ยวเพียง 20% ในการมองด้านข้าง หลังจากนั้น ผู้ผลิตเลนส์หลายๆ แห่งได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ ทำให้สามารถปรับค่าต่างๆ ของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อให้เหมาะสมกับค่าต่างๆ ของแว่นได้ดีขึ้น เช่น ระยะห่างระหว่างแว่นกับตา (Vertex distance), มุมเอียงของแว่น (Pantoscopic tilt) และความโค้งของแว่น (Face form angle) ตัวอย่างเลนส์ชนิดนี้ ได้แก่ อิมเพรสชัน ไดฮีดรอล (Impression Dihedral) ของโรเดินสต็อก (Rodenstock) อินดิวิดวล (Individual) ของไซส์ (Zeiss) พรีซิโอ (Presio) ของนิคอน (Nikon) วาริลักซ์ อิปซิโอ (Varilux Ipseo) ของเอสซิลอร์ (Essilor) และโฮยาลักซ์ ไอดี (Hoyalux iD) ของโฮยา (Hoya)

ข้อดีของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

1. เป็นเลนส์ที่ไม่มีรอยต่อในขณะที่มีหลายกำลังในตัวเลนส์ ซึ่งต่างจากเลนส์สองชั้นที่มีรอยต่อในขณะที่มีเพียงสองกำลังในตัวเลนส์
2. ทำให้มีสายตาคมชัดในระยะกลาง (Intermediate vision) เนื่องจากการไล่ระดับของกำลังของเลนส์จากระยะไกลมาสู่ระยะใกล้ ทำให้เหมาะสำหรับการทำงานที่ต้องมองระยะกลาง เช่น การมองจอคอมพิวเตอร์
3. ไม่ทำให้เกิดภาพกระโดด (Image jump)
4. สามารถผลิตเลนส์ให้เหมาะสมกับผู้ใช้แต่ละรายได้ เรียกว่า เทคโนโลยีฟรีฟอร์ม (Free-form technology)

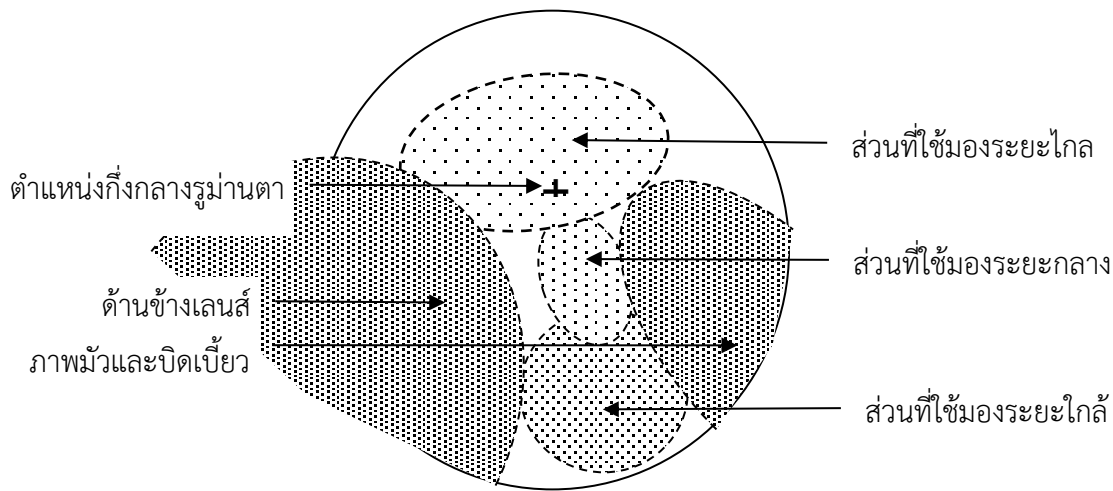
ข้อเสียของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

1. เกิดภาพบิดเบี้ยวทางด้านข้างของเลนส์ ทำให้การมองภาพด้านข้างไม่ชัดต้องใช้เวลาปรับตัว
2. ต้องใช้เวลาในการปรับตัวหลังจากใส่แว่น บางคนอาจรู้สึกเวียนศีรษะได้ในการใส่ครั้งแรกๆ
3. ราคาแพงกว่าเมื่อเทียบกับเลนส์สองชั้นหรือเลนส์อ่านหนังสืออย่างเดียว

โครงสร้างของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

โครงสร้างของเลนส์ไร้รอยต่อ มีดังนี้ (ภาพที่ 2)

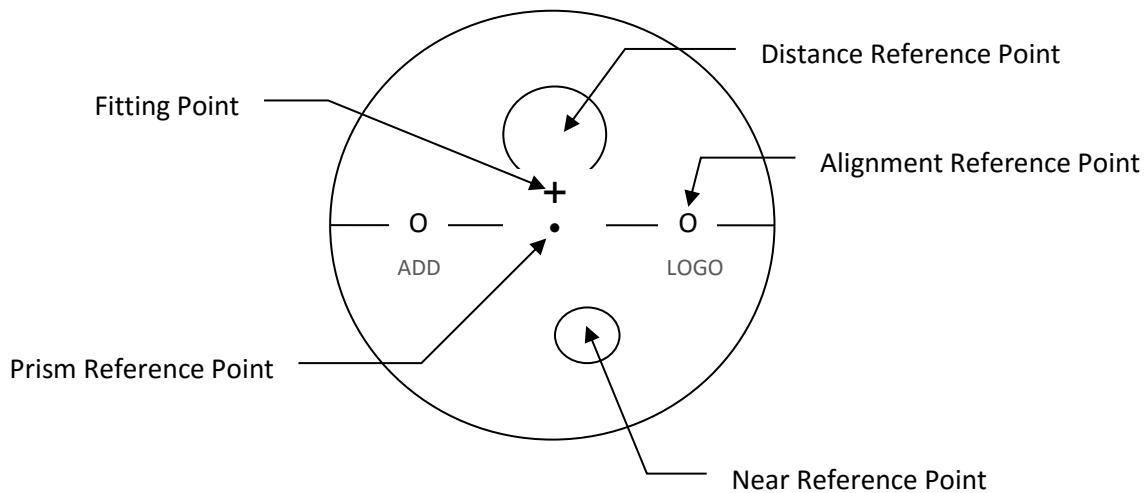
- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Distance zone | อยู่ส่วนบนของเลนส์ ใช้สำหรับมองระยะไกล |
| 2. Near zone | อยู่ส่วนล่างของเลนส์ ใช้สำหรับมองระยะใกล้ |
| 3. Progressive corridor | เป็นส่วนที่ใช้สำหรับมองระยะกลาง อยู่ระหว่าง distance กับ near zone |
| 4. Blending region | เป็นส่วนที่อยู่ด้านข้างของเลนส์ ทำให้ภาพมีลักษณะมัวและบิดเบี้ยว |



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

บริษัทผู้ผลิตเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อมักทำเครื่องหมายสัญลักษณ์ทางการค้า ชื่อทางการค้า รวมถึงค่าอ้างอิงต่างๆ ไว้ที่ผิวเลนส์ โดยสัญลักษณ์ที่ทำขึ้นนี้ มีทั้งแบบที่สามารถลบได้และแบบที่ไม่สามารถลบได้ ซึ่งมีแบบแผนที่คล้ายๆ กัน (ภาพที่ 3) ส่วนที่ลบไม่ได้นั้นจะเป็นรอยโปร่งแสงในเนื้อเลนส์ที่ต้องส่องกับแสงสว่างจึงจะมองเห็น ส่วนใหญ่จะเป็นค่ากำลังเพิ่มสำหรับการมองใกล้ (Adding power) และสัญลักษณ์รุ่นของเลนส์ (Logo) ส่วนตำแหน่งต่างๆ บนผิวเลนส์ที่ใช้สำหรับการอ้างอิงเป็นส่วนที่ลบออกได้ ได้แก่

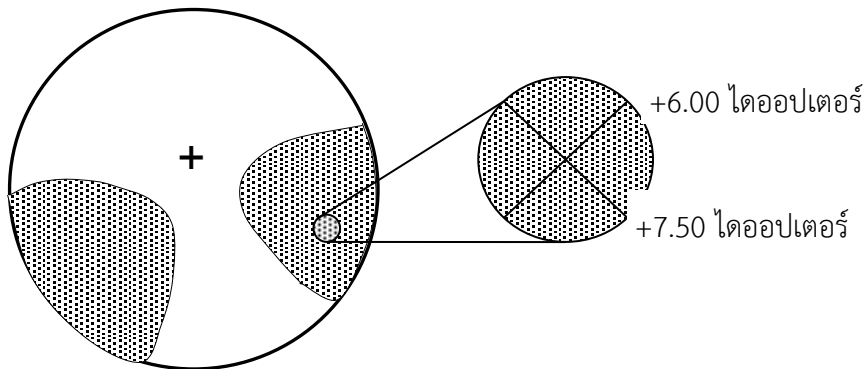
- Distance Reference Point (DRP)
เป็นตำแหน่งที่แสดงถึงกำลังเลนส์สำหรับการมองระยะไกล
- Fitting Point (FP)
เป็นตำแหน่งที่อยู่ตรงกับแนวแกนสายตา (Visual axis) ในท่ามาตรฐานตรง (Primary position) หรือเป็นตำแหน่งที่ใช้สำหรับตั้งค่าระยะห่างของตาทั้งสองข้าง (Pupil distance)
- Prism Reference Point (PRP)
เป็นตำแหน่งที่อยู่ตรงกลางของแกนอ้างอิง (Alignment reference)
- Near Reference Point (NRP)
เป็นตำแหน่งที่มีค่ากำลังของเลนส์ในการมองระยะใกล้



ภาพที่ 3 แสดงค่าอ้างอิงบนเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ (ตาขวา)

การคำนวณค่าสายตาและสายตาเอียงจากเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

บนพื้นผิวของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อในแต่ละพื้นที่จะประกอบไปด้วย ค่าความโค้งสูงสุด (Maximum surface curvature) และค่าความโค้งต่ำสุด (Minimum surface curvature) ที่ตั้งฉากกัน โดยความโค้งของทั้งสองแกนนี้ ทำให้เกิดค่ากำลังบนผิวเลนส์มากที่สุดและน้อยที่สุด (Maximum and Minimum surface powers) ซึ่งเรียกว่า ค่ากำลังของพื้นผิวหลัก (Principle surface power) ตัวอย่างเช่น เลนส์หลายชั้นไร้รอยต่ออันหนึ่งบนพื้นผิวบริเวณหนึ่ง มีค่ากำลังในแกนหลักน้อยที่สุด (Minimum principle power, P_1) เท่ากับ +6.00 ไดออปเตอร์ และค่ากำลังในแกนหลักมากที่สุด (Maximum principle power, P_2) เท่ากับ +7.50 ไดออปเตอร์ ดังนั้น ค่าสายตาเอียงบนพื้นผิว (Surface astigmatism) บริเวณนั้นเท่ากับ $P_2 - P_1 = (+7.50) - (+6.00) = +1.50$ ไดออปเตอร์ และมีค่ากำลังเฉลี่ย (Mean power) เท่ากับ $(P_1 + P_2)/2 = [(+7.50) + (+6.00)]/2 = +6.75$ ไดออปเตอร์ หรืออาจเรียกว่า เป็นค่า Spherical Equivalent ก็ได้ โดยค่าสายตาเอียงบนพื้นผิวเทียบได้กับค่ากำลังสายตาเอียง (Cylinder power) และค่ากำลังเฉลี่ย (Mean power) เทียบได้กับกำลังสายตา (Sphere power) ของพื้นผิวบริเวณนั้นๆ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงค่ากำลังในแกนหลักน้อยที่สุดและมากที่สุดของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อบนพื้นผิวบริเวณหนึ่ง

รูปแบบแสดงโครงร่างบนพื้นผิวของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ (Contour Plot)

เนื่องจากในแต่ละจุดบนพื้นผิวของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อมีค่ากำลังเลนส์ที่ไม่เท่ากันรวมทั้งมีค่าสายตาเอียงที่แตกต่างกันด้วย จึงมีการวัดค่าต่างๆ เหล่านี้แล้วลากเส้นเป็นเหมือนคล้ายแผนที่แสดงรูปแบบโครงร่างบนพื้นผิวของเลนส์เรียกว่า Contour Plot ซึ่งเป็นภาพกราฟิกที่แสดงค่ากำลังของเลนส์ในเชิงปริมาณ โดยมีเส้นลากเป็นแนว เรียกว่า contour line และไล่ระดับเฉดสีหรือมีตัวเลขอธิบายไปตามค่ากำลังของเลนส์ที่เพิ่มขึ้น เช่น 0.50, 1.00, 1.50 ไดออพเตอร์ เป็นต้น ซึ่ง Contour plot นี้จะมีลักษณะเฉพาะสำหรับเลนส์แต่ละรุ่นเปรียบเสมือนเป็นลายนิ้วมือของเลนส์

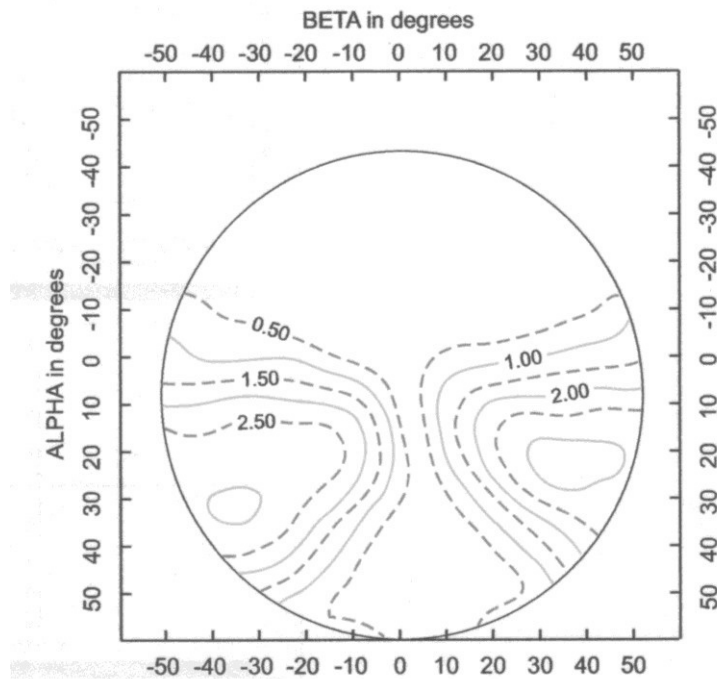
รูปแบบแสดงโครงร่างบนพื้นผิวของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ (Contour Plot) แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. รูปแบบแสดงตามค่าสายตาเอียง (Astigmatism plot)

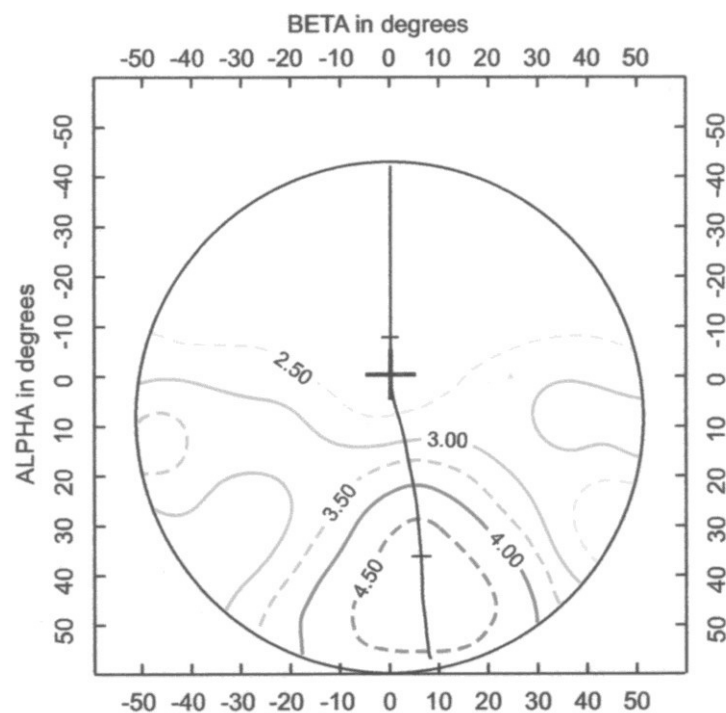
แสดงถึงตำแหน่งที่ทำให้เกิดภาพมัวหรือภาพบิดเบี้ยว (Distortion) โดยระยะห่างระหว่างเส้น contour line แต่ละเส้นบ่งบอกถึงการเพิ่มขึ้นของสายตาเอียง (Astigmatism) (ภาพที่ 5)

2. รูปแบบแสดงตามค่ากำลังเฉลี่ย (Mean power plot)

แสดงถึงตำแหน่งของค่ากำลังเพิ่มของเลนส์ (Add power) ที่ระดับต่างๆ รวมถึงค่ากำลังของเลนส์ที่มากเกินไปที่มีผลทำให้ภาพมัวต่อการมองระยะไกล (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 แสดงรูปแบบแสดงตามค่าสายตาเอียง (Astigmatism plot) ของเลนส์เอสซิลอร์รุ่นหนึ่งที่มีค่ากำลังสายตาไกล +2.00 ไดออพเตอร์และค่ากำลังเพิ่มของเลนส์ (Add) +2.50 ไดออพเตอร์

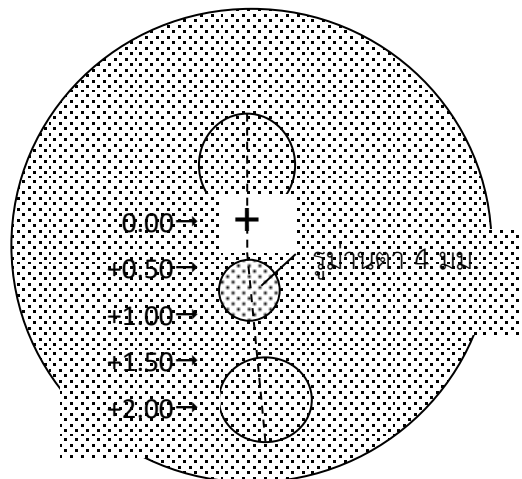


ภาพที่ 6 แสดงรูปแบบแสดงตามค่ากำลังเฉลี่ย (Mean power plot) ของเลนส์เอสซิลอร์รุ่นหนึ่งที่มีค่ากำลังสายตาไกล +2.00 ไดออพเตอร์และค่ากำลังเพิ่มของเลนส์ (Add) +2.50 ไดออพเตอร์

การวิเคราะห์การเบี่ยงเบนจากปกติของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

พื้นผิวของเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อยังทำให้เกิดความพร่าแสง⁴ (Aberration) ได้อีกด้วย อาศัยหลักการอนุกรมพหุนามของเซอร์นิเก้ (Zernike polynomial series) ความสำคัญอยู่ที่ค่าความพร่าแสงระดับที่สอง (Second order aberration) คือ ค่าสายตาสั้น ยาว และเอียง และค่าความพร่าแสงระดับสูง (High order aberration) คือ โคมา (Coma) และ ทรีฟอยล์ (Trefoil)⁵ โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากเครื่องวิเคราะห์ความพร่าแสงของฮาร์ทแมน-ชังก์ (Hartmann-Shank Aberrometry) โดยที่เลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อนั้นจะทำให้เกิดโคมาในตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนค่ากำลังของเลนส์และทรีฟอยล์ในตำแหน่งที่มีค่าสายตาเอียง (Astigmatism) โดยเฉพาะในตำแหน่งตรงกลางที่ใช่มองภาพ (Central viewing zone) กับตำแหน่งที่ใช่มองภาพระยะกลาง (Progressive corridor)

ตัวอย่างการคำนวณแสดงความพร่าแสงที่เกิดจากโคมา ดังนี้ ถ้าเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อมีค่ากำลังเพิ่มของเลนส์เท่ากับ +2.00 ไดออปเตอร์ จากการมองระยะไกลสู่ระยะใกล้ด้วยความยาวเท่ากับ 16 มม. ค่ากำลังเฉลี่ยจะมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.125 ไดออปเตอร์/มม. ($2.00/16$) ในกรณีผู้ใส่แว่นนี้มีรูม่านตาขนาด 4 มม. เพราะฉะนั้นค่ากำลังเฉลี่ยจะเปลี่ยนแปลงจากขอบบนของรูม่านตาถึงขอบล่างของรูม่านตาเท่ากับ $0.125 \times 4 = 0.50$ ไดออปเตอร์ ดังนั้นจึงทำให้เกิดความพร่าแสงชนิดโคมาได้ (ภาพที่ 7)

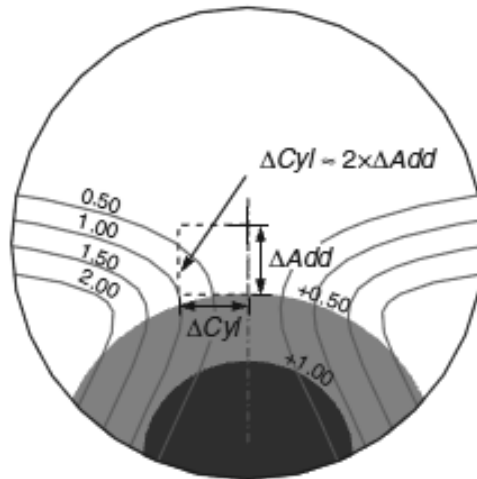


ภาพที่ 7 แสดงโคมาที่เกิดจากการมีค่ากำลังที่ต่างกันในพื้นที่ด้านบนและด้านล่างของรูม่านตา

เส้นสมมุติกลางเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ(Progressive umbilic)

เส้นสมมุติกลางเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อเป็นเส้นที่อยู่ระหว่างจุดที่ใช้ดูระยะไกลกับระยะใกล้ โดยความโค้งของเส้นสมมุตินี้จะค่อยๆ มีค่ากำลังของเลนส์เพิ่มมากขึ้นจากระยะไกลมาสู่ระยะใกล้ (Progressive) ซึ่งความยาวของแนวการมองจากระยะไกลมาระยะใกล้นี้ เรียกว่า Corridor length การเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังของเลนส์ตลอดความยาวของ Corridor length นี้แสดงถึงค่ากำลังเพิ่มของเลนส์ในการดูระยะใกล้

การเพิ่มกำลังของเลนส์นี้จะทำให้เกิดภาพที่มีลักษณะบิดเบี้ยวจากการเกิดสายตาเอียงขึ้น โดยมีทฤษฎี (Minkwitz) ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลนส์กับค่าสายตาเอียง โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าสายตาเอียงห่างออกจากแนวกึ่งกลางของการมองจากระยะไกลมาระยะใกล้ (Progressive corridor) จะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของค่าสายตาเพิ่มสำหรับระยะใกล้ 2 เท่า หรือเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ $\Delta Cyl = 2 \times \Delta Add$ จึงเรียกว่า ทฤษฎีบทของมิงควิทซ์ (Minkwitz's theorem) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงทฤษฎีบทของมิงควิทซ์ (Minkwitz's theorem)

ทฤษฎีบทของมิงควิทซ์ มีใจความสำคัญ 2 ข้อ คือ

1. อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าสายตาเอียงห่างจากเส้นสมมุติกลางเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่ากำลังเพิ่มของเลนส์เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่า เมื่อค่ากำลังเพิ่มของเลนส์เพิ่มขึ้น ค่าสายตาเอียงที่รอบนอกก็ต้องเพิ่มขึ้นด้วย
2. อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าสายตาเอียงห่างจากเส้นสมมุติกลางเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ความยาวของแนวการมองจากระยะไกลมาระยะใกล้ (Corridor length) ลดลง ซึ่งส่งผลทำให้เลนส์ที่มีช่วงการมองจากไกลมาใกล้ที่สั้น (Short corridor) ทำให้ค่าสายตาเอียงที่รอบนอกเพิ่มขึ้น

การออกแบบเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ(Progressive Lens designs)

การออกแบบเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังของเลนส์และค่าสายตาเอียงบนพื้นผิวเลนส์ โดยแบ่งได้ 2 ชนิด⁷ (ภาพที่ 9) คือ

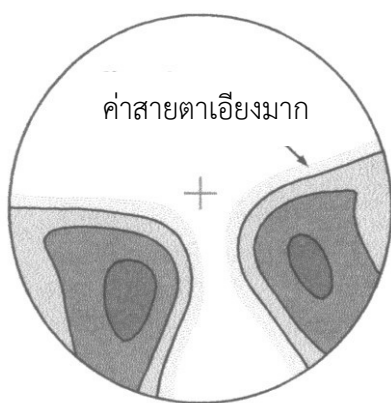
1. การออกแบบชนิดฮาร์ด (Hard type design)

เป็นการออกแบบโดยเปลี่ยนแปลงค่าสายตาเอียงบนผิวเลนส์ที่มีพื้นที่น้อย จึงทำให้เลนส์ที่ออกแบบในลักษณะนี้มีลักษณะจำเพาะคือ มีระยะมองไกลกว้าง ระยะมองใกล้กว้างและอยู่ในตำแหน่งที่สูง แต่เนื่องจากมี

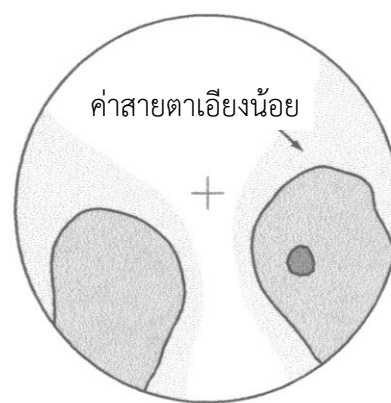
การเปลี่ยนแปลงของระดับของสายตาเอียงบนผิวเลนส์อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ภาพมัวและบิดเบี้ยวที่ด้านข้างของเลนส์มีมากแต่ทำให้ได้เลนส์ที่มีขนาดเล็ก จึงเหมาะสำหรับกรอบแว่นที่มีขนาดเล็ก

2. การออกแบบชนิดซอฟท์ (Soft type design)

เป็นการออกแบบโดยเปลี่ยนแปลงค่าสายตาเอียงบนผิวเลนส์ที่มีพื้นที่มาก จึงทำให้เลนส์ที่ออกแบบในลักษณะนี้มีลักษณะจำเพาะคือ มีระยะมองไกลแคบ ระยะมองใกล้แคบและอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับของสายตาเอียงบนผิวเลนส์อย่างช้าๆ จึงทำให้ภาพมัวและบิดเบี้ยวที่ด้านข้างของเลนส์มีน้อย แต่ต้องใช้กับเลนส์ที่มีขนาดใหญ่



การออกแบบชนิดฮาร์ด Hard type design



การออกแบบชนิดซอฟท์ Soft type design

ภาพที่ 15 แสดงเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อชนิดฮาร์ดและชนิดซอฟท์

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของเลนส์ชนิดฮาร์ดและชนิดซอฟท์

การออกแบบชนิดฮาร์ด	การออกแบบชนิดซอฟท์
ระยะมองไกลกว้าง	ระยะมองไกลแคบ
ระยะมองใกล้กว้างและสูง	ระยะมองใกล้แคบและต่ำ
การเปลี่ยนแปลงระดับของค่าสายตาเอียงบนผิวเลนส์เป็นไปอย่างรวดเร็ว	การเปลี่ยนแปลงระดับของค่าสายตาเอียงบนผิวเลนส์เป็นไปอย่างช้าๆ
เหมาะสมสำหรับผู้ที่มีสายตาผู้สูงอายุ (presbyopia) และเคยใช้เลนส์สองชั้น (Bifocal) มาก่อน	เหมาะสมสำหรับผู้เพิ่งเริ่มมีสายตาผู้สูงอายุ (presbyopia) และยังไม่เคยใช้เลนส์สองชั้น (Bifocal) มาก่อน
เหมาะสำหรับการทำงานที่ต้องใช้สายตาที่ระยะใดระยะหนึ่งนานๆ	เหมาะสำหรับการทำงานที่ต้องใช้สายตาตามองไกลใกล้สลับกันบ่อยๆ

การออกแบบชนิดฮาร์ด	การออกแบบชนิดซอฟท์
ใช้เวลาในการปรับตัวมากกว่า	ให้ความสบายและปรับตัวง่าย

สำหรับเลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อรุ่นต่างๆ ในปัจจุบันมักไม่ได้กำหนดให้เป็นชนิดฮาร์ดหรือซอฟท์อย่างเฉพาะเจาะจง ผู้ออกแบบเลนส์มักคำนึงถึงค่าสายตาเอียงและค่ากำลังเพิ่มของเลนส์มาคิดคำนวณ และนำข้อดีข้อเสียของทั้งสองชนิดมาออกแบบเลนส์ร่วมกันเพื่อให้ได้เลนส์ที่ดีที่สุด

การประยุกต์การใช้เลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อ

เพื่อให้การใช้เลนส์ชนิดนี้ได้ประโยชน์สูงสุดและสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้สวมใส่ บางครั้งการพิจารณาข้อดีเพียงบางประการก็ไปเพิ่มข้อเสียบางประการขึ้น เช่น เพื่อให้การใช้สายตาสลับไปมาระหว่างไกลและใกล้ได้ดีขึ้นก็ไปทำให้ลานสายตาที่ไกลและใกล้แคบลง เป็นต้น การพิจารณาจึงคำนึงถึงจุดสำคัญ 4 ประการ คือ 1. สายตาแบบวิกฤต (critical vision) 2. สายตาแบบพลวัต (dynamic vision) 3. การมองภาพด้วยตาสองตา (binocular vision) และ 4. การยศาสตร์ (ergonomic utility)

1. สายตาแบบวิกฤต (critical vision) คือ การใช้สายตาที่ต้องจับจ้องที่จุดใดจุดหนึ่งเป็นระยะเวลานาน ซึ่งต้องการการมองเห็นที่ดีและลายสายตาทวิคูณ ความสำคัญจึงอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางของเลนส์ซึ่งใช้สำหรับการมองระยะไกลหรือใกล้ ถ้าเน้นที่ดูไกลก็ใช้เลนส์ที่ดูไกลมีลานสายตาทวิคูณ ถ้าเน้นที่ดูใกล้ก็ใช้เลนส์ที่ดูใกล้มีลานสายตาทวิคูณแทน รวมทั้งระยะกลางก็ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษสำหรับบุคคลที่ต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็นระยะเวลานานๆ อาจต้องใช้เลนส์ที่ออกแบบมาสำหรับการทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นการเฉพาะ การออกแบบเลนส์สามารถทำได้โดยการผลักค่าสายตาเอียงไปอยู่ส่วนรอบนอกของเลนส์ แต่ก็ต้องแลกมาด้วยค่าสายตาเอียงที่เพิ่มขึ้นอย่างมากที่รอบนอกของเลนส์ ทำให้มีภาพที่มัวมากได้ที่รอบนอกของเลนส์
2. สายตาแบบพลวัต (dynamic vision) คือ การใช้สายตาที่ต้องมองสลับไปมาไกลใกล้บ่อยๆ ไม่ต้องจับจ้องภาพระยะใดเป็นเวลานานๆ กลุ่มนี้ความมัวจากค่าสายตาเอียงที่รอบนอกของเลนส์ไม่ค่อยมีผลมากนัก ผู้ใช้เพียงต้องการรับรู้ตำแหน่งของวัตถุเท่านั้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่ากำลังเพิ่มของเลนส์หรือค่าสายตาเอียงที่รอบนอกของเลนส์ทำให้ผู้ใช้รู้สึกงงคล้ายภาพเป็นคลื่นๆ ได้เรียกว่า image swim หรือทำให้ภาพบิดเบี้ยวที่รอบนอกของเลนส์ได้เรียกว่า skew distortion กลุ่มผู้ใช้เหล่านี้ควรเลือกเลนส์ที่ลดอาการเหล่านี้โดยใช้เลนส์ที่มีค่ากำลังเพิ่มและปริมาณปริซึมในเลนส์ค่อยๆ เพิ่มขึ้น และให้ควบคุมแกนของค่าสายตาเอียงที่รอบนอกของเลนส์ให้อยู่ในแนวเฉียง (oblique) ให้น้อยที่สุด

3. การมองภาพเดียวด้วยสองตา (binocular vision) จากการที่เลนส์หลายชั้นไร้รอยต่อในช่วงแรกๆ เป็นชนิดสมมาตร คือ เลนส์เหมือนกันทั้งข้างซ้ายและขวาแล้วใช้การหมุนเลนส์ให้ด้านสำหรับการมองใกล้เข้าด้านในประมาณ 9-11 องศา ทำให้ค่าสายตาเอียงที่อยู่ขอบเลนส์ด้านในของเลนส์ทั้งสองข้างเข้ามารบกวนการมองเมื่อมีการลอคตาในแนวนอน ทำให้ลานสายตาของการมองภาพเดียวด้วยตาสองข้าง (binocular field of view) ลดลง ซึ่งปัญหานี้ ในปัจจุบันสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยเลนส์รุ่นใหม่ที่ใช้เลนส์ชนิดไม่สมมาตร คือ เป็นเลนส์ที่ออกแบบสำหรับข้างขวาหรือซ้ายโดยเฉพาะ ทำให้ควบคุมค่าสายตาเอียงที่ขอบเลนส์ได้อย่างเป็นอิสระ จึงลดปัญหาดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากส่วนที่ใช้สำหรับการมองใกล้ต้องออกแบบให้อยู่เข้าใกล้ด้านใน ซึ่งมีผลทำให้เท่ากับผลลัพท์ค่าสายตาเอียงที่รอบนอกของเลนส์ด้านจมูกให้มีค่ามากกว่าด้านขมับ ทำให้การลอคตามองในแนวนอนยังไม่ได้ดีขึ้นเท่าที่ควร จึงมีการออกแบบให้ดียิ่งขึ้นโดยให้จุดที่ตรงกัน (corresponding point) ในเลนส์ทั้งสองข้างมีค่ากำลังสายตาไม่แตกต่างกันมากนัก เรียกว่า สมมาตรในแนวนอน (horizontal symmetry) ซึ่งทำให้ลานสายตาดีขึ้นอย่างมาก
4. การยศาสตร์ (ergonomic utility) การใช้งานแว่นและเลนส์มีส่วนสำคัญในการเลือกให้เหมาะกับงานด้วย โดยที่ส่วนที่ใช้มองจากไกลมาใกล้หากมีระยะมากเกินไป ผู้ใช้จะต้องกลอกตาลงมากเพื่อมองใกล้ ทุกๆ 1 มม. ของความยาวนี้ผู้ใช้จะต้องกลอกตาประมาณ 2 องศา หากระยะทางนี้มากเกินไป ผู้ใช้อาจไม่สามารถกลอกตาลงมาได้ ในจุดที่เป็นค่ากำลังเพิ่มของเลนส์สูงสุด ดังนั้น จึงไม่ควรมีระยะทางยาวเกินไป ข้อดีหากระยะทางนี้สั้น คือ ผู้ใช้สามารถเลือกกรอบแว่นเล็กได้และไม่ต้องกลอกตามาก แต่ก็มีข้อเสีย คือ การมองระยะกลางจะไม่ค่อยดีและรอบนอกของเลนส์จะมีสายตาเอียงมาก แต่หากระยะทางนี้ยาวขึ้นบ้าง ปัญหานี้ก็จะลดลง จึงต้องปรับให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล

เอกสารอ้างอิง

1. Aves O, inventor; Improvements in and relating to multifocal lenses and the like and the method of grinding same. GB Patent 15,735. 1908.
2. Orford H, inventor; Manufacture of lenses for spectacles or eyeglasses. United States patent US 943,449. 1909 Dec 14.
3. Meister DJ and Fisher SW. Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 1: Design and development of progressive lenses. Clin Exp Optom 2008;91:3:240-50.
4. Meister DJ and Fisher SW. Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 2: Modern progressive lens technologies. Clin Exp Optom 2008;91:3:251-64.

5. Rapuano CJ, Wachler BSB, Davis EA, Donnenfeld ED, Hamill MB, Randleman JB, et al. Basic and clinical science course, Section 13: Refractive surgery. San Francisco: American academy of ophthalmology; 2011.
6. Sheedy J, Campbell C, King-Smith E, Hayes J. Progressive Powered Lenses: the Minkwitz Theorem. Optom Vis Sci 2005;82:10:1-9.
7. Atebara NH, Asbell PA, Azar DT, Ellis FJ, Faye EE, Hoffer KJ, et al. Basic and clinical science course, Section 3: Refractive surgery. San Francisco: American academy of ophthalmology; 2011.