Intraocular Lenses

นายแพทย์ชินสุต อรุณากูร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ณวพล กาญจนารัณย์
ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปัจจุบันวิทยาการในการผ่าตัดต้อกระจกได้ก้าวรุดหน้าไปมาก มีการคิดค้นเทคโนโลยีที่ช่วยให้การผ่าตัดได้ผลดีมากขึ้น ผลสำเร็จของการผ่าตัดนอกจากเครื่องมือที่ใช้ในการผ่าตัดแล้ว เลนส์แก้วตาเทียม (intraocular lens, IOL) ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการมองเห็นที่คมชัดหลังผ่าตัด เลนส์แก้วตาเทียมในปัจจุบันมีหลายชนิด ซึ่งสามารถนำมาเลือกใช้ให้เหมาะสมในผู้ป่วยแต่ละคนได้

เลนส์แก้วตาเทียมได้มีการใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1949 Harold Ridley จักษุแพทย์ชาวอังกฤษได้รับการบันทึกว่าเป็นจักษุแพทย์ที่ใส่เลนส์แก้วตาเทียมได้สำเร็จเป็นคนแรก โดยในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 Harold ได้รักษานักบินรบที่ได้รับบาดเจ็บจากการระเบิดแล้วมีชิ้นส่วนของกระจกครอบที่นั่งนักบินทะลุฝังในลูกตา และสังเกตว่าชิ้นส่วนดังกล่าวซึ่งทำมาจาก PMMA (polymethylmethacrylate) ไม่ค่อยก่อให้เกิดการอักเสบและไม่มีปฏิกิริยาต่อต้าน (rejection) หลังจากนั้น Harold จึงได้นำข้อสังเกตนี้มาประดิษฐ์เป็นเลนส์แก้วตาเทียมอันแรกซึ่งทำมาจาก PMMA มีลักษณะ disc shape ในช่วงแรกผลการรักษายังไม่ดีนัก เนื่องจากยังมีผลแทรกซ้อนต่างๆ แต่ก็ได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

IOL component

1. Optic เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นเลนส์หักเหแสงให้ตกไปบนจอตา (retina) ของผู้ป่วย

2. Haptic เป็นส่วนขาของ IOL ซึ่งยื่นออกจากตัว optic ไปค้ำยันกับส่วนต่างๆ ในตาเพื่อให้เลนส์แก้วตาเทียมอยู่กับที่

Materials Used in Intraocular Lenses

ปัจจุบันมีวัสดุที่นำมาใช้ทำ IOL หลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นข้อดีข้อด้อยแตกต่างกัน และยังไม่มีวัสดุใดที่ถือว่ามีคุณสมบัติที่ดีเลิศเป็น ideal material สำหรับนำมาใช้ผลิตเป็น IOL คุณสมบัติที่ดีเลิศควรมีลักษณะดังนี้

1. มีคุณสมบัติในการหักเหแสงที่ดี (high optical quality)

2. มีดัชนีในการหักเหแสงที่ดี (high index of refraction)

3. มีน้ำหนักเบา (light weight)

4. มีความคงทน (durability)

5. มีความง่ายในการผลิต (ease of manufacture)

6. ไม่ก่อให้เกิดการอักเสบในลูกตา (lack of inflammatory reaction)

7. ไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางภูมิคุ้มกัน (lack of antigenicity)

8. ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง (lack of carcinogenicity)

9. สามารถทำความสะอาดโดยวิธีปลอดเชื้อ (ease of sterilization)

Optical Material

วัสดุที่นำมาใช้เป็นเลนส์แก้วตาเทียมส่วน Optic คือ

1. Polymethylmethacrylate (PMMA)

PMMA เป็น polymer ของ methylmethacrylate monomer ซึ่งมีความแข็ง ใส แสงสามารถผ่านได้ดี (transparency) และมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในขั้นตอนต่างๆ ของการผลิต IOL เช่น injection molding, lathing และ polishing

ข้อดี

1. ไม่มีการกระตุ้นระบบ complement

2. ไม่มีการกระตุ้น chemotaxis ของเม็ดเลือดขาว

3. มีค่าดัชนีในการหักเหแสงสูง (high index of refraction = 1.49) ทำให้เลนส์มีขนาดบาง

4. มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการผลิต

5. มีความแข็ง (hardness) ซึ่งสามารถใส่แบบ piggyback โดยไม่ทำให้เกิด optical degradation

ข้อเสีย

1. monomer ของ PMMA (ซึ่งอาจหลงเหลือและหลุดออกมาจาก PMMA ในขั้นตอนการผลิต หรือหลังจากการยิง laser capsulotomy) อาจก่อให้เกิด toxic ได้

2. คุณสมบัติของ PMMA อาจเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการการฆ่าเชื้อ (sterilization)

3. อัตราการเกิดถุงหุ้มเลนส์ขุ่น (posterior capsular opacities) สูงสุด (56%) เมื่อเทียบกับ Silicone IOL (40%), Acrylic IOL (10%)

อย่างไรก็ตามจากการทดลองในสัตว์ทดลองเรื่อง toxic ของ PMMA monomer ก็ยังไม่พบผลเสียอย่างชัดเจน เนื่องจากพบว่า monomer ของ PMMA จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลและละลายในน้ำ ทำให้ความเข้มข้นในตาไม่สูงมากนัก ส่วนในเรื่องของ YAG capsulotomy จากการทดลองก็ไม่พบว่าเกิดปัญหาจาก monomer อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับพบปัญหาเนื่องจากการยิงเลเซอร์มากกว่า PMMA IOL มีคุณสมบัติยอมให้แสงผ่านได้ใน spectrum ที่กว้างกว่าเลนส์ธรรมชาติ (human crystalline lens) ทำให้จอตา (retina) ได้รับ UV light มากขึ้น เกิด retinal damage ได้ ดังนั้นจึงมีการป้องกันโดยการใส่ UV absorbing material เพิ่มเข้าไปกับ PMMA optics แต่เนื่องจาก PMMA มีข้อดีมากกว่าข้อเสีย จึงเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมในการใช้ทำ IOL มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

2. Glass

ข้อดี

1. มีคุณสมบัติในการหักเหแสง (optical advantage) ได้ดีกว่า PMMA

2. สามารถทำความสะอาดฆ่าเชื้อได้โดยวิธี autoclave

ข้อเสีย

1. มีน้ำหนักมาก (high weight)

2. อาจพบรอยแตก (cracking) ในตัวเลนส์ได้หลังการยิงเลเซอร์ Nd : YAG capsulotomy

ปัญหาเรื่องน้ำหนักสามารถแก้ได้ด้วย high refractive index glass แต่เนื่องจากปัญหาเรื่องรอยแตกที่อาจพบได้หลังยิงเลเซอร์ จึงทำให้ IOL ชนิดนี้ไม่ได้รับนิยม และหายไปจากตลาดในที่สุด

3. Silicone

Silicone เป็น soft material ที่มีการพัฒนามาทำเป็นเลนส์แก้วตาเทียมชนิดพับได้ ตัว silicone มีคุณสมบัติเป็น hydrophobic มีค่าดัชนีการหักเหแสง (refractive index) เท่ากับ 1.41 ถึง 1.47

ข้อดี

1. มีความนิ่ม สามารถพับได้ เหมาะสมสำหรับใช้ในการผ่าตัดต้อกระจกแผลเล็ก

2. มีความทนต่อความร้อน สามารถผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยวิธี autoclave ได้

3. เนื่องจากความนิ่มของ silicone จึงลดโอกาสการเกิด trauma ต่อ intraocular structure

4. ในขั้นตอนการผลิต ไม่จำเป็นต้องมีการขัด (polish) จึงลดโอกาสการเกิด toxic จาก polishing compounds

ข้อเสีย

1. ดัชนีในการหักเหแสงต่ำกว่า PMMA ทำให้ตัวเลนส์มีความหนามากกว่า

2. tensile strength ต่ำ จึงมีโอกาสฉีกขาดได้ง่าย

3. ไม่เกิด fibrosis ยึดติดกับ capsule อาจทำให้เกิดเลนส์เทียมเคลื่อนตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังยิงเลเซอร์ Nd : YAG capsulotomy

4. สีของตัวเลนส์อาจขุ่นเป็นสีน้ำตาลได้ แต่มักไม่มีผลต่อการมองเห็นของผู้ป่วย

5. เมื่อผู้ป่วยได้รับการผ่าตัดจอตาและใส่ silicone oil อาจทำให้ด้านหลังของเลนส์ที่ทำจาก silicone ขุ่นได้ ทำให้การตรวจจอตาหลังผ่าตัด ทำได้ยากขึ้น

4. Hydrogel

Hydrogel มีส่วนประกอบเป็น poly-hydroxyethylmethacrylate (HEMA) และมีคุณสมบัติเป็น hydrophilic ซึ่งทำให้เกิดอันตรายต่อชั้น endothelium ของกระจกตาได้น้อยกว่าวัสดุอื่น[1] hydrogel มีค่าดัชนีการหักเหแสง (refractive index) เท่ากับ 1.43 ถึง 1.47

ข้อดี

ตัวเลนส์สามารถขยายตัวได้เล็กน้อยภายหลังจากการใส่เข้าไปในตา ทำให้สามารถใส่เลนส์ผ่านแผลขนาดเล็กได้โดยไม่ต้องพับเลนส์และไม่ต้องขยายแผล

ข้อเสีย

1. tensile strength ต่ำ มีโอกาสฉีกขาดได้ง่าย (คล้าย silicone)

2. ตัวเลนส์ไม่เกิดปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อข้างเคียง อาจมี pigment dispersion ได้ถ้าตัวเลนส์ถูไถกับม่านตา

3. มีรายงานว่า hydrogel IOL เคลื่อนได้มากกว่า PMMA[2] และมีโอกาสเคลื่อนตัวไปด้านหลัง (posterior dislocation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังยิงเลเซอร์ Nd : YAG capsulotomy และด้วยเหตุผลข้อนี้ ทำให้เลนส์เทียมชนิดนี้ไม่ได้รับ FDA approved

5. Acrylic

Acrylic เป็น soft plastic material ที่มีคุณสมบัติน้ำหนักเบา (ประมาณ $^1/_2$ ของน้ำหนักแก้ว) ทนต่อแรงกระแทกและความร้อนได้ดี มีค่าดัชนีการหักเหแสงสูง Acrylic IOL ตัวแรกที่ได้รับ US FDA approved คือ Acrysof (Alcon Surgical) ออกสู่ตลาดในปี ค.ศ. 1995

ข้อดี

1. มีความนิ่ม สามารถพับได้ เหมาะสมสำหรับใช้ในการผ่าตัดต้อกระจกแผลเล็ก (โดยไม่มีข้อเสียหลายอย่างเหมือน silicone)

2. มีคุณสมบัติในการหักเหแสงที่ดีเท่าๆ กับ PMMA

3. ลดโอกาสการเกิดถุงหุ้มเลนส์ขุ่น เมื่อเทียบกับ PMMA หรือ silicone เหตุผลจากคุณสมบัติของตัววัสดุเอง และการออกแบบให้เลนส์มีขอบตัด (square edge)

4. มีค่าดัชนีในการหักเหแสงสูง ทำให้เลนส์มีขนาดบางกว่าวัสดุอื่นที่มีกำลังขยายเท่ากัน

ข้อเสีย

1. อาจพบรอยเป็นวงๆ (glistening) ในตัว optic มักเกิดในช่วงแรกๆ หลังใส่เลนส์ แต่มักไม่มีผลต่อการมองเห็น และไม่ขยายขนาด

2. เนื่องจาก acrylic มีคุณสมบัติในการหักเหแสงที่ดี และถูกออกแบบให้มีขอบตัด (square edge) อาจทำให้ผู้ป่วยมองเห็นแสงจ้า (glare) หรือเห็นเงา (temporal dark shadow) ได้

acrylic เป็นวัสดุที่มีจุดเด่นได้เปรียบวัสดุอื่นหลายประการ ทำให้ในปัจจุบันจึงนิยมใช้ acrylic มาทำเป็น IOL มากที่สุด

Haptic Material

1. Nylon

Nylon มีส่วนประกอบเป็น fiber polymer ที่มีส่วน repeating amide (–CONH–) หรือที่เรียกว่า Polyamides และจะถูกเรียกชื่อตามจำนวนคาร์บอนอะตอมใน monomer subunits Nylon เป็นวัสดุหนึ่งที่เคยถูกนำมาใช้ทำส่วน haptic โดย nylon ที่นิยมใช้ในการผลิตคือ nylon 6 (Perlon, Supramid) และ nylon 66 แต่ในภายหลังความนิยมในการใช้ nylon ลดลง เนื่องจากพบปัญหาในเรื่องความทนทานของ haptic ที่ทำจาก nylon นอกจากนี้ nylon ยังมีคุณสมบัติกระตุ้นกระบวนการ complement และกระตุ้น chemotaxis ซึ่งไม่พบใน PMMA ทำให้ในภายหลังผู้ผลิตจึงนิยมหันไปใช้ PMMA และ Polypropylene ทำ haptic มากกว่า

2. Polypropylene (Prolene)

Polypropylene เป็น polymer ของ propylene (derivative of propane) คุณสมบัติทางกายภาพทั่วไปคล้ายกับ nylon แต่มี stretch elongation มากกว่า และมีคุณสมบัติเป็น hydrophobic ทำให้มีความทนทานต่อขบวนการ hydrolysis (เมื่อเทียบกับ nylon) ทำให้ได้รับความนิยมมากกว่า nylon

ในขณะเดียวกัน polypropylene ก็ยังมีข้อเสียซึ่งพบเฉพาะในการนำมาใช้ผลิต IOL คือ จะถูกทำให้เสื่อมสภาพได้ด้วยแสง UV light ทำให้เกิดการสูญเสีย tensile strength แต่มีบางผลการทดลองแนะนำว่าการเสื่อมสภาพดังกล่าวจะเกิดจาก full spectrum UV light แต่กระจกตาของคนเราจะยอมให้แสงผ่านเฉพาะ near UV light ดังนั้นจากผลการทดลองระยะสั้นๆ พบว่าแสง UV มีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อความคงทนของ polypropylene ด้วยสาเหตุนี้ polypropylene จึงได้รับความนิยมนำมาทำ posterior chamber IOL มากกว่า anterior chamber IOL จากการติดตามในคนไข้จริงพบว่า มีการเสื่อมสภาพของ Polypropylene haptic บ้างแต่ก็ยังไม่พบว่าเป็นปัญหาสำคัญในทางคลินิก

3. Polyethylene

Polyethylene มีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถทนต่อปฏิกิริยา hydrolysis และทนต่อแสง UV มีหลายชนิดย่อย เช่น

■ Polyethylene terephthalate (Dacron)

■ Polyethylene glycolterephthalate (Mersilene) Mersilene suture จะมีความอ่อนกว่า polypropylene แต่มีความทนทาน (non-biodegradable) นำมาใช้สำหรับเย็บแผลผ่าตัดต้อกระจก มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ nylon

4. Polymethylmethacrylate (PMMA)

PMMA เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีข้อดีหลายอย่างดังกล่าวข้างต้นทั้งในเรื่องของความทนทาน และไม่ค่อยกระตุ้น complement และ chemotaxis สามารถหมุนใส่ใน capsular bag ได้ง่ายกว่าวัสดุอื่น ในช่วงหลังได้มีการพัฒนาให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น จึงทำให้ PMMA เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมมากที่สุดสำหรับการนำมาทำ haptic

5. Metal

ในช่วงปี ค.ศ. 1960 ได้มีการพัฒนา metal looped iris-support lenses ออกสู่ตลาดเพื่อลดปัญหาการเสื่อมสภาพของ Nylon haptic โดยโลหะที่ถูกนำมาใช้มีหลายชนิด เช่น Platinum-iridium, Titanium, stainless steel หรือ Nickel-iron alloy ปัจจุบัน metal haptic materials ทั้งหมดถูกเลิกใช้เนื่องมาจากเกิดปัญหาผลแทรกซ้อนมาก เมื่อใช้ใน ICCE หรือ iris supported lenses

Types of Intraocular Lenses

เนื่องจากมีการพัฒนาเลนส์เทียมมาตลอดจากอดีตจนถึงปัจจุบัน จนทำให้มีให้เลือกใช้หลายรูปแบบ โดยเลนส์แต่ละรูปแบบก็มีข้อดี ข้อด้อยแตกต่างกัน ไม่มีรูปแบบใดที่สมบูรณ์แบบและสามารถใช้ได้ในทุกสถานการณ์ขึ้นอยู่กับแพทย์ผู้ผ่าตัดจะเป็นผู้เลือก การแบ่งชนิดของเลนส์เทียมสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบเช่น แบ่งตามตำแหน่งที่ใส่ (anterior chamber, iris plane, posterior chamber) แบ่งตามวิธีการใส่ รูปร่างของเลนส์ วัสดุที่นำมาทำเป็นเลนส์เทียม หรือ ขนาดของเลนส์ เป็นต้น โดยในที่นี้จะขอกล่าวถึงชนิดของเลนส์เทียมในแง่ของบริเวณในตาที่ใส่เลนส์

I. Anterior Chamber IOL (A/C IOL)

Anterior chamber IOL เป็นเลนส์เทียมที่ใส่ไว้ในช่องหน้าลูกตา (anterior chamber) โดยใช้การยึดเลนส์ไว้ด้วยส่วนที่ยื่นไปค้ำบริเวณมุมตา (anterior chamber angle, ideally at the scleral spur) นิยมใช้ในอดีตที่ยังทำการผ่าตัดด้วยวิธี Intracapsular Cataract Extraction (ICCE) เลนส์เทียมชนิดนี้มีข้อดีข้อเสียต่างๆ ดังนี้

ข้อดี

1. ใส่ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับเลนส์เทียมชนิดอื่น

2. สามารถใส่ได้ในกรณีที่มีภาวะถุงหุ้มเลนส์ฉีกขาดระหว่างการผ่าตัด

3. มักไม่มีปัญหาเรื่อง เลนส์เคลื่อนไปด้านหลังถึงแม้ม่านตาขยาย

4. สามารถเอาออกได้ง่าย

ข้อเสีย

1. พบได้บ่อยว่าทำให้เกิดม่านตาอักเสบ (uveitis) กระจกตาบวม (pseudophakic bullous keratopathy) ต้อหิน จุดรับภาพบวม (cystoid macular edema; CME) เลือดออกในช่องหน้าลูกตา (hyphema) ได้

2. อาจทำให้เกิด papillary block ได้ จึงจำเป็นต้องทำ iridectomy ไว้ แต่บางครั้งส่วน haptic ก็ยังสามารถหมุนไปอุดรู iridectomy ได้ดังนั้นใน A/C IOL บางรุ่นอาจจำเป็นต้องทำ iridectomy ไว้ถึง 2 รู

ในอดีต anterior chamber IOL (ช่วงแรกเป็น rigid anterior chamber IOL) เคยเป็นที่นิยมอย่างมากเนื่องจากสามารถใช้ใน ICCE (ซึ่งนิยมทำในอดีต) ได้ดี แต่หลังจากติดตามผลการรักษาแล้วพบผลแทรกซ้อนมากมาย จึงทำให้มีการพัฒนาต่อไปเป็น Flexible loop A/C IOL ซึ่งมีข้อเสียต่างๆ น้อยกว่า แต่เนื่องจากการผ่าตัดในยุคหลังเปลี่ยนมาเป็น ECCE or Phacoemulsification มากขึ้นทำให้ A/C IOL มีผู้ใช้น้อยลง และเหลือที่ใช้เฉพาะในผู้ป่วยรายที่ไม่สามารถใส่ P/C IOL ได้เท่านั้น

II. Iris Supported IOL

เป็นเลนส์เทียมที่ใส่ไว้ในตาตรงระนาบหน้าต่อ iris เล็กน้อย โดยมีชิ้นส่วนที่ยื่นไปเพื่อยึดกับ iris บริเวณ pupil เลนส์ชนิดนี้มีข้อดีคือ สามารถใช้ได้ทั้งใน ECCE และ ICCE ในภายหลังเลนส์ชนิดนี้ได้รับความนิยมน้อยลงเนื่องจากมีข้อเสียหลายอย่าง เช่น มีโอกาสเลนส์เคลื่อนได้ โอกาสเกิด iritis, CME หรือ corneal decompensation ได้มากกว่า

เลนส์ชนิดนี้ภายหลังค่อยๆ ลดความนิยมลง และถูกแทนที่ด้วย posterior chamber IOL จะยังเหลือที่ใช้อยู่บ้าง เช่น ในกลุ่มที่ไม่มี capsular support เพียงพอ

III. Posterior Chamber IOL (P/C IOL)

เป็นเลนส์เทียมที่ใส่ไว้ใน posterior chamber ของตา เลนส์ชนิดนี้เริ่มมีการพัฒนาออกสู่ตลาดในช่วงต้นทศวรรษ 1980 หลังจากนั้นก็เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ จนปัจจุบันเป็นชนิดที่มีการใช้มากที่สุด เลนส์ชนิดนี้สามารถใส่ในตาได้ 2 บริเวณคือ

- ใน capsular bag
- ใน ciliary sulcus ระหว่าง iris และ ciliary process

ในกรณีที่ไม่มี capsule หรือ zonule weak ต้องใช้ P/C IOL ที่สามารถเย็บยึดกับเนื้อเยื่ออื่นได้ เช่น sclera, iris โดยปกติแพทย์จะพยายามใส่เลนส์ใน capsular bag เพื่อลดอัตราการเกิด haptic–uvea contact อีกทั้งมีรายงานว่าการใส่ IOL ใน capsular bag จะช่วยลดอัตราการเกิด posterior capsular opacification ได้มากกว่า

ข้อดี

1. เนื่องจากตัวเลนส์อยู่หลัง iris ดังนั้นจึงไม่กระทบกระเทือนต่อ papillary function
2. อัตราการเกิด IOL dislocation หรือ papillary block ต่ำ
3. ตัวเลนส์ อยู่ในตำแหน่งเดียวกับเลนส์ธรรมชาติ
4. อัตราการเกิดกระจกตาบวม (corneal edema) ต่ำ เมื่อเทียบกับ IOL ชนิดอื่น
5. การยิง laser capsulotomy ทำได้ง่าย

ข้อเสีย

1. อาจเกิดภาวะ decentration ได้ ซึ่งอาจเกิดจากการที่มี haptic ข้างหนึ่งอยู่ใน bag ส่วนอีกข้างหนึ่งอยู่ใน sulcus
2. อาจเกิดภาวะ pupillary capture เนื่องจากตัว optic อยู่หน้า pupil

IV. Variations of Posterior Chamber IOL

ในยุคหลัง มีความนิยมในการใช้ IOL มากขึ้น โดยเฉพาะ posterior chamber IOL ทำให้มีการพัฒนาออกมาหลายรูปแบบ ซึ่งบางชนิดก็มีข้อดีที่พัฒนาขึ้นกว่ารุ่นก่อนๆ จริง แต่อีกหลายชนิดก็อาจไม่ได้มีข้อดีขึ้นชัดเจนซึ่งอาจเป็นความชอบส่วนตัวของแพทย์มากกว่าในการเลือกใช้ IOL ชนิดต่างๆ กัน

รูปแบบลักษณะที่แตกต่างกันของ IOL อาจจำแนกได้ในแง่ต่างๆ ดังนี้

1. Optic size & shape

■ **Size**: posterior chamber IOL ในยุคแรกๆ จะทำจาก PMMA เป็นรูปทรงกลมทั้งหมด และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm. ต่อมาในช่วงทศวรรษปี ค.ศ. 1980 เริ่มมีการพัฒนา posterior chamber IOL ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 mm. ซึ่งจากขนาด optic ที่ใหญ่ขึ้นทำให้มีข้อดีต่างๆ แต่ภายหลังเมื่อเทคนิคการผ่าตัดต้อกระจกเปลี่ยนเป็นแบบแผลเล็ก เช่น phacoemulsification จึงมีการพัฒนา posterior chamber IOL ที่ขนาดเล็กลง เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5, 5.5–6 mm. ซึ่งได้รับความนิยมมากในภายหลัง โดยยิ่งขนาด optic กว้าง เลนส์ก็จะยิ่งมี centration ที่ดี เช่น optic 6 mm. ก็จะเหมาะกับคนไข้ที่มี eye globe ใหญ่ เช่น high myopic eye ซึ่งจะทำให้มี centration ที่ดีกว่าขนาด optic ที่เล็ก

■ **Shape**: posterior chamber IOL มีการพัฒนารูปร่างออกมาหลายรูปแบบ ซึ่งมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน

2. Positioning holes

IOL บางรุ่นมี positioning hole ในส่วน optic หรือ บน haptic เพื่อช่วยแพทย์ในการหมุนเลนส์ แต่ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมแล้ว เนื่องจากสามารถใช้ส่วนรอยต่อระหว่าง optic & haptic แทนได้

3. UV light inhibitors

แสง UV ถูกสันนิษฐานว่าอาจเป็นสาเหตุของ macular damage ทำให้มีการพัฒนาโดยการใส่ UV absorbing chromopores ในวัสดุที่มาทำเป็น IOL ปัจจุบัน IOL ส่วนใหญ่จะสามารถกรองแสง UV ได้

4. Surface modifications

แม้ตัว PMMA เองจะเป็นวัสดุ inert แต่ก็ยังมีการพบการอักเสบได้ จึงได้มีการพัฒนา IOL surface เพื่อลดปัญหานี้ โดยมีหลายวิธีเช่น

■ Graft Hydrogel to PMMA surface ช่วยลดการเกิด Iris chafing

■ Heparin band to PMMA surface ช่วยลดการอักเสบ

■ Surface passivation เป็นการทำให้พื้นผิวของ IOL มีคุณสมบัติเป็น hydrophobic

V. Foldable IOL

IOL ชนิดนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาหลังจากมีการพัฒนาการผ่าตัดชนิดแผลเล็ก เช่น phacoemulsification เพื่อให้สามารถใส่เลนส์ผ่านแผลซึ่งใช้ทำการผ่าตัดโดยไม่ต้องขยายแผล เลนส์พับรุ่นแรกที่นำมาใช้ได้ผลจริงทำมาจาก silicone แต่ยังพบปัญหาหลายประการ เช่น ฉีกขาดง่าย ตัวเลนส์เปลี่ยนสี มีรอยย่นบนผิวเลนส์ เป็นต้น silicone IOL รุ่นหลังๆ จึงได้มีการพัฒนาเพื่อลดข้อเสียเหล่านี้ลง แต่ก็ยังคงมีปัญหาเรื่องความเสี่ยงต่อการเกิดเลนส์เคลื่อน ต่อมามีการพัฒนาใช้วัสดุอื่นในการทำ foldable IOL เช่น

■ **Hydroxyethylmethacrylate (HEMA) & Hydrogels** เป็นวัสดุที่สามารถลดข้อเสียที่ silicone ได้หลายข้อ แต่ก็ยังไม่ค่อยได้รับความนิยม เนื่องจากยังมีข้อเสียหลายประการ

■ **Acrylic Methacrylate copolymers** เป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับใช้ทำเลนส์พับ เนื่องจากมีดัชนีในการหักเหสูง ทำให้ตัวเลนส์มีขนาดบางกว่า silicone IOL และ PMMA IOL โดยเลนส์ชนิดนี้จะค่อย ๆ คลายตัวอย่างช้า ๆ ภายในตาคนไข้หลังจากใส่ผ่านทางแผลขนาด 3.2 mm.

ในปัจจุบัน foldable IOL ที่นิยมใช้มักทำมาจาก silicone or acrylic แต่เนื่องจากข้อเสียที่มากกว่าของ

silicone ดังกล่าวข้างต้น ทำให้ในคนไข้ที่มีโอกาสต้องทำ vitrectomy ในอนาคต (เช่น high myopia, retinal detachment in fellow eye) ควรหลีกเลี่ยงการใส่ silicone IOL

VI. Sutured IOL

เนื่องจากข้อเสียอย่างหนึ่งของ posterior chamber IOL คือจำเป็นต้องมี posterior และ anterior capsule รวมทั้ง zonule ที่แข็งแรงพอ แต่ในรายที่ไม่มีลักษณะดังกล่าว ต้องใส่ IOL ที่ได้รับการพัฒนา และสามารถเย็บยึดติดกับ iris หรือ sclera ได้ ซึ่งจากการติดตามผลการรักษาพบว่าได้ผลดี แต่การใส่ IOL กลุ่มนี้ก็อาจทำให้เกิดผลแทรกซ้อนต่างๆ ได้ เช่น การติดเชื้อ (endophthalmitis), suprachoroidal hemorrhage, suture erosion หรือ ต้อหิน อย่างไรก็ตามผลแทรกซ้อนต่างๆ เหล่านี้เกิดจากได้จากทั้งตัว IOL เองหรือเกิดจากเทคนิคการผ่าตัด

VII. Angle haptic

คือมุมระหว่างตัว optic และ haptic ซึ่ง IOL ชนิดนี้เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องมาจากความเชื่อที่ว่ามุมที่เกิดขึ้น จะดันตัว optic ให้เลื่อนไปด้านหลังมากขึ้น ทำให้ได้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น ลดอัตราการเกิด PCO ลดโอกาสการเกิด iris capture ได้ เป็นต้น

VIII. Haptic notches

แพทย์บางท่านเชื่อว่าการทำให้มี notch หรือ loop บน haptic จะช่วยให้หมุนเลนส์ได้ง่ายขึ้น แต่แพทย์บางท่านก็เชื่อว่าจะทำให้การหมุนเลนส์ และการเอา IOL ออกจากตาจะทำได้ยากขึ้น

IX. Haptic color

มีการพัฒนาทำให้ส่วน haptic มีสีที่ต่างจาก optic ในเลนส์บางรุ่น ประโยชน์คือสามารถมองเห็นเลนส์เทียมได้ง่าย และสามารถช่วยให้เห็นได้ง่ายขึ้นว่า haptic อยู่ใน capsular bag หรือไม่

X. Closed loop Haptic

เลนส์เทียมบางรุ่นถูกออกแบบให้ขาเลนส์มีลักษณะเป็น loop โดยเชื่อว่ามีประโยชน์คือ ไม่มีแรงดีดเกิดขึ้นในถุงหุ้มเลนส์ แต่มีข้อจำกัดของเลนส์นี้คือควรเปิด anterior capsule แคบกว่าปกติ เพื่อที่จะช่วยลดโอกาสเลนส์เคลื่อน อย่างไรก็ตามไม่มีรายงานใดที่ยืนยันว่าเลนส์ชนิดนี้มีข้อดีเหนือเลนส์ปกติชัดเจน

XI. One or Three pieces IOL

One piece IOL คือ IOL ที่ผลิตด้วยวัสดุเดียวโดยส่วน optic และ haptic จะเป็นชิ้นเดียวกันไม่มีรอยต่อ แต่ three pieces IOL นั้น ส่วน optic และ haptic จะผลิตแยกกันโดยอาจเป็นคนละวัสดุแล้วจึงนำมาติดกันภายหลัง โดย one piece IOL จะมีโอกาสเกิดการติดเชื้อและ haptic break น้อยกว่า และยังหมุนเลนส์ขณะใส่ได้ง่ายกว่า three pieces IOL

อย่างไรก็ตามเลนส์ three pieces IOL ยังมีประโยชน์เช่น ในกรณีที่เราต้องการ optic เป็น acrylic แต่ haptic เป็น PMMA ซึ่งจะมีความแข็งแรงมากกว่า

Posterior Capsular Opacification (PCO) & Types of IOL

มีหลักฐานยืนยันว่าลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของวัสดุบางอย่างสามารถช่วยลดอัตราการเกิด PCO ได้ โดยยับยั้งการลุกลามของ lens epithelial cell ในอดีตมีการพูดถึง modified PMMA

IOL บางชนิดว่าสามารถลดอัตราการเกิด PCO ได้ แต่ก็ไม่มีหลักฐานยืนยันชัดเจนว่าลดได้จริง ต่อมาเมื่อมีการพัฒนา acrylic IOL ออกสู่ตลาด จึงเริ่มมีหลักฐานยืนยันว่า acrylic IOL ลดอัตราการเกิด PCO ได้มากกว่า IOL ชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ[3] ซึ่งอาจมีผลมาจาก square edge design มีการศึกษาที่ทดลองในกระต่ายซึ่งช่วยยืนยันข้อดีของ square edge IOL

นอกจากเรื่องของ square edge แล้ว ตัว acrylic material เองก็มีคุณสมบัติทำให้เกิด cellular adhesion (ซึ่งไม่พบใน PMMA, Silicone หรือ Hydrogel) การที่เกิดการติดแน่นกับผิว จะเป็นการยับยั้งการเกิด cellular proliferation

จากการที่ acrylic IOL สามารถลดอัตราการเกิด PCO ได้มากดังกล่าว ทำให้มีการนำมาใช้ในเด็กที่เป็นต้อกระจก ซึ่งในอดีตแพทย์ส่วนใหญ่จะต้องทำ primary posterior capsulotomy ไปพร้อมกับต้อกระจก แต่หลังจากมี AcrySof IOL มีแพทย์เฉพาะทางบางท่านแนะนำว่าในเด็กที่อายุมากกว่า 2 ปี อาจไม่ต้องทำ posterior capsulotomy เนื่องจากว่าอัตราการเกิด PCO ค่อนข้างช้าจนเด็กสามารถร่วมมือในการทำ laser capsulotomy ได้ในภายหลังเมื่อโตขึ้น

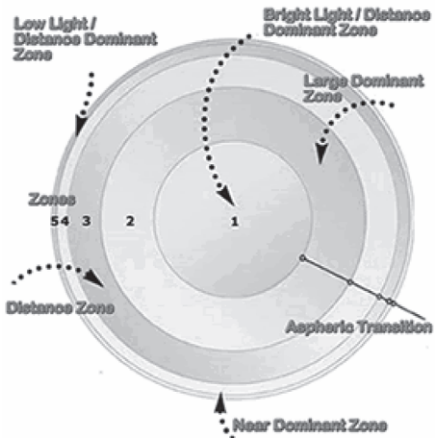
Other types of IOLs

Multifocal IOL

เป็น IOL ที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดปัญหามองไกลหรือใกล้ได้ชัดแค่ระยะเดียวของ IOL แบบปกติ (monofocal IOL) IOL ชนิดนี้จะทำให้คนไข้สามารถมองชัดได้ทั้งใกล้และไกล โดยไม่จำเป็นต้องใส่แว่นเพิ่ม ปัจจุบัน IOL กลุ่มนี้แบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามหลักการทำงานของเลนส์ เพื่อให้มีระยะโฟกัสหลายระยะ ดังนี้

■ Refractive multifocal IOLs

เลนส์กลุ่มนี้จะอาศัยหลักการทำงานโดยการแบ่งบริเวณบนผิวเลนส์เป็น zone ซึ่งแต่ละ zone จะหักเหแสงให้ไปโฟกัสกันที่คนละจุด ผิวเลนส์ชนิดนี้จะมีความเป็น aspheric โดยพื้นผิวในแต่ละ zone จะค่อย ๆ ปรับความโค้งทำให้เกิดมุมตกกระทบของแสงต่างกันทำให้ได้ระยะโฟกัสต่างกันในแต่ละ zone โดยเลนส์ชนิดนี้จะต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงขนาดรูม่านตาเป็นตัวควบคุมว่าแสงจะตกลงบน zone ใดบ้าง



รูปที่ 1 แสดง refractive multifocal IOL[4]

Zone 1 ในรูปสำหรับการมองไกลในภาวะมีแสงสว่างมาก (distance vision under bright light conditions, such as daytime driving)

Zone 2 ในรูปสำหรับการมองใกล้ในหลายสภาวะแสง (provide good near vision under a variety of lighting conditions)

Zone 3 ในรูปสำหรับการมองไกลในภาวะมีแสงสว่างปานกลาง (distance under moderate lighting conditions)

Zone 4 ในรูปสำหรับช่วยการมองใกล้ในภาวะแสงสว่างน้อย (more near vision support for dim lighting conditions when the pupil is large)

Zone 5 ในรูปสำหรับช่วยการมองไกลในภาวะมีแสงสว่างน้อย (adds more distance vision support under dim lighting conditions)

และเนื่องจากรูปร่าง IOL เป็นลักษณะ Aspheric shape จึงทำให้ทั้ง 5 บริเวณของ IOL ในรูปช่วยในการมองที่ระยะปานกลางด้วย (provides intermediate vision across all zones)

เลนส์ multifocal IOL ตัวแรกที่ได้รับ US FDA approved ในปี ค.ศ. 1997 คือ Array zonal progressive IOL ก็เป็น refractive multifocal IOL โดย Array ใช้วัสดุเป็น silicone ผิวด้านหน้ามี 5 wave-like refractive zones โดยแบ่ง zone สำหรับ focus ดังนี้

- 1st (Central), 3rd , 5th zone : Distant dominant
- 2nd, 4th zone : Near dominant with +3.50 D add

นอกจากนี้ในแต่ละ distant dominant zone ทั้ง 3 zone ก็ยังมี power ของเลนส์ที่ค่อยๆ เปลี่ยนไป โดยส่วนกลาง (central) จะมีค่า power ของ distant แล้วค่า power จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในส่วน peripheral ของแต่ละ distant zone (zonal progressive) เพื่อให้เกิดภาพของ intermediate zone

ต่อมา AMO ได้พัฒนา refractive multifocal IOL generation ที่ 2 ออกมาโดยเปลี่ยนมาใช้ Acrylic material ในชื่อ “ReZoom” ซึ่งก็ได้รับ US FDA approved โดยยังคงใช้ 5 optical zone เหมือน Array ซึ่งจากการรายงานผลการรักษาพบว่าได้ผลดี มี acceptable distance & intermediate-range vision

■ Diffractive multifocal IOLs

เลนส์กลุ่มนี้จะอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของแสง (diffraction: light bend around sharp edge) โดยลักษณะของเลนส์จะออกแบบให้พื้นผิวด้านหลังของเลนส์ไล่ระดับเป็นวงแหวนคล้ายขั้นบันไดไล่ออกไปจากกลางเลนส์ออกไปรอบนอก (many concentric stepped ring on posterior surface) ซึ่งลักษณะ stepped ring นี้จะทำให้เกิด refraction & diffraction effects เกิดขึ้นบริเวณขอบของทุกๆ ขั้นบันไดที่เปลี่ยนระดับทำให้แสงที่เข้ามาแยกเป็น near & far foci บนจอตา เนื่องจากลักษณะหลักการทำงานดังกล่าวทำให้ทุก ๆ บริเวณบนเลนส์มีความเป็น multifocal ดังนั้นเลนส์ชนิดนี้จะมีข้อได้เปรียบ refractive multifocal IOL คือขนาดรูม่านตา หรือการ decentration of IOL ไม่ค่อยมีผลกับการทำงานของเลนส์ ปัจจุบันเลนส์ในกลุ่มนี้ที่ได้รับ US FDA approved เช่น Acrysof ReSTOR® (Alcon)

รูปที่ 2 ภาพซ้ายแสดง diffractive multifocal IOL (The ReSTOR® lens) และภาพขวาแสดงภาพขยายให้เห็นพื้นผิวของส่วน optic ของ ReSTOR® lens[5]

ReSTOR® จะมีส่วนที่เป็น diffractive zone แค่เฉพาะ บริเวณ central 3.6 mm ส่วนที่ peripheral ออกไปจะเป็นส่วนของ aspheric optic ธรรมดาเพื่อช่วยในการมองไกลกรณีที่รูม่านตาขยายมากๆ อย่างไรก็ตามเลนส์กลุ่มนี้ก็มีข้อเสียคือเนื่องจากลักษณะของเลนส์ที่ทำให้แสงเข้ามาเกิด refraction & diffraction ในทุกๆ ขั้นบันไดทำให้มีแสงส่วนหนึ่งที่จะเสียไปจากการสะท้อนกระจัดกระจายไปประมาณ 18% และแสงนี้จะทำให้คนไข้รู้สึกไม่สบายตาจาก glare ได้ แต่ก็อาจมีแสงบางส่วนทำให้เกิด intermediate focus ได้บ้าง ส่วนแสงที่เหลือจะแยกไป far focus ประมาณ 41% และ near focus ประมาณ 41% ดังนั้นเลนส์กลุ่มนี้ เช่น ReSTOR® จะเด่นในภาพ far & near แต่ intermediate zone จะไม่ชัดมาก

Toric IOL

เป็นเลนส์ IOL ที่สามารถแก้ไขสายตาเอียง (astigmatism) โดยที่ตัว optic จะมีขีดเครื่องหมายบอกแนวแกน (axis) ของ plus cylinder โดยในตอนใส่ IOL ต้องวางให้แนวแกนของ IOL อยู่ในแนวแกนที่เป็น steep meridian ของคนไข้

Toric IOL ที่ได้รับ US FDA approved คือ STAAR toric IOL single piece, plate haptic, foldable silicone IOL โดยค่ากำลังขยายตั้งแต่ +10.00 ถึง +28.00 และมีค่า cylindrical powers เท่ากับ 2.00 D และ 3.50 D สำหรับแก้ corneal astigmatism ที่ 1.40 D และ 2.30 D ตามลำดับและล่าสุด Acrysof toric IOL (Alcon) ได้รับ US FDA approved แล้วเช่นกัน

รูปที่ 3 แสดง Toric IOL (Acrysof Toric Lens)[6]

References

1. Barrett G, Constable IJ. Corneal endothelial loss with new intraocular lenses. Am J Ophthalmol. 1984 Aug 15;98(2):157-65.
2. Percival P. Prospective study comparing hydrogel with PMMA lens implants. Ophthalmic Surg. 1989 Apr;20(4):255-61.
3. Ursell PG, *et al.* Relationship between intraocular lens biomaterials and posterior capsule opacification. J Cataract Refract Surg. 1998 Mar;24(3):352-60.
4. www.uclaser.com.Presbyopia-Correcting IOL implantation: Refractive multifocal IOLs.
5. www.oahulasik.com/OL-IOL.htm.Macmann Eye Institute.
6. www.eyesfl.com/premium-iol.htm. Eye specialists of Mid florida, P.A.