การใช้เลเซอร์ช่วยผ่าตัดต้อกระจก

Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์ณวพล กาญจนารัณย์
แพทย์หญิงสุรักษ์ พัฒนกนก
ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

LASER

ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation หมายถึง การขยายแสงโดยการแผ่รังสีที่เกิดจากการกระตุ้น จากชื่อเต็มของ LASER ทำให้ทราบการผลิตแสง LASER ว่าประกอบด้วยกระบวนการ 2 ส่วน คือ การแผ่พลังงานที่เกิดจากการกระตุ้น (stimulated emission) และการขยายแสง (light amplification)

หลักของการดูดและแผ่ของแสง (Principles of light emission and absorption)

อะตอมประกอบด้วย nucleus อยู่ตรงกลางและ electron วนอยู่รอบนอก โดย nucleus ประกอบด้วย proton มีประจุบวก และ neutron ที่ไม่มีประจุ ดังนั้น nucleus จึงมีประจุเป็นบวก ส่วน electron มีประจุเป็นลบ electron แต่ละตัวจะอยู่ในชั้นระดับพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งก็หมายถึง electron แต่ละชั้นก็มีพลังงานไม่เท่ากัน ยิ่งห่างจาก nucleus มากเท่าไหร่ พลังงานจะยิ่งสูงขึ้น

พลังงานของ electromagnetic wave ที่เกิดจากเลเซอร์ เป็นไปตามสูตร

$$E = hv$$

$$E = hc/\lambda$$

โดย E คือ พลังงานของ electromagnetic wave
h คือ Planck constant ($h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js)
c คือ ความเร็วของคลื่น (m/s)
v คือ ความถี่ของคลื่น (Hertz)
λ คือ ความยาวของคลื่น (m)

ความถี่และความยาวคลื่นเป็นตัวกำหนดสีของเลเซอร์
ในภาวะปกติ electron จะอยู่ภาวะพื้น (ground state) หรือ E_{GL} เมื่อมีการให้พลังงาน (spontaneous absorption; E=hv) electron ดังกล่าวจะถูกกระตุ้นให้ออกจากวงโคจรเดิมไปอยู่วงโคจรใหม่ที่มีระดับพลังงานที่สูงขึ้น electron ดังกล่าวเรียกว่าอยู่ภาวะเร่งเร้า (excited state) หรือ E_{EL} ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เสถียร จะคงอยู่ระดับนี้แค่ช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ก็จะปล่อยพลังงานออกมาแล้วกลับมาอยู่ในระดับพลังงานเดิม พลังงานที่ปล่อยออกมาเป็นพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือ Photon เป็นการปล่อยพลังงานแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission) ค่าพลังงานดังกล่าว มีค่าเท่ากับ E_{EL}-E_{GL} นั่นหมายความว่าพลังงานที่มาจาก spontaneous absorption (E) ตอนแรก จะเท่ากับ E_{EL}-E_{GL} และเท่ากับพลังงานที่เกิดจากการแผ่พลังงานแบบเกิดขึ้นเอง spontaneous emission ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมดาที่เกิดขึ้นเมื่อ electron ไม่เสถียร

การแผ่พลังงานแบบถูกกระตุ้น (stimulated emission) เป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญสำหรับการสร้างเลเซอร์ ก่อนที่จะเกิดการแผ่พลังงานแบบถูกกระตุ้น electron จะถูกกระตุ้นอยู่โดยให้พลังงานเข้าไปให้ electron ทั้งหมดอยู่ในระดับพลังงานที่สูงขึ้น (E_{EL}) เมื่อปล่อยพลังงานเข้าไป (stimulated photon) โดยค่าพลังงานที่ปล่อยเข้าไปต้องมีค่าเท่ากับ E_{EL}-E_{GL} จะกระตุ้นให้ electron ที่อยู่ในภาวะเร้าปล่อยพลังงานออกมาเร็วขึ้นกว่าปล่อยออกมาเอง พลังงานดังกล่าวจะไม่

ถูกดูดกลืนโดย electron ที่อยู่ใน excited state แต่จะทำให้ electron ดังกล่าวปล่อยพลังงานออกมาจะเท่ากับ E_{EL}-E_{GL} แล้วเปลี่ยนวงโคจรกลับมาภาวะพื้นเช่นเดิม การขยายพลังงานของการแผ่รังสีในเลเซอร์ จึงหมายถึงปรากฏการณ์เกิดการแผ่ 2 photons หลังจากดูดพลังงานไปเพียง 1 photon ทำให้พลังงานที่ได้มีมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ใช้ไป

พลังงานที่ปล่อยเข้าไป (stimulated photon) เท่ากับพลังงานที่ excited electron ปล่อยออกมา = E_{EL}-E_{GL} โดยพลังงานที่แผ่ออกมานั้น นอกจากจะให้ค่าพลังงานเท่าพลังงานที่ใส่เข้าไปแล้ว ยังมีความถี่เดียวกันและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเลเซอร์

คุณสมบัติของเลเซอร์

1. Monochromaticity : ความยาวคลื่นเดียว ทำให้มีสีเดียว
2. Directionality : มีทิศทางเดียว ไม่ divergence
3. Coherence : อยู่ใน phase เดียวกัน

ผลของเลเซอร์ต่อ biological tissues

1. Photochemical (photoablation และ photoradiation) : เป็นผลจากการดูดพลังงานจากเลเซอร์โดยโมเลกุลในเนื้อเยื่อ เช่น melanin biopolymers, enzymes, hemoglobin โดยไม่มีการทำลายบริเวณรอบๆ มักใช้ short laser pulse ของเลเซอร์พลังงานสูง (high energy)

2. Thermal (photocoagulation และ photovaporization) : เป็นการเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อจากการดูดพลังจากเลเซอร์ของเนื้อเยื่อ อุณหภูมิเนื้อเยื่ออาจสูงถึง 80-90 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อ และบริเวณรอบๆ

3. Ionizing (photodisruption) : เป็นผลจากการปล่อยเลเซอร์พลังงานสูง ทำให้เกิด shockwave มักใช้ในmicrosurgery ส่วนหน้าของตา

Femtosecond laser

Femtosecond (FS) laser คือ Near-infrared laser ที่มีความยาวคลื่น 1053 nm มี pulse duration 10^{-15} วินาที แสงเลเซอร์มีความแม่นยำสามารถโฟกัสให้ยิงได้ในจุดหมาย 3 μm และมีระยะแม่นยำสูงสุดที่ 1 μm มีความสามารถทำให้เกิด shock wave และฟองอากาศ ซึ่งก็คือเป็น Photodisruption ต่อเนื้อเยื่อ

กระจกตาและเลนส์ตาเป็นวัตถุโปร่งแสง ไม่ดูดกลืนแสง electromagnetic radiation และ near-infrared spectrum ทำให้แสงสามารถผ่านได้โดยไม่ทำลายหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อที่แสงผ่าน และสามารถ focus ตำแหน่งได้ชัดเจน แต่ถ้า high power densities เนื้อเยื่อดังกล่าวสามารถดูดพลังงานแสงได้ ทำให้เกิด free electrons และ ionized molecules (plasma) generation ทำให้เกิด acoustic shock wave และท้ายสุดทำให้เกิด tissue disruption

เดิมใช้ Nd:YAG laser ซึ่งเป็น near-infrared laser ทำหน้าที่เป็น photodisruption ในการเปิด opacified posterior lens capsules หลังการผ่าตัดต้อกระจก, iridotomy ใน pupillary-block glaucoma Nd:YAG laser มี pulse duration เป็น nanosecond (10^{-9} second) เนื้อเยื่อที่อยู่รอบตำแหน่งที่โดนเลเซอร์ จะโดนทำลายไปด้วยประมาณ 100 μm จึงไม่เหมาะในการทำผ่าตัดเกี่ยวกับกระจกตาที่ต้องการความแม่นยำสูง ต่อมาจึงมีการพัฒนา near infrared laser ให้มี pulse duration ที่น้อยลง จึงเกิดเป็น Femtosecond domain (10^{-15} second)

ข้อดีของ Femtosecond laser ที่มี pulse duration น้อยลง คือ ใช้พลังงานน้อยลงในการตัดเนื้อเยื่อ ทำให้ลดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อข้างเคียง (collateral shock wave effect) ทำให้ bubble size ลดลง จึงเหมาะในการผ่าตัดเกี่ยวกับกระจกตาที่ต้องการความแม่นยำสูง

Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery

ข้อบ่งชี้

การผ่าตัดต้อกระจกเป็นการผ่าตัดที่มีจำนวนการผ่าตัดมากเป็นลำดับต้นๆ ของทั้งไทยและหลายๆ ประเทศ โดยมีแนวโน้มจะมากขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุของประชากร เป้าหมายหลักของการผ่าตัดคือ ค่าสายตาดีกว่า 20/40 และมีความแม่นยำโดยให้ค่าความคลาดเคลื่อน 1 diopter การศึกษาในประเทศสหราชอาณาจักร (Benchmark study) ได้ตั้งมาตรฐานในการผ่าตัดต้อกระจกในตาที่ปกติไว้คือ ± 0.50 diopter ใน 55% ของผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัด และ ± 1.00 diopter ใน 85% ของผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัด แต่พบว่าในความเป็นจริงแล้วสถิติความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ ± 0.50 diopter ใน 45% ของผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัด, ± 1.00 diopter ใน 72% ของผู้ป่วยที่มารับการผ่าตัด

การพัฒนาเลนส์แก้วตาเทียมระดับพรีเมี่ยมเป็นการพัฒนาเพื่อหวังว่าการมองเห็นหลังการผ่าตัดจะดีขึ้นใกล้เคียงสายตาปกติ แต่เลนส์แก้วตาเทียมดังกล่าวจำเป็นต้องใส่อยู่ตรงกลางของถุงหุ้มเลนส์ โดยไม่เอียงหรือเบี้ยว เพื่อให้ได้ค่าสายตาดีที่สุดหลังการผ่าตัด จึงเป็นที่มาของการใช้เทคโนโลยี Femtosecond laser มาช่วยในการผ่าตัดต้อกระจกให้มีความแม่นยำและปลอดภัยมากขึ้น

ปัจจุบัน Femtosecond laser ใช้ในขั้นตอนการผ่าตัดต้อกระจกดังนี้

- Capsulotomy
- Lens fragmentation
- Astigmatic relaxing incisions
- Clear corneal incisions (CCIs) : cataract incision and paracentesis

ขั้นตอนในการผ่าตัดต้อกระจกแบบ femtosecond laser-assisted cataract surgery

1. ขยายม่านตาและหยอดยาชา

2. วาง Contact lens ที่เป็น circumferential suction บนกระจกตา การวาง contact lens suction นี้ จะทำให้กระจกตาอยู่นิ่งและเพิ่มความดันตาเล็กน้อย

3. Anterior segment imaging ถูกถ่ายโดยเครื่อง optical coherence tomography (OCT) หลังจากได้ภาพจะกำหนดตำแหน่งทำ anatomical landmarks และ specific boundaries map ของ cornea iris anterior และ posterior lens capsule

4. กำหนดบริเวณที่จะทำแผล corneal incisions ในตำแหน่งต่างๆ เช่น temporal wound, paracentesis และบริเวณที่ต้องการทำ limbal-relaxing incisions (LRIs) ตามความต้องการของผู้ผ่าตัด หรือองศาของสายตาเอียง

5. เริ่มใช้ femtosecond laser ในการทำ capsulotomy เป็นอันดับแรก

6. ตามด้วย lens fragmentation เนื่องจากการทำ lens fragmentation ด้วย femtosecond laser จะทำให้เกิดฟองอากาศ ซึ่งจะทำให้ anatomy ของ anterior capsule เสียไป

7. แผลทางเข้าที่กระจกตา (corneal incision) จะทำเป็นลำดับสุดท้าย โดย incision ที่เกิดขึ้นจาก femtosecond laser จะเป็นเพียง partial thickness

8. นำผู้ป่วยเข้าห้องผ่าตัด เมื่อทำการปลอดเชื้อแล้ว จะใช้ microsurgical blade ทำ corneal incision ให้เป็น full thickness

9. นำ anterior capsulotomy ออก

10. ตามด้วย standard phacoemulsification

Femtosecond laser-assisted corneal incision

Clear corneal incision ที่เกิดขึ้นในการผ่าตัดต้อกระจก สัมพันธ์กับโอกาสเกิดการติดเชื้อหลังการผ่าตัด (postoperative endophthalmitis) และ wound abnormalities เป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงของ postoperative endophthalmitis

จากการศึกษา Early changes in clear cornea incision after phacoemulsification: an anterior segment optical coherence tomography study พบว่า หลังการผ่าตัดต้อกระจกโดยปกติมาตรฐานมีการเปลี่ยนแปลงของกระจกตาดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของแผลที่ด้าน epithelium พบว่า มีการเกิด epithelial bulla ที่บริเวณแผลขึ้น 2 ตา (3%) เกิดแผลแยก (gaping) ด้าน epithelium ของแผล 7 ตา (12%)

2. การสมานของแผลด้าน endothelium พบว่า มีการเกิดแผลแยก (gaping) ด้าน endothelium 42 ตา (70%)

3. ความหนาของกระจกตาบริเวณที่แผล (incision) หลังผ่าตัด 1 วัน พบว่าความหนาของกระจกตาบริเวณที่แผลหนาขึ้นหลังผ่าตัดทุกรายประมาณ 0.75 ± 0.4 มิลลิเมตร ($p = 0.023$) โดยความหนาของกระจกตาจะหนามากขึ้นในคนไข้ที่เกิดแผลแยกด้าน endothelium

4. การหลุดลอกของชั้น descemet (descemet's membrane detachment) จากการตรวจด้วยกล้อง slit-lamp biomicroscope ไม่พบการหลุดลอก แต่ถ้าใช้เครื่องมือ anterior segment OCT ตรวจ จะพบการหลุดลอกได้ 49 ตา (82%)

การใช้ Femtosecond laser ช่วยในการทำ corneal incision จะทำเป็นลักษณะ three planes โดย Laser scanning จะเริ่มประมาณ 200 μm หน้าต่อ posterior surface ของ stroma ภายนอกห้องผ่าตัด ซึ่ง incision ที่ลงนั้น ไม่เป็น full thickness ส่วนท้ายสุดอีก 200 μm จะทะลุโดย microsurgical blade ในห้องผ่าตัด แผลลักษณะนี้เมื่อเทียบกับ manual corneal incision พบว่า

- จะให้แผลที่เป็น square architecture มากกว่า ซึ่ง square architecture จะต้านการเปลี่ยนรูปของกระจกตา ทำให้ช่วยลดการรั่วซึมของแผล

- ความแม่นยำในการลง incision จะแม่นยำกว่าทั้งความยาวและความลึก ทำให้เกิด one-way, self-sealing และ water-tight valve

Femtosecond laser-assisted capsulorhexis

Continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) เป็นวิธีการเปิด anterior capsule เพื่อการผ่าตัดต้อกระจกด้วยวิธี phacoemulsification เนื่องจากหากเปรียบเทียบกับวิธีอื่น เช่น can opener จะพบว่ามีขอบที่เรียบ และสม่ำเสมอกว่า ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของ anterior capsule มากกว่าและต้านทานการฉีกขาดของ anterior capsule ได้มากกว่า

ข้อได้เปรียบของ continuous curvilinear capsulorhexis (CCC)

- ทำให้เกิดความปลอดภัยระหว่างการทำ phacoemulsification มากกว่าเทคนิคอื่น เนื่องจากมีความแข็งแรงของ anterior capsule มากกว่า

- เมื่อใส่เลนส์แก้วตาเทียมในถุงหุ้มเลนส์ที่เกิดจากการทำ continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) พบว่า

• สามารถคงตำแหน่ง IOL ให้อยู่ตรงกลางได้ดีกว่าวิธีอื่น

• ลดความรุนแรงในการเกิด blood–aqueous barrier breakdown เนื่องจากลด foreign-body cellular reaction และลดการสัมผัสกันของเลนส์เทียมกับ uveal tissue

ประสิทธิภาพของ continuous curvilinear capsulorhexis (CCC) ขึ้นกับ

- centration
- ตำแหน่ง (location)
- ขนาด (size)

• ขนาดของ CCC เป็นสิ่งสำคัญ CCC ควรมีขนาดที่ซ้อนทับกับ optic ของเลนส์เทียม 360 องศา

• CCC ที่เล็กเกินไป จะทำให้เกิด phimosis ของ anterior capsule

• CCC ที่ใหญ่เกินไป จะทำให้เกิด posterior capsular opacity

ส่วน Manual continuous curvilinear capsulorhexis นั้น มีข้อด้อย คือ ไม่สามารถคาดคะเนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและตำแหน่งของ CCC ได้ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อ 2 ปัจจัยคือ

- ตำแหน่งของเลนส์เทียม (IOL position)
- อัตราการเกิด posterior capsular opacification

IOL.position ที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้เกิด refractive shift โดยส่วนมากแล้ว มักจะเกิดเป็น progressive hyperopic shift จากการเกิด anterior capsule fibrosis เนื่องจากเมื่อระยะเวลาผ่านไป anterior capsular fibrosis จะดัน IOL ไปด้านหลัง ทำให้เกิด hyperopic shift ส่วนมากจะเกิดจาก small capsulorhexis เนื่องจาก small capsulorhexis จะเหลือจำนวน anterior lens epithelial cells มาก ทำให้เกิด anterior capsule fibrosis ได้ง่าย หากพบว่าเกิด hyperopic shift การรักษาคือ anterior Nd:YAG capsulotomy

IOL.position เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิด postoperative refractive error ในผู้ป่วยต้อกระจก ในทุกๆ 1 มิลลิเมตรที่เปลี่ยนแปลงไปของ IOL.position จะเกิดการเปลี่ยนแปลง 1.25 diopter ถ้าเป็น anterior displacement จะเกิดเป็น myopic shift ถ้าเป็น posterior displacement จะเกิดเป็น hyperopic shift

ขนาดของ capsulorhexis กับการเกิด posterior capsular opacification (PCO) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ posterior capsular opacification เกิดจาก residual lens epithelial cells ที่ยังเหลืออยู่บริเวณ anterior capsule และบริเวณ equator แบ่งตัวและ migrate ออกมาเกิดเป็น posterior capsular opacification และบางส่วนเปลี่ยนเป็น myofibroblasts ทำให้เกิด capsular fibrosis

ในรายที่มี capsulorhexis ที่มีขนาดใหญ่ ขอบของ capsulorhexis จะไม่สัมผัสกับ IOL.optic จึงพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป เซล epithelium บริเวณ anterior capsule จะเคลื่อนที่ (migrate) ไปทางด้าน posterior capsule เนื่องจากไม่โดนกั้นด้วย IOL.optic ทำให้เกิดรอยย่น (wrinkle) ขึ้นบริเวณ posterior capsule เมื่อเวลาผ่านไปรอยย่น ดังกล่าวจะหนาขึ้นเรื่อยๆ บดบังการมองเห็นของผู้ป่วย

ส่วนในรายที่มี capsulorhexis ขนาดเล็ก ขอบของ capsulorhexis จะสัมผัสกับขอบของ IOL.optic ทำให้เซล epithelium บริเวณ anterior capsule ไม่สามารถข้ามไปยัง posterior capsule ได้ ทำให้รอยย่น (wrinkle) เกิดน้อยมาก แต่การเกิด PCO ใน small capsulorhexis ก็สามารถเกิดได้จากเซล epithelium บริเวณ equator ซึ่งจะทำให้เกิด PCO ที่มีลักษณะบาง ไม่หนาเหมือนแบบรอยย่น (wrinkle)

ในรายที่มี capsulorhexis ที่มีขนาดใหญ่ และไม่อยู่ตรงกลาง (eccentric) จะพบว่า มีเซล epithelium บางๆ ที่ไม่มีรอยย่น (wrinkle) เกิดขึ้นบริเวณ anterior capsule ติดกับ optic ของ IOL ส่วนรอยย่น (wrinkle) จะเกิดบริเวณที่ anterior capsule ติดกับ posterior capsule อัตราการเกิด posterior capsular opacification เฉลี่ยในระยะเวลา 1 ปี พบว่า large capsulorhexis เกิด 66.2% เมื่อเปรียบเทียบกับ small capsulorhexis ที่เกิด 32.7%

Manual capsulorhexis ที่ดี พบว่าเป็นเทคนิคที่ยากสำหรับจักษุแพทย์ที่ยังไม่มีประสบการณ์มากพอ ซึ่งอาจทำให้ capsulorhexis ไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการและไม่อยู่ตรงกลาง ดังนั้นการใช้ Femtosecond laser ช่วยในการทำ capsulorhexis จะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้

ข้อดีของ Femtosecond laser-assisted capsulorhexis

- สามารถกำหนดขนาดและความกลางของ anterior capsulotomy ได้
- anterior capsulomy จะกลมได้รูป

- ขนาดและตำแหน่งที่ต้องการ มีความคลาดเคลื่อนต่ำ

- ทำให้เกิด refractive outcome ที่ดี

จากการวิจัยของ Nagy et al., ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบการเปิด anterior capsulotomy โดย LenSx laser และ manual capsulorhexis หลังการผ่าตัดต้อกระจกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า ในกลุ่ม FSL

- มีความกลมมากกว่าของ capsulotomy

- อัตราการเกิด incomplete capsulorhexis-IOL overlap น้อยกว่าของ manual capsulorhexis

- IOL.centration ดีกว่า

- FSL-guided capsulotomy diameter ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดรูม่านตา, ขนาดตา, ความโค้งของกระจกตา (ขนาด manual capsulorhexis diameter จะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าว)

Femtosecond laser-assisted phacofragmentation

Phacoemulsification ที่ใช้ในการผ่าตัดต้อกระจกปัจจุบันอาศัยหลักการ ultrasound oscillations ในน้ำ ทำให้เกิด acoustic cavitation ส่งผลให้เกิดการสลายตัวเลนส์ phacoemulsification มีความสัมพันธ์กับความเสียหายต่อ endothelium (endothelial injury) ได้จากหลายสาเหตุ เช่น

- Duration ของ phacoemulsification มากเกินไป ทำให้เกิดความเสียหายต่อ endothelium จากการมีแรงกระแทก (mechanical) และจากความร้อน (heat) ที่เกิดขึ้น

- ความเสียหายต่อ endothelium เกิดขึ้นจาก lens nucleus fragment และ air bubbles

- Free radicals (hydroxyl radicals) จะทำลายโดยตรงที่ membrane unit ทำให้เกิด cellular edema หรือ necrosis เกิดความเสียหายต่อ endothelium

ข้อดีของ Femtosecond laser ที่ใช้ในการแบ่ง nucleus คือ

- Laser wavelength ไม่ถูก absorb โดยกระจกตา

- Femtosecond laser เป็น photodisruption ที่มีความแม่นยำสูง จะมีผลในตำแหน่ง targeted lens tissue ประมาณ 100 μm ซึ่งค่อนข้างห่างจาก endothelium

- Low-energy pulse

- ไม่จำเป็นต้องใส่เครื่องมือเข้าไปในตา

Phacoemulsification ปกติที่ใช้ มีความแตกต่างจาก Femtosecond laser ตรงที่ phacoemulsification ปกติ พลังงานที่เกิดขึ้นจากการผ่าตัดจะอยู่ใกล้เซลชั้น endothelium มากกว่า และเซลสามารถ absorb พลังงานเข้าไปได้ ทำให้ Femtosecond laser มีความปลอดภัยและลดภาวะแทรกซ้อนได้มากกว่า phacoemulsification อีกทั้งยังช่วยลดพลังงานที่ใช้ในการผ่าตัดต้อกระจกลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนในรายต้อกระจกที่มีเลนส์แข็ง และช่วยลดภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดโดยรวม Nagy et al. พบว่า การใช้ Femtosecond laser ในการสลายต้อกระจก จะช่วยลดพลังงานที่ใช้ (phacoemulsification power) ลงได้ 43% และลดเวลาที่ใช้ในการผ่าตัด (operative time) ลงได้ 51%

สรุปเกี่ยวกับ Femtosecond Laser (FSL) - Assisted Cataract Surgery ในปัจจุบัน

คาดว่าในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า Femtosecond laser จะใช้เพื่อช่วยในการผ่าตัดมากขึ้น เนื่องจากจะทำให้แผล corneal incision มีความแม่นยำ (precise) และ self-sealing มากขึ้น และทำให้ capsulorhexis กลม แข็งแรง แม่นยำมากขึ้น อีกทั้งจะทำให้ขั้นตอนในการแบ่ง nucleus ใช้พลังงานลดลง ลดภาวะแทรกซ้อนที่อาจจะเกิดขึ้น แต่เนื่องจาก Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery เป็นเรื่องใหม่ จึงยังมีคำถามอีกหลายข้อที่จำเป็นต้องตอบ และต้องทำวิจัยค้นคว้าต่อไปเกี่ยวกับความปลอดภัยและ efficacy เช่น

- ใน FSL-assisted corneal incision จำเป็นต้องวิจัยว่า อัตราการเกิด postoperative endophthalmitis มีความแตกต่างกับวิธีเดิมหรือไม่

- ใน FSL-assisted capsulorhexis ต้องติดตามงานวิจัยว่า ความสำเร็จในระยะยาวเป็นอย่างไร และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

- FSL-assisted phacofragmentation ยังคงต้องรองานวิจัยในมนุษย์ที่สนับสนุนว่า สามารถลดอัตราการเกิด endothelial damage ได้

- ส่วนข้อจำกัดของ Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery ซึ่งยังไม่มีการสร้างขึ้นมาอย่างชัดเจน จึงอ้างอิงอยู่บนพื้นฐานของ refractive surgery

- ระดับความดันลูกตาที่เพิ่มขึ้นขณะวาง docking ยังไม่มีงานวิจัยสรุปว่าเป็นข้อห้ามของต้อหินหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

1. He L, Sheehy K, Culbertson W. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. Curr Opin Ophthalmol.2011;22:43-52.
2. Wolffsohn JS, Buckhurst PJ. Objective analysis of toric intraocular lens rotation and centration. J Cataract Refract Surg. 2010;36:778-82.
3. Palanker DV, Blumenkranz MS, Andersen D, Wiltberger M, Marcellino G, Gooding P, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated optical coherence tomography. Sci Transl Med. 2010;2:58ra85.
4. Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Seibel BS, et al. Femtosecond laser capsulotomy. J Cataract Refract Surg. 2011;37: 1189-98.
5. Montan PG, Koranyi G, Setterquist HE, Stridh A, Philipson BT, Wiklund K. Endophthalmitis after cataract surgery: Risk factors relating to technique and events of the operation and patient history: A retrospective case-control study. Ophthalmology. 1998;105:2171-7.
6. Xia Y, Liu X, Luo L, Zeng Y, Cai X, Zeng M, et al. Early changes in clear cornea incision after phacoemulsification: An anterior segment optical coherence tomography study. Acta Ophthalmol.2009;87:764-8.
7. Masket S, Sarayba M, Ignacio T, Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: Architectural stability and reproducibility. J Cataract Refract Surg. 2010;36:1048-9.
8. Trivedi RH, Wilson ME, Jr, Bartholomew LR. Extensibility and scanning electron microscopy evaluation of 5 pediatric anterior capsulotomy techniques in a porcine model. J Cataract Refract Surg. 2006;32:1206-13.
9. Hollick EJ, Spalton DJ, Meacock WR. The effect of capsulorhexis size on posterior capsular opacification: One-year results of a randomized prospective trial. Am J Ophthalmol. 1999;128: 271-9.
10. Nagy ZZ, Kránitz K, Takacs AI, Miháltz K, Kovács I, Knorz MC. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. J Refract Surg. 2011 Aug;27(8):564-9.

11. Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. J Refract Surg. 2009 Dec;25(12):1053-60.
12. Kránitz K, Takacs A, Miháltz K, Kovács I, Knorz MC, Nagy ZZ. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorrhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. J Refract Surg. 2011 Aug;27(8):558-63.
13. Murano N, Ishizaki M, Sato S, Fukuda Y, Takahashi H. Corneal endothelial cell damage by free radicals associated with ultrasound oscillation. Arch Ophthalmol. 2008;126:816-21.
14. Fishkind W, Uy H, Tackman R, Kuri J. Boston, Massachusetts: 2010. Apr 9-14, Alternative fragmentation patterns in femtosecond laser cataract surgery [abstract]. In: Program and Abstracts of American Society of Cataract and Refractive Surgeons Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery.