Special Article/บทความพิเศษ

การผ่าตัดต้อกระจกด้วยวิธี Phacoemulsification

ปานเนตร ปางพุฒิพงศ์, พ.บ.

1. Surgical steps

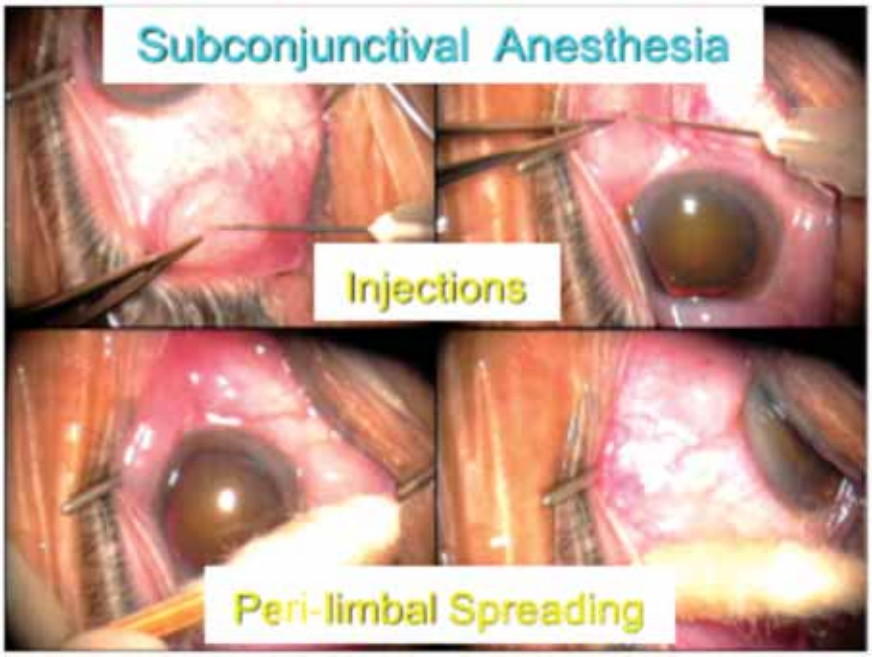
1.1. Anesthesia

1.1.1. Topical ใช้ยาชาหยอด เช่น Tetracaine HCl นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ร่วมกับ clear corneal incision

1.1.2. Subconjunctival / Subtenon ให้ผลการระงับ ความเจ็บปวดดี และอยู่ได้นานกว่า topical อาจพิจารณาใช้ในรายที่อาจจะทำยาก

1.1.3. Peribulbar / Retrobulbar ให้ผลการระงับความเจ็บปวดดี และอยู่ได้นานกว่า topical และมีผล akinesia ด้วย อาจพิจารณาใช้ในรายที่อาจจะต้อง convert เป็น ECCE หรือในรายที่ผู้ป่วยบีบตาหรือกรอกตามาก

1.1.4. Intracamera ร่วมกับ Topical ได้ผลการระงับความเจ็บปวดไม่ต่างจาก Topical อย่างเดียว



โรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์ (วัดไร่ขิง)

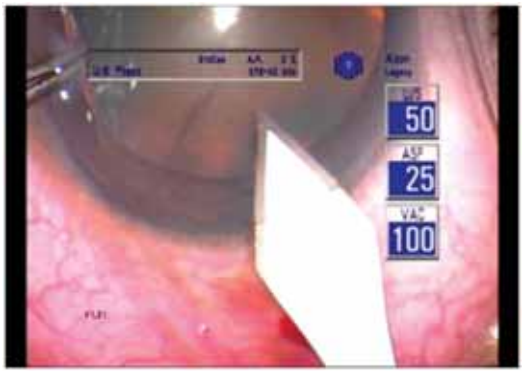
บทความนี้มีรูปสีท้ายเล่ม

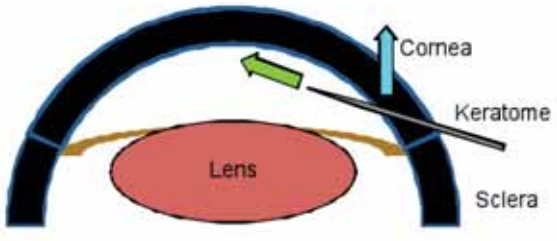
1.2. Incision

1.2.1. Scleral Tunnel Incision ใช้มากในอดีต มีข้อดีคือความแข็งแรงของแผลดี มักจะลงที่ตำแหน่ง superior 12 นาฬิกา แต่อาจจะอยู่ที่แนวอื่นก็ได้ และหากเป็น temporal อาจมีเลือดออกจาก anterior ciliary artery จนทำให้เกิด hyphema หลังผ่าตัด วิธีการลงแผลเริ่มจากการลง peritomy ที่ conjunctiva 3 มม. จาก limbus ลง groove ที่ sclera ห่างจาก limbus ประมาณ 2 มม. ใช้ crescent knife ทำ tunnel เข้าสู่ clear cornea ประมาณ 1 มม. ดังนั้นความยาว tunnel จะประมาณ 3 มม. ใช้ keratome แทงเข้าสู่ anterior chamber

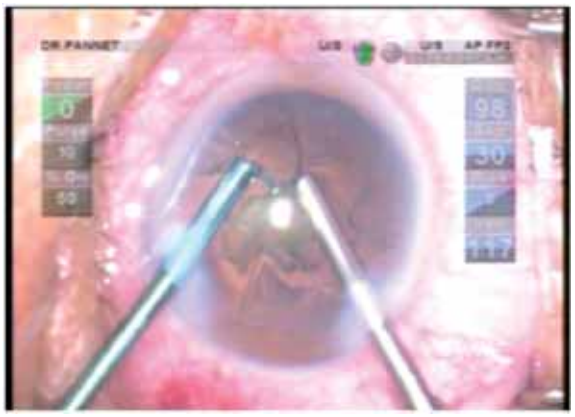
1.2.2. Clear Corneal Incision นิยมใช้แพร่หลายในปัจจุบัน มักจะลงในแนว temporal เพราะหากลง superior อาจเกิด surgical induced astigmatism ได้มากเพราะ lid แต่ละคนตึงไม่เท่ากันทำให้กด cornea ให้ flat ใน axis ของแผลไม่เท่ากัน อาจจะลง groove ที่ใกล้ limbus ก่อนให้แผลเป็น 2 หรือ 3 steps เชื่อว่าจะ seal ดีกว่า แต่ก็อาจจะเกิด surgical induced astigmatism มากกว่า ปัจจุบันจักษุแพทย์นิยมทำเป็น single step incision (stab incision) ด้วย keratome ขนาด 1.8-3.2 มม. โดยให้ keratome ทำมุมประมาณ 15 องศากับ sclera ขณะแทงเข้า cornea จะได้ tunnel length ประมาณ 1.5-1.75 มม. ขนาดของแผลที่แนะนำคือ 2.75 มม. ในเลนส์แข็งเพื่อลดโอกาสเกิด wound burn ขนาด 2.4 มม. ใช้ในเลนส์ปานกลางและเลนส์ นิ่ม แผลขนาด 2.75 และ 2.4 มม. สามารถใช้ Utrata Capsulorhexis forceps ธรรมดาได้ แผลขนาด 2.2 มม. ต้องใช้ capsulorhexis พิเศษ พบว่าแผลขนาดเล็กมีโอกาสเกิด burn มากกว่า และการถูก stretch ด้วยเครื่องมือหรือเลนส์แก้วตาเทียมจะทำให้แผลเสียรูปและ seal ไม่ดี

1.2.3. Side Port Incision ทั่วไปใช้มีด 15 องศา แต่ผู้เขียนชอบใช้เข็มเบอร์ 21 เพราะหาง่าย ราคาถูก ใช้ได้ดี โดยใช้เข็มแทงผ่าน cornea โดยออกแรงใน 2 ทิศหลักพร้อมกันคือดันไปข้างหน้าและยกขึ้นเพื่อให้ cornea ไม่ถูกกดให้หวำลงไปและตาไม่ถูกดันไปฝั่งตรงข้าม ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมืออื่นมาช่วยทำให้ตาอยู่นิ่ง แต่ผู้ที่ถนัดจะใช้ forceps หรือเครื่องมืออื่น fix ตาก็ได้ ผู้เขียนนิยมทำ side port ก่อน main incision เพื่อฉีด viscoelastic ทาง side port ก่อนลง main incision แผลทั้ง 2 จะห่างกันประมาณ 2-3 clock hour



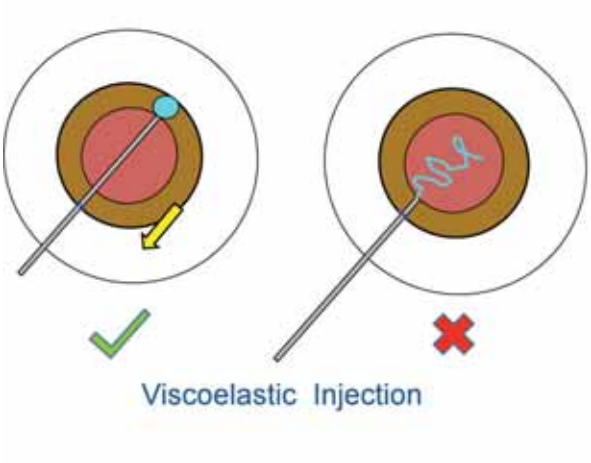


1.2.4. Bimanual / Biaxial Phaco เป็นการผ่าตัดที่แยก irrigation port ออกจาก phaco handpiece โดยใช้แผลขนาดประมาณ 1.5 มม. 2 แผล แผลหนึ่งสำหรับ irrigating chopper อีกแผลหนึ่งสำหรับ phaco needle แผลขนาดเล็กจะทำให้เกิด surgical induced astigmatism น้อยกว่า แต่แผลที่เล็กทำให้ต้องใช้ capsulorhexis forceps ชนิดพิเศษ และเลนส์แก้วตาทียมชนิดพิเศษซึ่งยังไม่แพร่หลาย หากใช้เลนส์ที่มีอยู่ในท้องตลาดในปัจจุบันจำเป็นต้องขยายแผลเป็น 1.8 - 2.2 มม. ขึ้นกับเลนส์และ injector

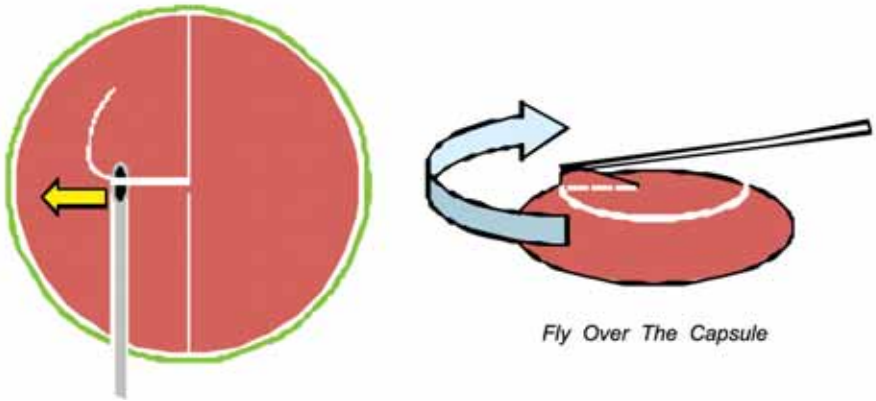


Bimanual / Biaxial Phaco

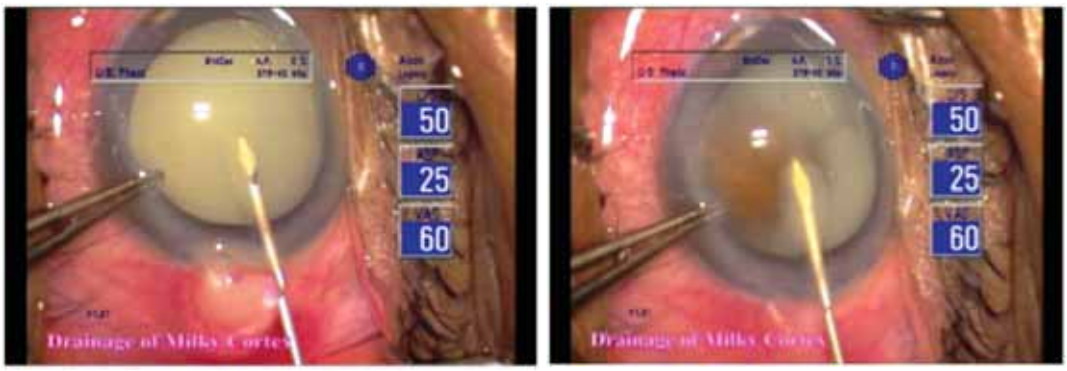
1.3. Viscoelastic Injection มักฉีดผ่าน side port ให้ปลาย canula อยู่บน iris ฝั่งตรงข้าม เพื่อไล่ aqueous แทนที่ด้วย viscoelastic จนเต็ม anterior chamber การที่มี viscoelastic เต็ม AC ตาจะไม่นิ่มเกินไป ทำให้ลง main incision ได้ดี



1.4. Capsulorhexis จะทำด้วยเข็ม cystotome หรือ capsulorhexis forceps ก็ได้ ผู้เขียนใช้เข็มเบอร์ 27 ปลายตรง เริ่มกรีด anterior capsule จากศูนย์กลางของเลนส์ ไปหาขอบม่านตา ให้เกิดเป็น flap ก่อน จากนั้นใช้ forceps ฉีกต่อให้ได้ขนาดประมาณ 5 มม. ระหว่างการฉีก capsule จำเป็นต้องปล่อย flap และจับใหม่ให้ใกล้ตำแหน่งที่กำลังฉีก เพื่อให้ควบคุมทิศทางของการฉีกได้ดี หากทิศทางมุ่งออก periphery หรือกว้างเกินไปให้ดึงกลับในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง มีบางกรณีที่เราต้องปรับเทคนิคให้เหมาะสม อาทิเช่น เลนส์แข็งหรือ loose zonule ควรทำ rhexis ขนาดใหญ่ อาจจะมากกว่า 6 มม. เพื่อให้ลดโอกาสที่จะเกิด stress ต่อ zonule ขณะดูด nuclear segment เพราะ segment อาจไปชนขอบ rhexis สำหรับเลนส์นิ่มมากอาจจะต้องใช้เทคนิคที่มีการ subluxate nucleus บางส่วนออกมานอก capsular bag ดังนั้น rhexsis ควรโตกว่าหรือเท่ากับ 5 มม. ซึ่งจะทำให้การหมุน nucleus ทำได้ง่ายขึ้นด้วย



การทำ rhexis ใน mature cataract เป็นความท้าทายอย่างยิ่งเนื่องจากการมอง capsule ยาก ทำให้ต้องใช้กำลังขยายและความสว่างของแสงมากขึ้นหรือย้อม capsule ด้วย trypan blue อาจมี fibrosis ที่เหนียวจนต้องตัดด้วย Vannas scissors อาจมี liquefied lens material ฟุ้งและ pressure ในเลนส์ ทำให้รอยฉีกวิ่งออกไป equator กรณีมี milky material หรือ pressure ต้อง drain ในขณะที่ใช้เข็มเบอร์ 27 เริ่มเจาะที่ตรงกลางเลนส์และรอดูว่ามี milky material ออกมาหรือไม่ ถ้ามีเราจะคาเข็มไว้ตรงตำแหน่งที่เจาะ และกด posterior lip ของแผลที่ cornea ให้ milky material leak ออกไปจนหมด แล้วฉีด viscoelastic เติมก่อนฉีก rhexis ต่อ

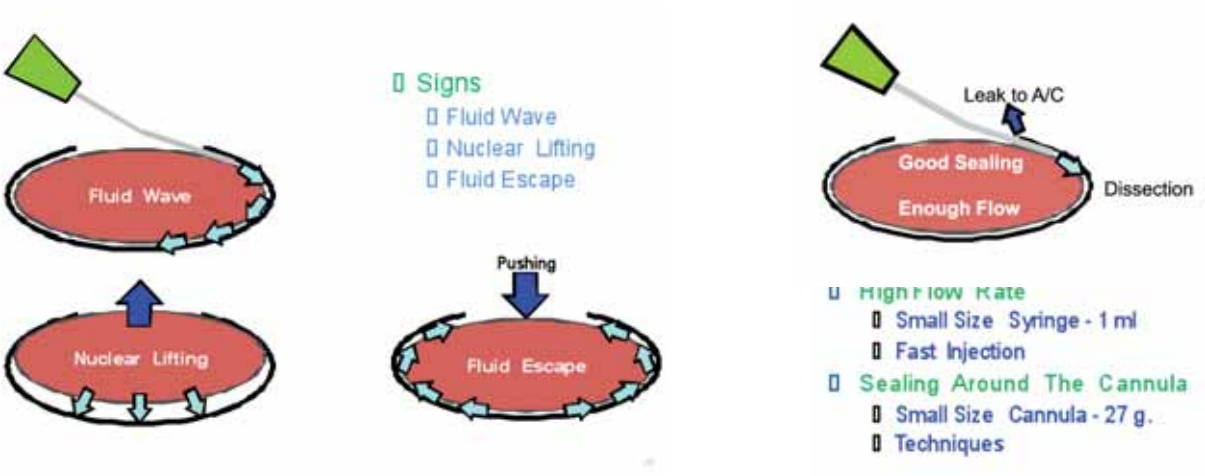


การ drain liquefied cortexด้วยเข็ม 27 g.

1.5. Hydrodissection เป็นการฉีด BSS ใต้ขอบ capsulorhexis เพื่อแยก capsule ออกจาก cortex หรือ epinucleus ทำให้ง่ายต่อการหมุน nucleus BSS ที่ฉีดจะไปแยก capsule บริเวณที่ฉีดและต่อไปถึงส่วน posterior capsule เห็นเป็น fluid wave sign ผ่านจากฝั่งที่ฉีดไปฝั่งตรงข้าม จากนั้น BSS จะเริ่มสะสมอยู่หลัง nucleus จนดัน nucleus ลอยขึ้น เรียกว่า nuclear lifting sign จากนั้นเราจะกดตรงกลางของ nucleus ลงเบาๆ เพื่อให้ BSS ที่สะสมอยู่หลัง nucleus แทรกกลับมาด้านหน้าเพื่อแยก capsule จาก equator ถึงขอบ rhexis โดยรอบ จะเห็นเป็น fluid escape sign แสดงว่า hydrodissection เกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ เราอาจจะฉีดและกดสลับกันไป 2-3 ตำแหน่งเพื่อให้ nucleus หมุนง่าย

ในการฉีด BSS นั้น ผู้เขียนใช้ insulin syringe 1 ml ร่วมกับ canula เบอร์ 27 จะได้อัตราไหลของ BSS สูง ทำให้การ hydrodissection มีประสิทธิผลดี มีบางกรณีที่การทำ hydrodissection มีข้อควรระวังหรือข้อห้าม ได้แก่ กรณี dense cataract ไม่เห็น red reflex จะสังเกต sign ต่างๆ เช่น fluid wave ยาก อาจทำให้ฉีดมากไปเกิด BSS สะสมหลัง nucleus จน pressure สูงและ posterior capsule rupture ที่เรียกว่า capsular block syndrome เราควรจะฉีดสลับกับ

กดทีละน้อยเพื่อหลีกเลี่ยง hydro rupture สำหรับกรณี posterior polar cataract เราจะไม่ทำ hydrodissection เพราะอาจมี defect ที่ posterior capsule อยู่แล้ว ทำให้เสี่ยงต่อ hydro rupture เราจะทำ hydro delineate แทน โดยฉีด BSS เข้า epinucleus เห็นเป็น golden ring sign epinuclear shell จะช่วยป้องกัน capsular bag ขณะเรา จัดการกับ nucleus สำหรับกรณีของ white mature cataract เราไม่จำเป็นต้องทำ hydrodissection เพราะการ liquefy ของ lens material ทำให้ nucleus loose อยู่แล้ว



1.6 Phacoemulsification การดูดสลาย nucleus มีหลายเทคนิคขึ้นกับลักษณะของ nucleus และความถนัดของแต่ละคน เทคนิคในปัจจุบันส่วนมากนิยมแบ่ง nucleus เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อให้ง่ายและปลอดภัยในการดูดสลายออก ยกเว้น soft nucleus ไม่สามารถแบ่งได้จึงต้องใช้เทคนิคเฉพาะ ข้อควรคำนึงในการสลาย nucleus คือพลังงานที่ใช้อาจจะทำให้เกิดความร้อนเป็นอัตรายต่อแผลและเนื้อเยื่อภายในลูกตา คลื่นอัลตร้าซาวด์เองก็อาจจะมีผลต่อ endothelial cell เราจึงมักจะดูดสลาย nucleus ในบริเวณ central safe zone ซึ่งจะอยู่ห่างจาก endothelium, iris และ posterior capsule ที่สุด

1.7. Cortex aspiration การดูด cortex ตำแหน่งแรกจะดูดยากที่สุดเพราะ cortical fiber จะยังติดแน่นและมีแรงดึงจาก fiber ข้างเคียงต้านการดูด เราจึงมักดูดในตำแหน่งที่เราดึงได้ง่ายที่สุดคือฝั่งตรงข้าม แล้วค่อยๆ ดูดไล่มาทั้งฝั่งซ้ายและขวาจนถึงบริเวณ sub incision เป็นตำแหน่งสุดท้าย หลักการดูดคือการหัน port เข้าไปหา cortical fibers ที่ขอบ rhexis แล้วดูด occlude cortex ให้เต็ม port รอ build vac ให้พอสำหรับการดึง แล้วดึงเข้าหาศูนย์กลางให้ fiber peel ออกมา เมื่อถึงกลาง chamber จึงเพิ่ม vac เพื่อดูดออก สำหรับ sub incisional cortex จะดูดยาก ให้หมุน port คว่ำลงเข้าหา cortex ที่ขอบ rhexis ดูด fiber ให้เต็ม port แล้วหมุน port ขึ้นบน ดูว่าไม่ติด capsule จึงดึงเข้าหา center แล้ว remove

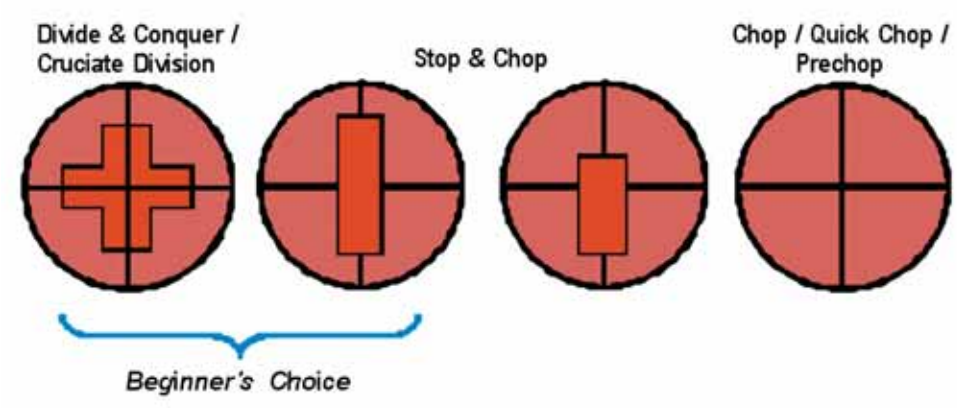
1.8. Capsule polishing การขัด posterior capsule ใช้ vac ต่ำๆ ใน cap vac mode หรือใน I/A ปกติควบคุมด้วย foot switch เอง ปัจจุบันนิยมขัดแต่ posterior capsule เพราะ fibrotic ring ของ anterior capsule จะช่วยดัน IOL ให้ชิด posterior capsule ทำให้ PCO rate ลดลง

1.9. IOL insertion เลนส์แก้วตาเทียมชนิด PMMA 5-5.5 มม. ต้องขยายแผลให้พอเหมาะ สำหรับเลนส์พับปัจจุบันนิยมใช้ injector โดยมีขนาดแผลขึ้นกับชนิดเลนส์และ injector

1.10. Wound closure แผล self sealing ส่วน internal lip จะทำหน้าที่เป็น leaf valve ซึ่งจะปิดด้วยความดันภายใน AC ดังนั้นต้อง form AC ให้ได้ IOP พอเหมาะ ในกรณีที่ seal ไม่ดีอาจจะ form AC ด้วย air หรือทำ stromal hydration โดยฉีด BSS ผ่าน cannula เบอร์ 27 ไปที่ด้านในแผล ซ้าย ขวา และ external lip แผล clear corneal incision ขนาดใหญ่กว่า 4 มม. มักจะมี wound strength ไม่ดี อาจจะต้องเย็บแผล

2. Nuclear Disassembly Techniques

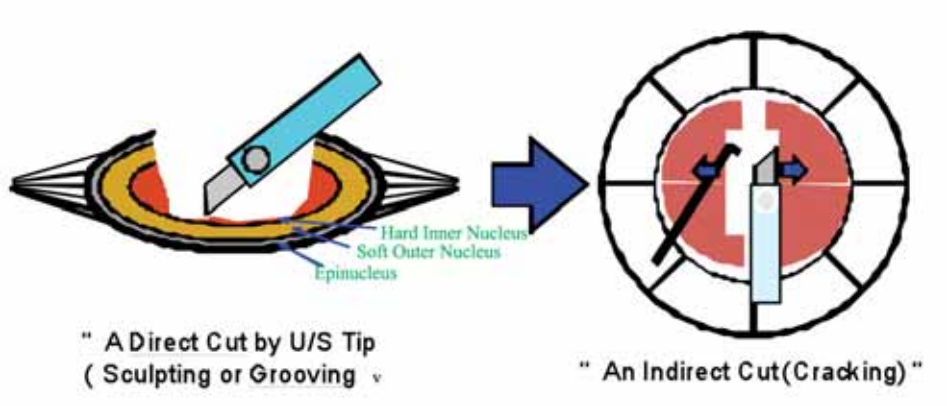
เทคนิคการผ่าตัดในปัจจุบันมักมีการแบ่ง nucleus เป็นชิ้นเล็กเพื่อให้ง่ายและปลอดภัยในการดูดออก สามารถแบ่งได้หลายวิธีขึ้นกับความถนัดของแต่ละคน แต่ละวิธีจะมีจุดเด่น-ด้อยต่างกันบ้าง **ถ้าเข้าใจหลักการก็สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะเลนส์แต่ละประเภทได้**



Spectrum of Nuclear Disassembly Techniques

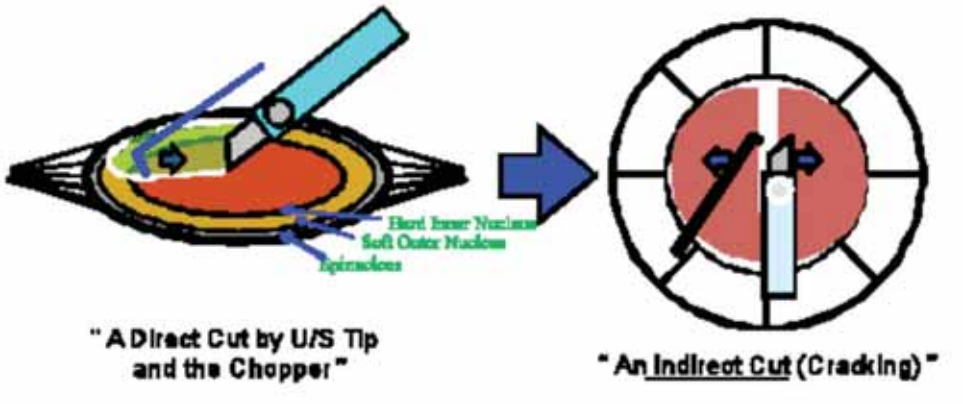
ก่อนรู้จักเทคนิคต่างๆ ขอกล่าวถึงหลักการกว้างๆ ของการแยก nucleus กล่าวคือ nuclear mass จะถูกแยกได้โดย 2 ลักษณะคือ direct cut และ indirect cut ขณะที่เราทำ groove โดยใช้หัว phaco ทำการ sculpt nucleus หรือขณะที่กำลัง chop เราฝังหัว phaco เข้าไปใน nucleus และการใช้ chopper หั่นแบ่ง nucleus เหล่านี้เป็น direct cut เพราะ nuclear fiber ถูกตัดแยกโดยตรงด้วยหัว phaco หรือ chopper ส่วน indirect cut เกิดขณะเราใช้หัว phaco และ chopper เพื่อออกแรงแยกในแนวนอนในทิศตรงข้ามกันเพื่อให้เกิดการ crack ของ nucleus โดยไม่ได้เป็นการเฉือนหรือหั่นโดยตรงแต่เป็นการแยกโดยอ้อม สรุปคือ direct cut ประกอบด้วย grooving และ chopping ส่วน indirect cut คือการ crack เทคนิคการแยก nucleus จะประกอบไปด้วยส่วนของ direct cut และ indirect cut ทั้งสิ้น มากบ้างน้อยบ้าง ดังนี้

2.1. Cruciate Division เป็นการทำ groove 2 groove ตัดกันเป็นกากบาท แล้วทำการ crack มุมปลาย groove ทีละมุมจนได้ 4 quadrants (segments) เทคนิคนี้ส่วนที่เป็น direct cut (groove) เป็นประมาณ 50-60% ของ cross section ของ nucleus ส่วน indirect cut (crack) อีกประมาณ 40-50% ข้อดีของการมีส่วน direct cut มาก คือ การออกแรงช่วง indirect cut จะไม่ต้องออกแรงมาก สามารถแยก nucleus ที่แข็งได้ดี ถือเป็นการทำลาย strength ของ nucleus ส่วนใหญ่ในขณะที่ nucleus อยู่ในตำแหน่งที่มีเสถียรภาพและปลอดภัยที่สุด อีกทั้งการมี groove ลึกจะทำให้การแยกสมบูรณ์กว่า ไม่ค่อยเป็น jigsaw interlocking ข้อเสียคือเสียเวลาในการทำ groove มาก



Cruciate Division / Divide and Conquer

2.2. Phaco Chop เทคนิคนี้เริ่มด้วยการใช้หัว phaco ฝังที่ผิวบนและมุ่งสู่ศูนย์กลางของ nucleus ให้ลึกที่สุด อย่างน้อย 50% ของความหนาของ central nucleus แล้วใช้ chopper หั่นจากฝั่งตรงข้ามหัว phaco ลากให้ลึกที่สุด มุ่งเข้าสู่หัว phaco แล้วออกแรง crack ให้ nucleus แยกออกจากกันเป็น 2 ซีก แล้วหมุน nucleus สลับกับการ chop ไปจนได้ 4-6 segments แล้วดูดออก หรือจะ chop ไปดูดไปก็ได้

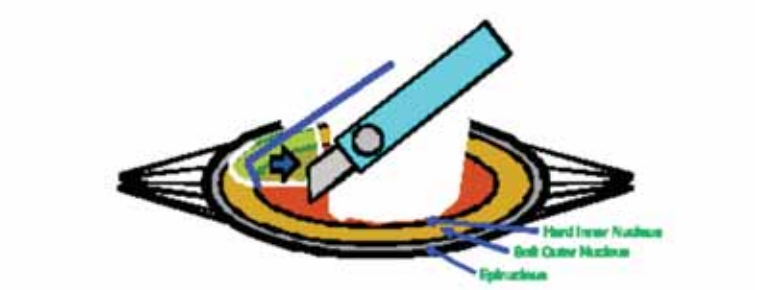


Phaco Chop

Phaco chop เป็นเทคนิคการแยก nucleus ที่ไม่มีการทำ groove เลย ต่างจาก cruciate division ที่ไม่มีการ chop เลย 2 เทคนิคนี้อยู่กันคนละปลายของ spectrum ของ nuclear disassembly technique

ถ้าพิจารณาดูจะเห็นว่าช่วง direct cut ของเทคนิค phaco chop คือตอนฝังหัว phaco และตอนใช้ chopper หั่น nucleus ซึ่งรวมเป็นประมาณ 20-25% ของ cross section ของ nucleus ส่วนที่เหลืออีก 75-80% จะเป็น indirect cut ตอนออกแรง crack ซึ่งเท่ากับว่าต้องใช้แรง crack มากกว่าการ crack groove ถ้า nucleus แข็ง อาจเกิดการหมุนบิดเพราะการที่ต้องใช้แรงมากและการแยกมักทำได้ไม่สมบูรณ์ทำให้การดูด segment ออกลำบาก การหมุนบิดและการแยกที่ไม่สมบูรณ์ทำให้มีโอกาสเกิด zonular stress ได้ ส่วนข้อดีของ phaco chop คือไม่เสียเวลาทำ groove ดังนั้นถ้าเลือกใช้ในรายที่ไม่แข็งหรือนิ่มจนเกินไปก็จะทำให้สามารถลดเวลาในการผ่าตัดลงได้

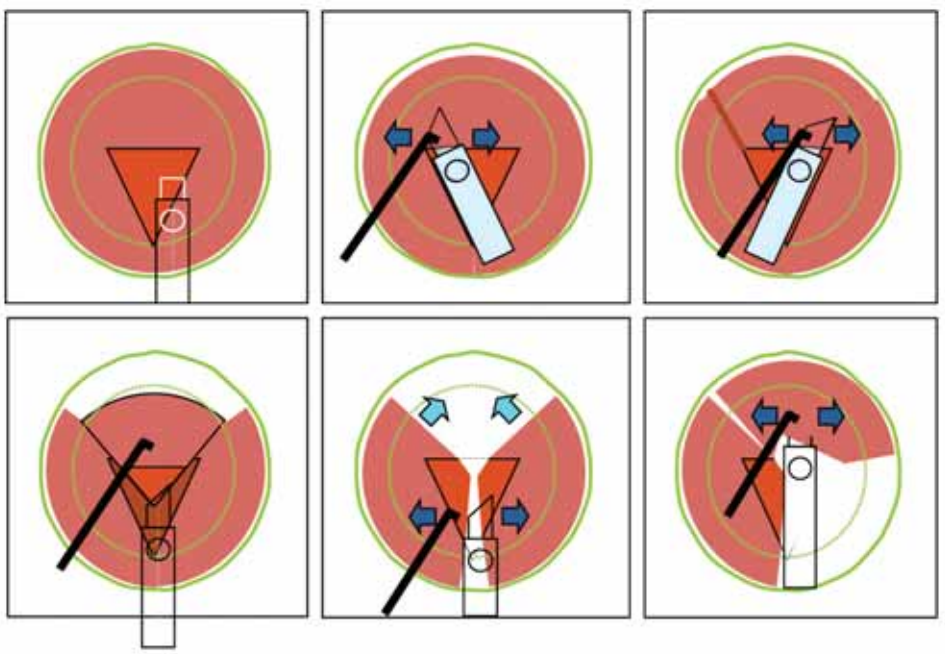
2.3. Stop and Chop เป็นเทคนิคที่มีการผสมผสานระหว่างการทำ groove และการ chop เป็นการนำข้อดีมาเสริมกันและลดข้อด้อยของแต่ละเทคนิค เริ่มจากการทำ groove ยาวประมาณ 2/3 แล้ว chop ต่อในส่วน 1/3 ที่ distal end ของ groove แล้ว crack ให้สมบูรณ์ตลอดความยาว จากนั้นหมุน nucleus เพื่อ chop ให้ได้ 4-6 segments



Stop and Chop

ถ้าพิจารณาดูจะเห็นว่าช่วง direct cut ของเทคนิค stop chop คือตอนทำ groove บวกกับตอนฝังหัว phaco และตอนใช้ chopper หั่น nucleus ซึ่งรวมเป็นประมาณ 40-50% ของ cross section ของ nucleus ส่วนที่เหลืออีก 50-60% จะเป็น indirect cut เทคนิคนี้ใช้ใน nucleus ที่ค่อนข้างแข็งได้ดี

2.4. Triangular Cracking เป็นรูปแบบหนึ่งของ Stop and Chop แต่ groove จะมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีจุดยอดอยู่ที่ main incision ส่วนฐานอยู่ประมาณเส้นผ่าศูนย์กลาง ดูเป็นสามเหลี่ยมหัวคว่ำถ้ามองในกล้องผ่าตัด เริ่มโดยการทำ groove สามเหลี่ยม แล้ว chop ตรงมุมที่ฐานของสามเหลี่ยมทั้งซ้ายและขวา หลังจาก chop 2 ตำแหน่งแล้วจะได้ segment แรกอยู่ตรงฐานของสามเหลี่ยมสามารถดึงมาดูดออกได้ง่ายเพราะ groove สามเหลี่ยมเป็นที่ว่างรองรับการดึง segment แรกมาสู่ central safe zone หลังจากดูด segment แรกหมดแล้วเราจะออกแรง crack ตรงจุดยอดของสามเหลี่ยม จะเห็นการแยกพร้อมกับการที่ส่วนซ้ายหรือขวาถูกดันให้หมุนไปหาช่องว่างที่เกิดจากการดูด segment แรกออกไป จากนั้นเรา chop ให้ได้ segment เล็กลง และดูดออกจนหมด

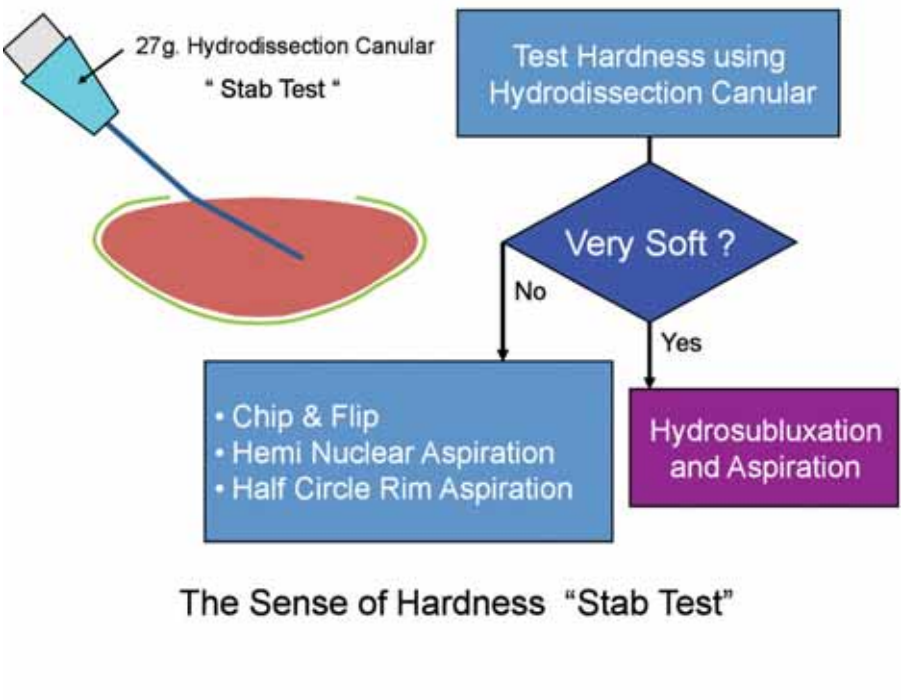


Triangular Cracking Technique

ข้อดีของเทคนิคนี้คือไม่ต้องอาศัยการหมุน nucleus มากนัก สามารถทำได้ง่ายแม้การทำ hydrodissection ไม่สมบูรณ์ หรือแม้แต่ไม่ได้ทำ hydrodissection เลย จะเห็นว่าเราสามารถดูด segment แรกออกได้ในขณะที่ยังไม่ได้หมุน nucleus เลย หลังจากนั้นการเกิด auto hydrodissection ร่วมกับช่องว่างใน capsular bag ทำให้ nucleus loose และถูกดันหมุนไปพร้อมๆกับการออกแรง crack ตรง apex วิธีนี้จึงอาจเรียกว่าเป็น minimal hydrodissection หรือ no hydrodissection phaco และจะเห็นประโยชน์ของเทคนิคนี้มากใน posterior polar cataract

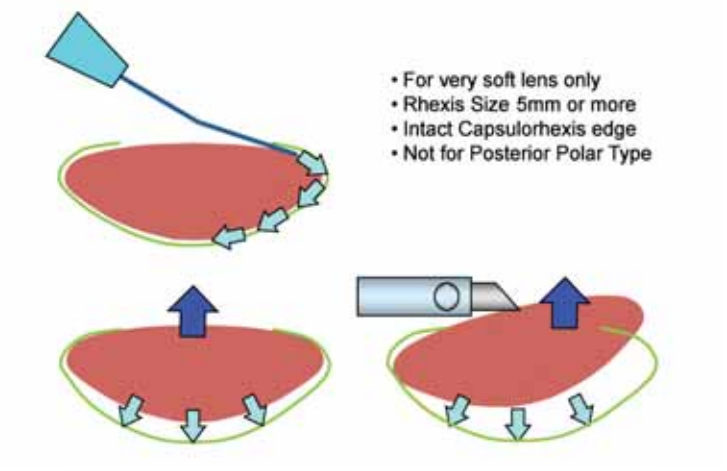
3. Soft Nucleus

ปัญหาของ soft nucleus คือการที่ไม่สามารถ crack หรือ chop ได้ อีกทั้งการหมุนก็ทำได้ลำบาก เทคนิคสำหรับ soft nucleus จึงต้องไม่พึ่งพาการ crack หรือการหมุนมากนัก และที่สำคัญคือการทำ capsulorhexis ควรให้ได้ขนาดอย่างน้อย 5 มม. เพื่อจะได้หมุน nucleus ง่ายขึ้นและเผื่อเลือกใช้เทคนิคที่ต้อง subluxate nucleus ออกมานอก bag ก่อนที่จะเลือกว่าจะใช้เทคนิคใดควรจะทดสอบความแข็งก่อนโดยทำ Stab test กล่าวคือก่อนจะทำ hydrodissection เราใช้ cannula ที่จะทำ hydrodissection แทงเข้า nucleus มุ่งลงลึกสู่ศูนย์กลางของ nucleus และสังเกตแรงต้านและการขยับของ nucleus หากแทงเข้าไปได้โดย nucleus ไม่เคลื่อนไหวหรือเคลื่อนไหวน้อยแสดงว่าเนื้อนิ่มมาก



The Sense of Hardness "Stab Test"

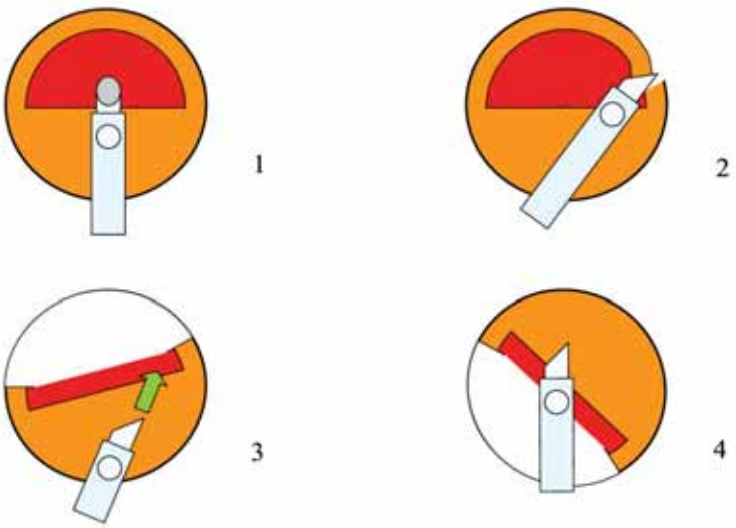
3.1. Hydrosubluxation and Aspiration ใช้เมื่อ stab test พบว่า nucleus นิ่มมาก เราจะ subluxate nucleus ออกมานอก bag โดยการฉีด hydrodissection มากๆ ให้ BSS ที่สะสมใต้ nucleus ดัน nucleus ออกมาจะทำให้ดูดออกและหมุนได้ง่าย วิธีนี้ต้องทำ capsulorhexis ขนาดไม่ต่ำกว่า 5 มม. เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด hydro rupture ของ posterior capsule และไม่ควรใช้ใน posterior polar cataract



Hydrosubluxation and Aspiration Technique

3.2. Chip and Flip เริ่มต้นด้วยการทำ sculpting เอาส่วน nucleus ตรงกลางออกเกิดเป็น bowl ตรงกลาง จากนั้นใช้หัว phaco ดันที่ floor ให้ epinucleus flip ผ่าน equator ของ bag แล้วดูดส่วนที่ flip วิธีนี้ถ้า nucleus ไม่ soft จริงหรือยังเหลือ floor หนาอยู่ เวลาออกแรงดันที่ floor ก็จะไม่ flip และอาจเกิด zonular stress

3.3. Half Bowl Aspiration เริ่มต้นด้วยการ sculpting nucleus ส่วนไกล incision เป็นรูปครึ่งวงกลม แล้วดูดขอบของ bowl ส่วนโค้งจนหมด เกิดเป็นที่ว่าง จากนั้นใช้หัว phaco ดัน nucleus ส่วนใกล้ incision ลงไปหาช่องว่างพร้อมกับหมุนไปด้วย ทำการ sculpt ส่วนที่เหลือและดูดขอบจนหมด



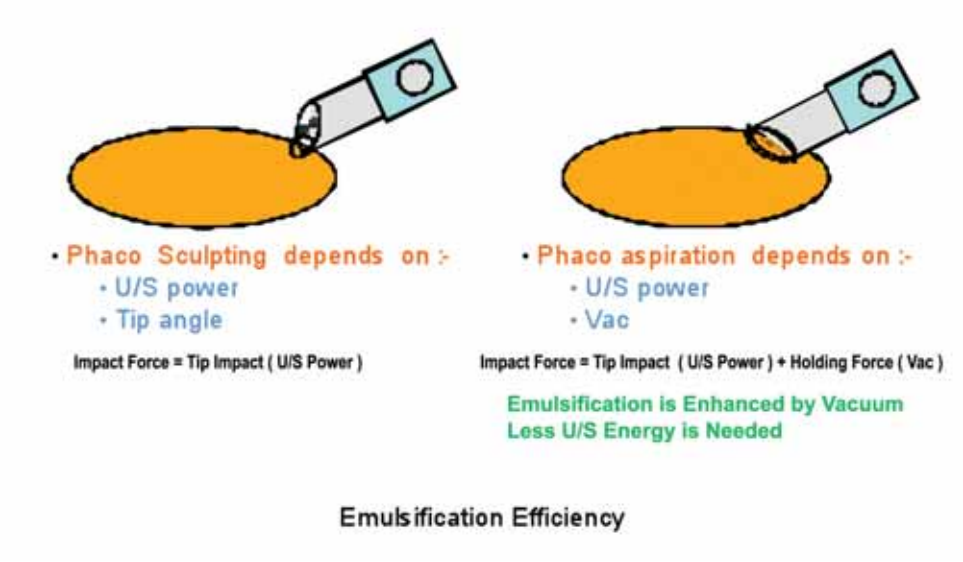
Half Bowl Aspiration

4. Bevel Up / Bevel Down

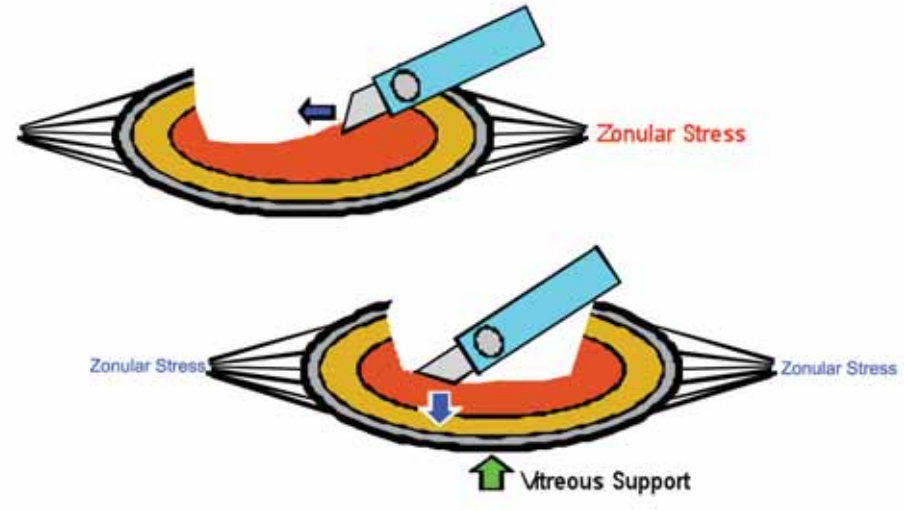
4.1. Bevel Up ในการทำ groove โดยทั่วไปจะหงายหัว phaco ทำ sculpting ประสิทธิภาพในการ emulsify nucleus จะขึ้นกับระดับพลังงาน U/S ที่ใช้ ร่วมกับความแหลมของ phaco tip และยังมีปัจจัยของความหนาในการเฉือน nucleus ในแต่ละเที่ยวร่วมกับความเร็วในการดัน phaco tip ไปข้างหน้าต้องเหมาะกับระดับความแข็ง ในทางปฏิบัติเรามักใช้ tip 30 องศา และพลังงาน U/S 50% เมื่อพบว่า nucleus แข็งเราสามารถช่วยให้การ emulsify ดีขึ้นได้โดยเพิ่มระดับพลังงาน

ร่วมกับการ sculpt บางและดันไปข้างหน้าช้าๆ เพื่อให้เวลา phaco tip ทำการ emulsify nucleus ได้ทัน ไม่เช่นนั้นจะเกิดการดัน nucleus ไปข้างหน้าและ stress ต่อ zonule อาจพิจารณาใช้ tip ที่แหลมมากขึ้น เช่น 45 องศา ใน hard nucleus แต่ข้อเสียคือ bevel area จะกว้างขึ้นทำให้ occlude ยากขึ้น ใช้เวลาในการดูด segment นานขึ้น

4.2. Bevel Down เป็นเทคนิคการทำ groove โดยคว่ำหัว phaco ทำการ emulsify ในทิศทางลงล่างทีละน้อย เปลี่ยนตำแหน่งให้ overlap กันในบริเวณที่ต้องการให้เป็น groove จนได้ความลึกที่เหมาะสม อาจใช้ hook หรือ chopper ช่วย stabilize nucleus ขณะทำ groove ข้อดีของการใช้ bevel down คือการที่มี zonule โดยรอบ 360 องศาและ vitreous ข้างล่างช่วย support แรงที่กระทำลงล่าง ต่างจาก bevel up sculpting ซึ่งมีเพียง zonule บริเวณ main incision ช่วย support นอกจากนี้ bevel down มีลักษณะเป็น phaco aspiration คือมีการ occlude ของ phaco tip ดังนั้น vacuum จะช่วยให้การ emulsify มีประสิทธิภาพกว่า เพราะทำให้ phaco tip กระแทก nucleus ได้แรงกว่า แต่เราใช้ vacuum ต่ำประมาณ 100 mm.Hg. เพื่อไม่ให้เกิดการ engage ของ phaco tip กรณี hard nucleus เราสามารถเพิ่มได้ทั้ง vacuum และ U/S power และเคลื่อนที่ phaco tip ช้าๆ เพื่อให้สามารถ emulsify nucleus ได้ทัน ไม่ดันจนเกิด zonular stress



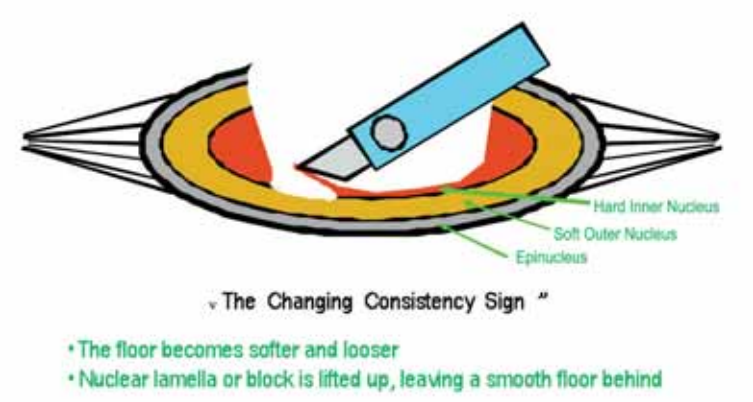
Emulsification Efficiency



Zonular Stress During Bevel Up and Bevel Down Grooving

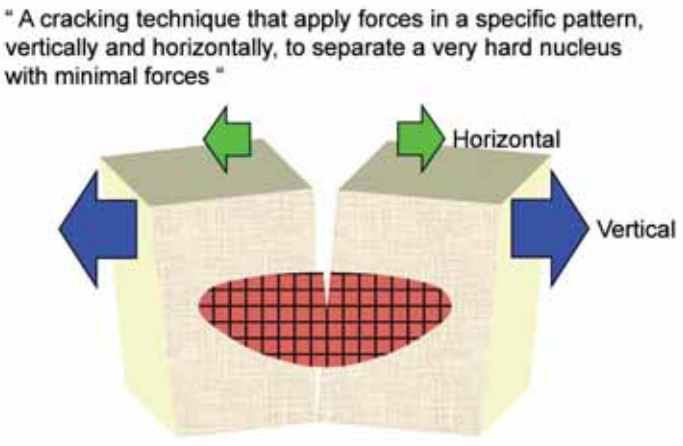
5. Changing Consistency sign

เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อ nucleus ขณะ ทำ groove ลึกถึงชั้นระหว่าง outer nucleus กับ core nucleus (บริเวณ posterior Y-suture) ชั้นนี้ nucleus soft ขึ้นและ lamella ของ nucleus เกาะกันไม่แน่น เราจะสังเกตเห็นการหลุดของ lamella และ floor ข้างล่างเรียบทันที โดยทั่วไปชั้นนี้อยู่ที่ความลึกประมาณ 2/3 ของความหนาของ nucleus แต่ใน hard nucleus อาจลึกถึง 1/4 หรือ 1/5 ได้ การทำ groove ลึกได้ถึงชั้นนี้จะทำให้ crack ง่ายและไม่เป็น jigsaw interlocking

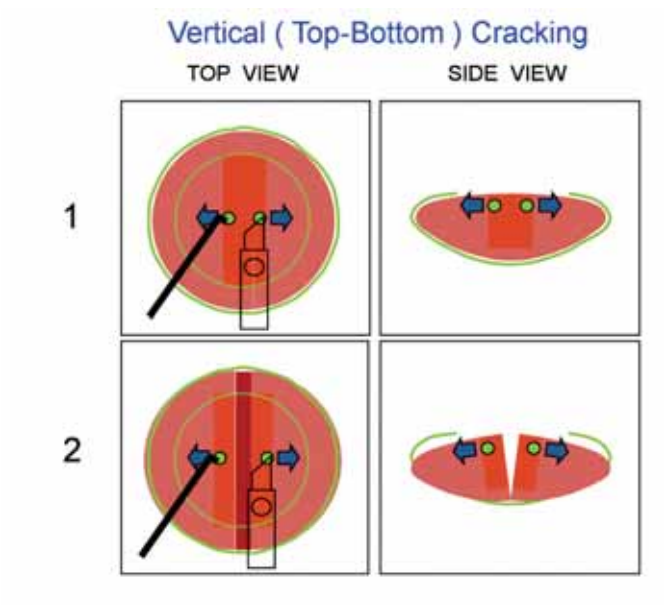


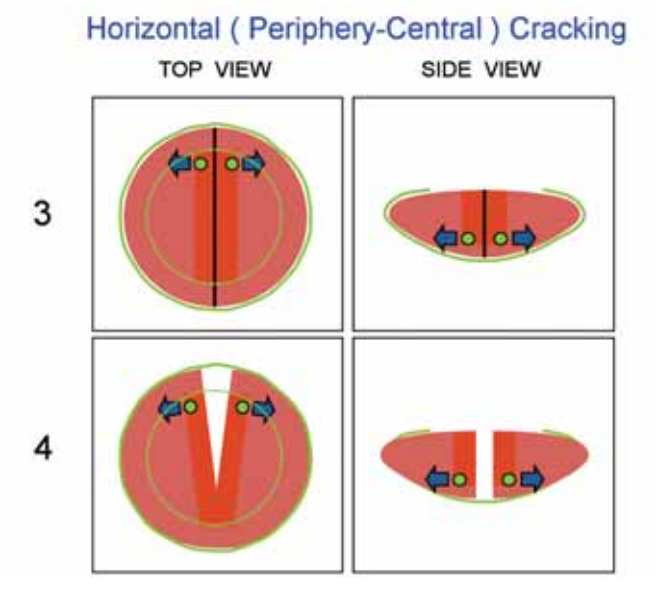
6. 3D cracking

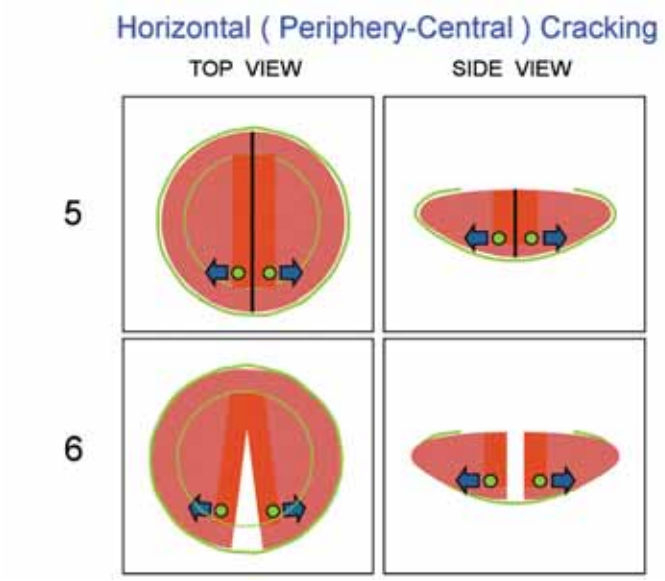
การ crack hard nucleus หลังจากได้ groove ที่กว้าง ยาว และลึกดีแล้ว การออกแรง crack จะนึกเสมือน nucleus เป็นรูปทรง 3 มิติ และแบ่งการ crack เป็น 2 ระนาบ เพื่อให้ crack โดยใช้แรงน้อย ง่ายและสมบูรณ์ ระนาบแรกเป็นการ crack จากบนลงล่าง (top to bottom หรือเรียกว่า vertical cracking โดยการออกแรงที่ขอบบนตรงกลาง nucleus จะแยกจากผิวบนลงไปถึง floor ทีละ fiber โดยที่ floor อาจจะยังไม่แยกและดูเหมือนไปบานพับ ในระนาบที่สองเป็นการ crack จากส่วนขอบมาสู่ศูนย์กลาง (periphery to central) หรือเรียกว่า horizontal cracking โดยการออกแรงที่ floor ในส่วนหน้าสุดของ groove ทำให้ nucleus ส่วน floor แยกจากขอบนอกตรง equator ไล่มาถึงตรงกลาง ทีละ fiber จากนั้นออกแรงที่ floor ในส่วนหลังสุดของ groove ทำให้ nucleus ส่วน floor ที่เหลือแยกจากขอบนอกตรง equator ไล่มาถึงตรงกลางพบกับรอยแยกจากส่วนหน้าทำให้ nucleus แยกเป็น 2 ซีกโดยสมบูรณ์ การใช้แนวคิดของ 3D cracking แยก nucleus ทีละ fiber ทำให้ไม่ต้องออกแรงมาก และสามารถใช้ crack hard nucleus ได้ง่ายขึ้น

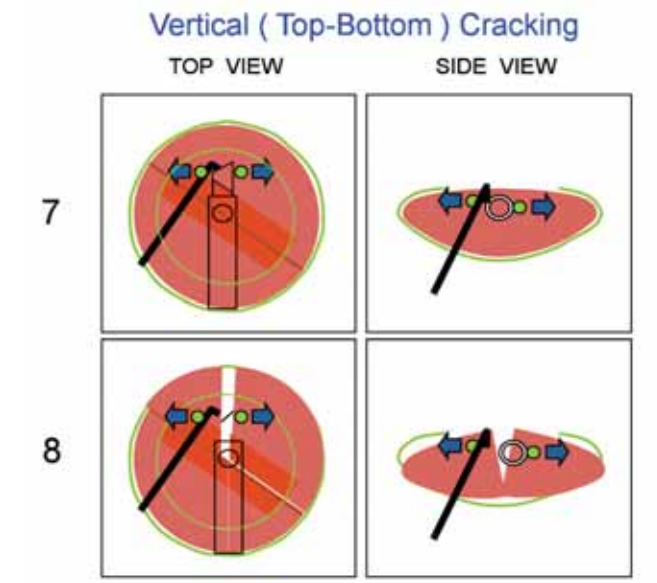


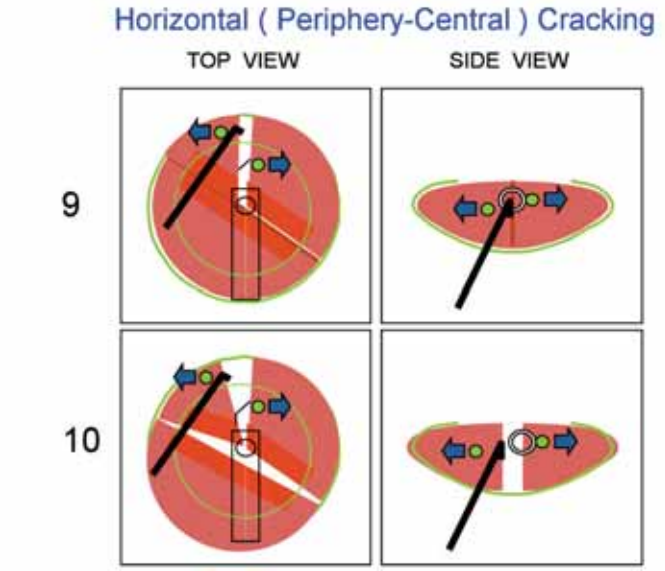
3D Cracking (3D Divide & Chop)


Vertical (Top-Bottom) Cracking
TOP VIEW
SIDE VIEW
1
2


Horizontal (Periphery-Central) Cracking
TOP VIEW
SIDE VIEW
3
4

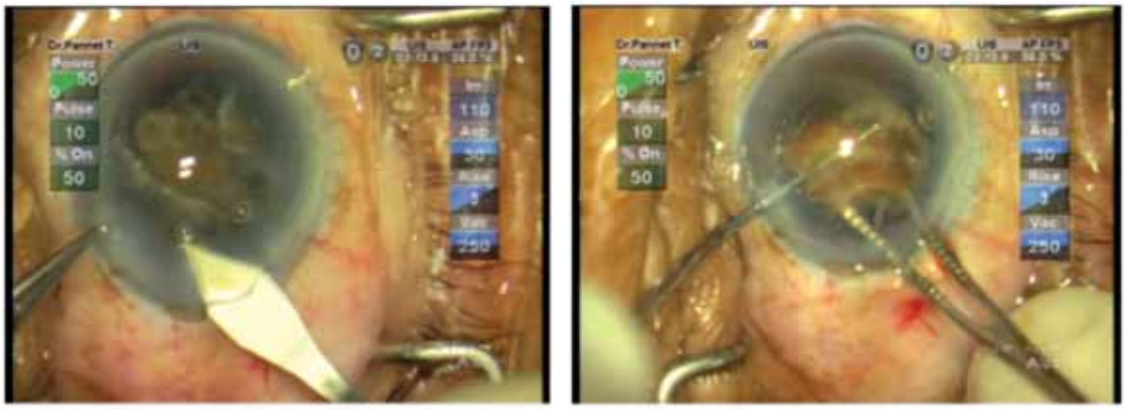

Horizontal (Periphery-Central) Cracking
TOP VIEW
SIDE VIEW
5
6


Vertical (Top-Bottom) Cracking
TOP VIEW
SIDE VIEW
7
8


Horizontal (Periphery-Central) Cracking
TOP VIEW
SIDE VIEW
9
10

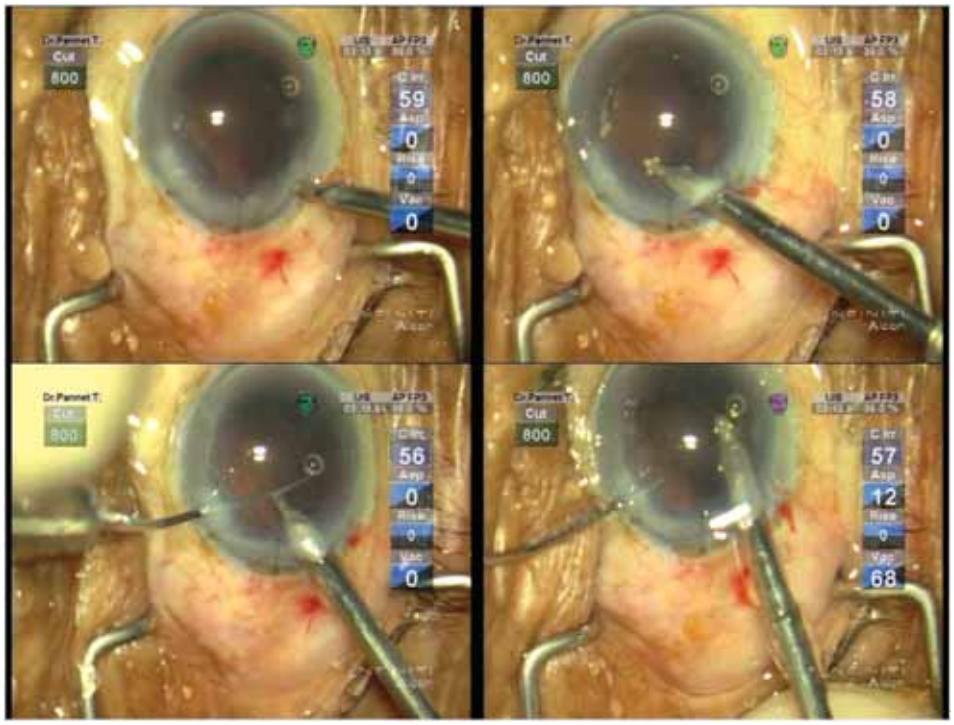
7. Complication Prevention & Management

7.1. Rupture posterior capsule เมื่อเกิด rupture posterior capsule เราจะพยายามให้ขนาด tear ไม่ขยาย ไม่ให้มี vitreous loss และ drop nucleus สิ่งสำคัญคือต้องรู้ให้เร็วว่ามี rupture PC ซึ่งอาจสังเกตได้จาก AC deep ผิดสังเกต หรือดูด fragment ไม่มา หรือ fragment มีท่าทีจะ drop หรือเห็นรอย tear เมื่อพบว่ามี rupture PC ทางที่ดีคือหยุดการ emulsify nucleus ก่อนเอา phaco tip ออกให้ฉีด viscoelastic ทาง side port เพื่อป้องกัน flat AC ซึ่งจะทำให้ tear extend และ เกิด vitreous loss ได้ เศษ nucleus ที่เหลือเอาออกด้วย manual ECCE อาจจะต้องขยายแผล หากเป็นเศษขนาดใหญ่ เศษขนาดครึ่งซีกอาจใช้แผลขนาด 6 มม. จัดการวางตัวตามแนวยาวและใช้ hook 2 ตัว ช่วยดึงออก หรือใช้แรงดันของ BSS จาก anterior chamber maintainer (ACM) ช่วยดันออกมาจนครบทุกชิ้น ทุกขั้นตอนพยายามอย่าให้ flat AC โดยการฉีด viscoelastic เติม หรือใช้ ACM เมื่อเอาเศษ nucleus ออกหมดแล้วตรวจสอบดูว่ามี vitreous ใน AC หรือไม่ โดยดูด้วยตาเปล่าอาจเห็น vitreous strand หรือสังเกตรอย peak ของ tear หรือ iris ถ้าไม่มี vitreous ทำ I/A cortex ใช้เสาน้ำต่ำประมาณ 50-60 ซม. เมื่อดูด cortex หมด ให้ฉีด viscoelastic ทาง side port เพื่อเตรียมใส่ IOL หาก tear ไม่ใหญ่อาจใส่ใน bag ถ้า tear ใหญ่ ใส่ใน sulcus บางรายอาจทำ posterior capsulorhexis เพื่อ convert ให้เป็น round tear ลดโอกาสที่ tear extend ตอนใส่ IOL กรณี rhexis เล็กกว่า IOL และไม่มี weak point อาจ capture IOL optic ไปอยู่หลัง rhexis กรณีนี้ไม่ต้องลด power IOL เพื่อชดเชย vertex distance กรณี capsular support เหลือไม่ถึง 2/3 อาจต้องพิจารณาทำ scleral IOL fixation

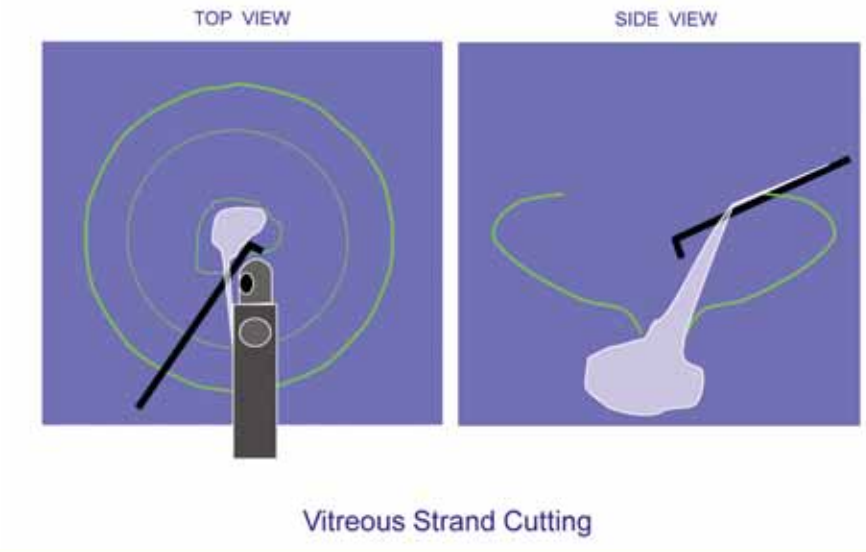


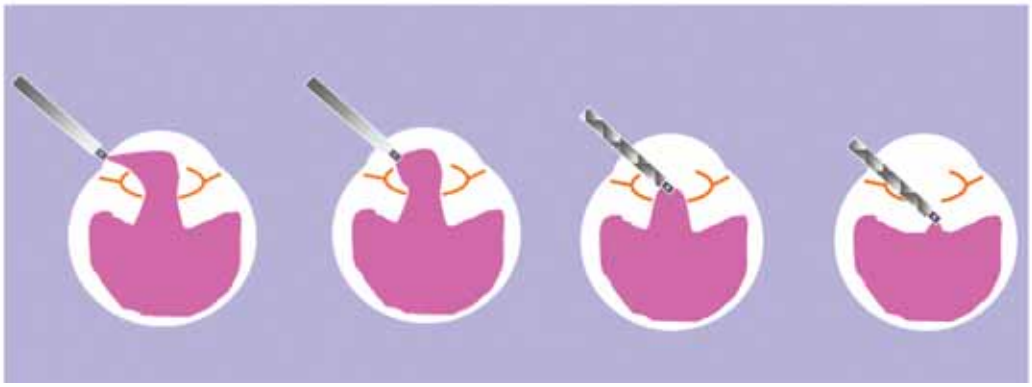
Convert to ECCE

7.2. Vitreous Loss & Anterior vitrectomy เมื่อมี rupture PC และ vitreous loss การจัดการกับ vitreous ต้องคำนึงถึง traction ต่อ retina และการขยายเพิ่มของ PC tear ในการทำ anterior vitrectomy ควรทำเป็นระบบ โดยเริ่มต้นตัด incarcerated vitreous ที่แผล ตามด้วย vitreous ใน anterior chamber vitreous บริเวณ pupil และท้ายสุด anterior 1/3 ใน posterior segment คอยสังเกต vitreous strand ที่แผล หากมีต้องตัดก่อนเพื่อให้ vitreous ตกกลับไปได้ กรณีที่ใช้ coaxial vitrectomy ต้องหลีกเลี่ยงการใส่หัว vitrectomy เข้าไปท่ามกลาง vitreous เพราะจะเกิด BSS misdirection ทำให้ vitreous balloon up หรือ vitreous displacement และ PC tear extend อาจหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหานี้ได้โดยใช้ bimanual หรือ bi-axial anterior vitrectomy โดยแยก cutter และ infusion ออกจากกัน ผ่านแผล side port ที่ขยาย และทำแผลขนาด 1.5 มม.เพิ่มอีก 1 แห่ง ในการทำ anterior vitrectomy ไม่ว่าจะเป็น coaxial หรือ bi-axial ให้ใช้เสา BSS ต่ำ ประมาณ 30 ซม. จากตาผู้ป่วยเพื่อป้องกัน BSS misdirection ปัจจุบันมีการใช้เทคนิค triamcinolone staining ในการทำ anterior vitrectomy ทำให้สามารถเห็นและตัด vitreous ได้ง่ายขึ้น



Clear out incarcerated vitreous



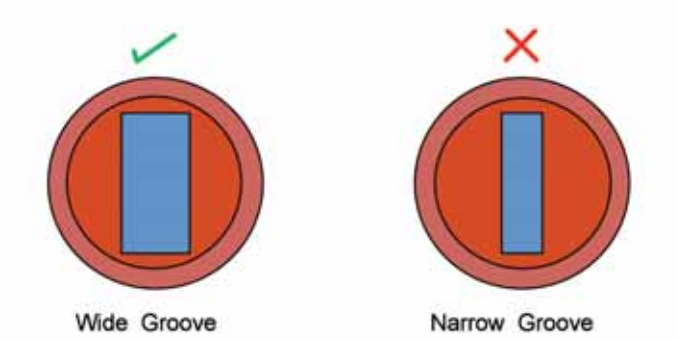


Coaxial anterior vitrectomy : " Top Down Technique "

7.3. Drop nucleus เมื่อเกิด rupture PC อาจจะมี drop nucleus ได้ โดยเฉพาะรายที่มี vitreous syneresis อยู่แล้ว หากส่วนที่ drop อยู่ไม่ห่างจากระดับของ PC อาจใช้ Sinski hook 2 อันช่วยกันremove ภายใต้ viscoelastic บางคนทำ posterior levitation ผ่านที่ sclerotomy ที่ pars plana ยกส่วนที่ drop กลับขึ้นมาใน AC การทำเทคนิคเหล่านี้อาจเกิด vitreous traction และ retinal tear ได้ จึงควรตรวจจอประสาทตาโดยละเอียดหลังผ่าตัด หากส่วนที่ drop อยู่ลึกควร remove ด้วย PPV + lens fragmentation ในคราวเดียวกันถ้าพร้อม หรืออาจจะทำเฉพาะ anterior vitrectomy ดูดล้าง cortex แล้วส่งต่อให้ผู้ชำนาญทำในคราวต่อไป

8. Complicated Cataract

8.1. Hard nucleus ยุทธศาสตร์สำหรับ hard nucleus ประกอบด้วย ขนาดแผล 2.75 มม. หรือโตกว่าเพื่อป้องกัน wound burn, capsulorhexis ขนาดใหญ่กว่า 5 มม. เพื่อให้จัดการ nucleus ง่าย ลด stress ต่อ zonule, minimal hydrodissection เพื่อป้องกัน hydro rupture, ทำ groove กว้าง ยาว ลึก เพื่อให้ crack ง่าย, การใช้ bevel down ทำ groove จะทำให้ทำ groove ง่ายและมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูง, 3D cracking ช่วยให้ crack ง่าย ใช้แรงน้อย, multiple chop, clean & complete separation เพื่อลด stress ต่อ zonule, least zonular stress ในทุก step, heat prevention

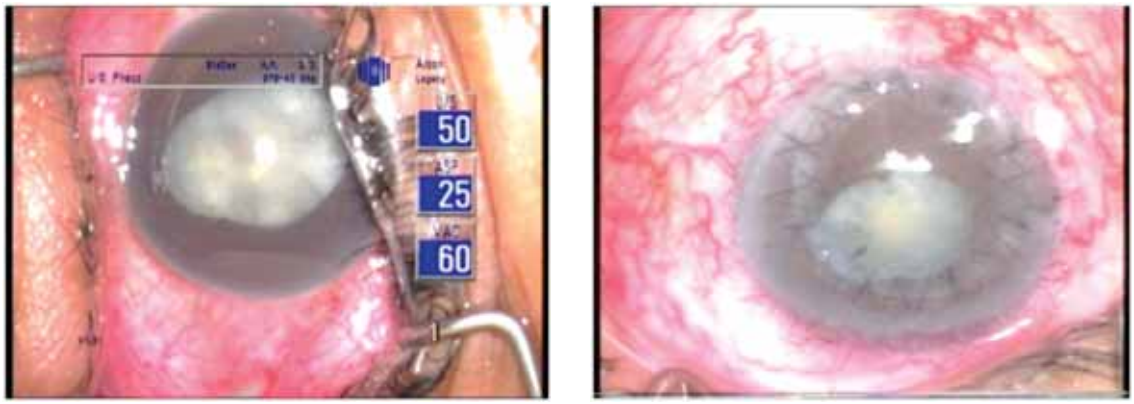


Groove Dimension for Hard Nucleus

8.2. Mature cataract White mature cataract มีความยากตอน capsulorhexis ดังได้กล่าวไปแล้วในเทคนิคการทำ rhexis ไม่ต้องทำ hydrodissection สำหรับความแข็งของ nucleus มีทั้งแข็งและไม่แข็ง ใช้เทคนิคที่เหมาะสมตามความแข็ง รายที่มี fibrosis ของ capsule ต้องระวังเพราะอาจทำให้เกิด stress ต่อ capsule ตอนทำ capsulorhexis และ capsule อาจจะเปราะบาง บางครั้งหมุน nucleus ยากเพราะมี fibrosis ของ cortex ด้วย บางราย cortex ส่วนใหญ่ liquefy ดูเหมือนไม่เหลือ cortex ให้ I/A อันที่จริงแล้วมักมี cortex เหลือติดอยู่ใกล้ equator ต้องเข้าไปดูดลึกกว่าปกติซึ่งต้องระวังการดูดติด capsule ตรง equator และ stress ต่อ zonule

8.3. Phacomorphic glaucoma ใน intumescent mature cataract และกลายเป็น phacomorphic glaucoma จะมี IOP สูงมากและ anterior chamber ตื้นมาก หลังจากให้ anti glaucoma และ hyper osmotic agent จน IOP ดีแล้วจึงมาทำ phaco บางครั้ง anterior chamber ตื้นมาก ไม่สามารถ form AC ได้ลึกพอแม้จะฉีด viscoelastic จนตาตึงมากแล้วก็ตาม อาจจะพยายามทำ drainage liquefied cortex ด้วยเทคนิคที่กล่าวแล้วในหัวข้อ capsulorhexis แล้วฉีด viscoelastic เพิ่ม หาก AC ยังไม่ลึกพอต้องนึกถึงว่าอาจจะมี fluid misdirection เป็น malignant glaucoma ซึ่งจำเป็นต้องทำ

pars plana tap จึงจะสามารถ form AC ได้ การทำดังกล่าวอาจเสี่ยงต่อ vitreous traction หลังผ่าตัดควรตรวจหา retinal tear การผ่าตัดต้อกระจกในกรณีที่มี uncontrolled หรือ poorly controlled glaucoma อาจเกิด suprachoroidal hemorrhage หรือ choroidal effusion ได้ แต่ในบางกรณีเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงการผ่าตัดนั้นได้ ควรระวังไม่ให้มีช่วง flat chamber นาน



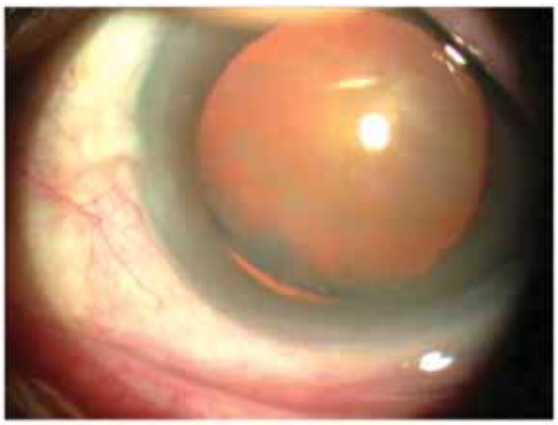
Phacomorphic glaucoma

8.4. Loose zonule อาจเป็นโรคของ zonule เอง เช่น pseudoexfoliation syndrome, Marfan syndrome หรือเกิดจาก ocular trauma หาก zonule weak มาก มี lens subluxation อาจทำ ICCE หรือบางรายอาจต้องทำ PPV Lensectomy / Phacofragmentation

ยุทธศาสตร์สำหรับ phaco ใน loose zonule ประกอบด้วย capsulorhexis ขนาดใหญ่กว่า 5 มม. เพื่อให้จัดการ nucleus ง่าย ลด stress ต่อ zonule, good hydrodissection, ใช้ minimal rotation technique เช่น triangular cracking technique, clean & complete separation, least zonular stress, capsular tension ring (CTR) เมื่อจำเป็น อาจใช้ iris retractor ช่วย support capsular bag

กรณี soft nucleus และ loose zonule อาจพิจารณาทำ capsulorhexis ให้โตและทำ hydro subluxation ให้ nucleus มาอยู่หน้า anterior capsule ใต้ต่อ iris เรียกว่าเป็น supra capsular phaco จะสามารถลดโอกาสเกิด stress ต่อ zonule ได้

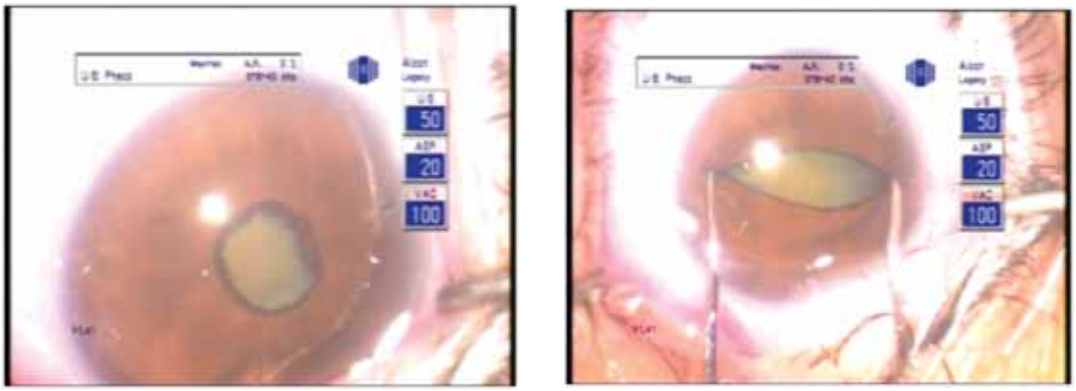
การใส่ IOL หาก zonule ไม่ loose มาก สามารถใส่ใน capsular bag ได้



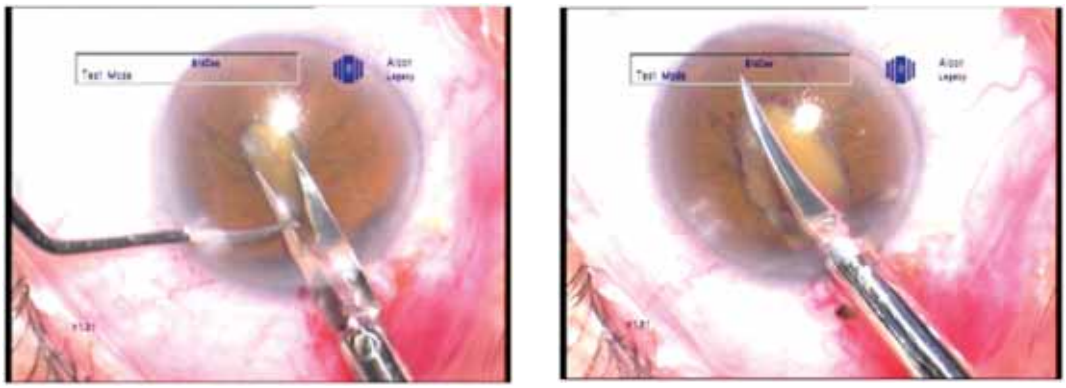
Traumatic zonular dialysis

Marfan syndrome

8.5. Small pupil การทำให้ pupil โตขึ้นกรณีมี posterior synechia จะ lysis synechia ที่ขอบ pupil และ synechia บริเวณ posterior surface ของ iris กับ anterior capsule บางรายอาจจะต้องลอก fibrosis ที่ขอบ pupil ออกด้วย รายที่ไม่มี synechia หรือมี แต่ lysis แล้ว pupil โตไม่พอ อาจลอง stretch pupil ด้วย hook 2 ตัว หรือใช้ iris retractor ถ่างไว้ 4 จุด หรืออาจพิจารณาทำ sphincterectomy - sphincterotomy ซึ่งจะทำให้ pupil หลังผ่าตัดโตประมาณ 3-4 มม. ขณะยังไม่ได้ dilate ทำให้สามารถดู fundus หรือ ทำ laser ได้สะดวก ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ป่วยกลุ่มนี้ที่มักจะมีโรคเรื้อรังซึ่งจำเป็นต้องดู fundus เป็นระยะ หลังทำให้ pupil โตพอแล้ว ทำ capsulorhexis ให้โตที่สุดที่จะทำได้ ซึ่งบางครั้งต้องเลยเข้าไปใต้ขอบ pupil



Pupil Stretching



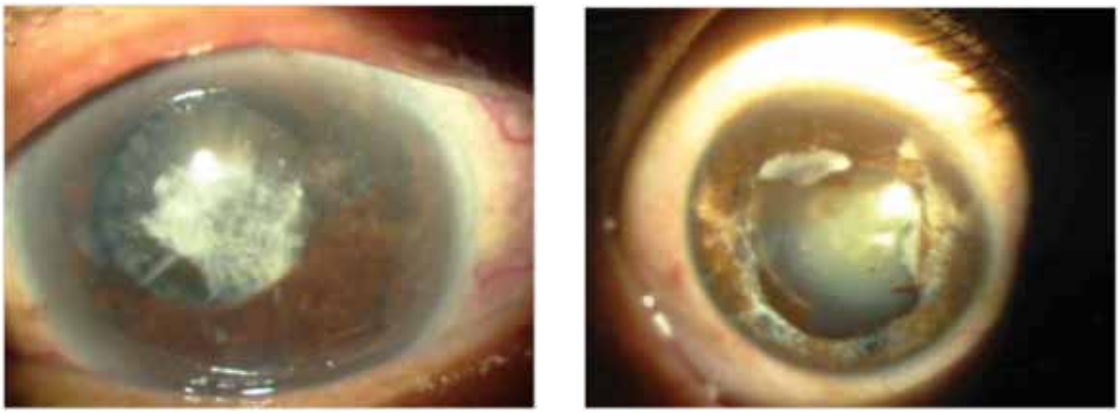
Sphincterectomy-sphincterotomy

Post-op sphincterectomy-sphincterotomy

8.6. Posterior Polar cataract เกิดจาก defect ของ posterior capsule แต่กำเนิด ซึ่งอาจเป็นการที่ posterior capsule ตรงกลางบางลง หรือเป็น true defect ทำให้เกิด localized cataract และ fibrosis ลักษณะเป็น plaque ขุ่นหนาตรงกลาง posterior capsule อาจมี opacity radiate ที่ขอบ อาจเป็นตาเดียวหรือสองตา หากพบในผู้ป่วยอายุน้อย ให้พึงระวังว่า defect น่าจะมาก cataract จึง progress เร็ว ในการผ่าตัดเราจะไม่ทำ hydrodissection เพราะอาจมี defect ที่ posterior capsule อยู่แล้ว ทำให้เสี่ยงต่อ hydro rupture เราจะทำ hydro delineate แทน โดยฉีด BSS เข้า epinucleus เห็นเป็น golden ring sign ทำให้มี epinuclear shell ช่วยป้องกัน capsular bag ขณะเราจัดการกับ nucleus ด้วยเทคนิคที่เหมาะสมกับความแข็ง เราจะไม่ปล่อยให้ flat AC ในทุกขั้นตอนเพราะ vitreous อาจจะดันให้ PC tear ก่อน จะเอาหัว Phaco หรือ IA ออก ใช้ viscoelastic ฉีดเข้าทาง side port เพื่อ form AC และจะไม่ขัด PC เพราะเสี่ยงต่อ tear สูง หลังใส่ IOL แล้วอาจฉีดฟองอากาศทาง side port เพื่อ form AC

Posterior Polar Cataract

8.7. Traumatic cataract ในรายที่เป็น penetrating injury มี rupture ของ lens capsule การทำ phaco ต้องใช้ความระมัดระวังเพราะอาจมี PC rupture ร่วมด้วย ในราย blunt trauma อาจมี fibrosis ของ lens capsule ด้านหน้าหรือด้านหลัง อาจมีหรือไม่มี rupture ของ lens capsule, zonule หากเป็นไปได้ควรตรวจ gonioscopy และ fundus exam ก่อนผ่าตัด เพราะอาจมี angle recession, choroidal rupture, retinal detachment, optic atrophy ได้ การทำ phaco กรณีที่มี weak zonule ใช้เทคนิคดังที่กล่าวไปแล้ว ในรายที่มี dislocated lens อาจต้องทำ ICCE



Traumatic Cataract