การเปรียบเทียบการวัดความหนาตรงกลางกระจกตาด้วย Anterior Segment Optical Coherence Tomography และ Ultrasound Pachymetry ในผู้ใหญ่สุขภาพตาปกติ

สมหญิง เพ็ชรลอ

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทัศนมาตรคลินิก คณะทัศนมาตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

อีเมลผู้ประพันธ์บรรณกิจ: Yingphetch@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความหนาของกระจกตาส่วนกลาง (Central Corneal Thickness; CCT) เมื่อวัดด้วย Ultrasound pachymetry (US pachymetry) ด้วยเครื่อง Tomey SP-100 และ Anterior Segment Optical Coherence Tomography (AS-OCT) ด้วยเครื่อง Cirrus HD-OCT 6000

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 78 ราย (156 ตา) ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป โดยวัด CCT ในผู้เข้าร่วมแบบไม่สัมผัสด้วย AS-OCT และแบบสัมผัสด้วย US pachymetry โดยดำเนินการวัดข้างละ 3 ครั้ง และนำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ paired t-test หรือ Wilcoxon signed-rank test ตามการแจกแจงของข้อมูล และในการวิเคราะห์ค่าความต่างของ 2 เครื่องมือด้วย Bland-Altman Analysis นอกจากนี้ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า CCT ที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสองชนิดโดยใช้ Pearson Correlation Coefficient และรายงานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่า p โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวน 78 ราย (156 ตา) มีค่าเฉลี่ย CCT ที่วัดด้วย US pachymetry เท่ากับ 536.70 ± 31.20 µm ในตาขวา และ 536.20 ± 30.48 µm ในตาซ้าย ขณะที่การวัดด้วย AS-OCT เท่ากับ 526.20 ± 28.92 µm และ 525.60 ± 29.42 µm ตามลำดับ โดยค่า CCT ที่วัดด้วย US pachymetry มีค่าสูงกว่า AS-OCT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างเท่ากับ 10.51 µm ผลการวิเคราะห์ Bland-Altman แสดงให้เห็นว่าทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง และผลการวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วย Pearson correlation coefficient แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกระดับสูง แต่ยังมีความแตกต่างของค่าที่วัดได้ สรุปได้ว่า การวัด CCT ด้วย US pachymetry และ AS-OCT ให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สามารถทดแทนกันโดยตรงในทางคลินิก อย่างไรก็ตาม ทั้งสองวิธีสามารถใช้ติดตามผลผู้ป่วยได้ หากใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: การวัดความหนากระจกตาด้วยคลื่นความถี่สูง, การถ่ายภาพตัดขวางกระจกตาด้วยเลเซอร์, ความหนาตรงกลางกระจกตา, การวิเคราะห์แบบแบลนด์-อัลต์แมน, ความสอดคล้องระหว่างเครื่องมือวัด

Comparison of Central Corneal Thickness Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography and Ultrasound Pachymetry in Healthy Adults

Somying Phetlor

Master of Science Program in Clinical Optometry, Faculty of Optometry, Rangsit University, Mueang, Pathum Thani 12000, Thailand

Corresponding author's e-mail: Yingphetch@gmail.com

Abstract

This study aimed to compare central corneal thickness (CCT) measurements obtained using ultrasound pachymetry (US pachymetry; Tomey SP-100) and anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT; Cirrus HD-OCT 6000).

This descriptive cross-sectional study included 78 participants (156 eyes) aged 18 years and older. CCT was measured in each participants using non-contact AS-OCT and contact US pachymetry. Three consecutive measurements were obtained with each instrument, and the mean value was used for statistical analysis. Differences between the two measurement methods were analyzed using a paired t-test or Wilcoxon signed-rank test, depending on the data distribution. Agreement between the two instruments was evaluated using Bland–Altman analysis. In addition, Pearson's correlation coefficient was calculated to assess the relationship between CCT measurements obtained from the two instruments. The correlation coefficient (r) and p-value were also reported. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

The study included 78 participants (156 eyes). The mean CCT measured by US pachymetry was 536.70 ± 31.20 µm in the right eye and 536.20 ± 30.48 µm in the left eye, whereas the mean CCT measured by AS-OCT was 526.20 ± 28.92 µm and 525.60 ± 29.42 µm, respectively. CCT values obtained using US pachymetry were significantly higher than those obtained using AS-OCT ($p < 0.001$), with a mean difference of 10.51 µm. Bland-Altman analysis demonstrated moderate agreement between the two instruments. In addition, an exploratory analysis using Pearson's correlation coefficient demonstrated a strong positive correlation between CCT measurements obtained from the two instruments. however, systematic differences in the measured values remained. In conclusion, CCT measurements obtained using US pachymetry and AS-OCT were significantly different and should not be used interchangeably in clinical practice. Nevertheless, both methods may be suitable for longitudinal patient follow-up, provided that the same instrument is used consistently throughout the monitoring period.

Keywords: Ultrasound Pachymetry, Anterior Segment OCT (AS-OCT), Central Corneal Thickness, Bland-altman Analysis, Instrument Agreement

บทนำ

การวัดความหนาตรงกลางกระจกตา (Central Corneal thickness; CCT) เป็นการวัดความหนาจากตรงกลางส่วนหน้าของชั้นบนถึงส่วนหลังชั้นล่างของกระจกตา ผลที่ได้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินสุขภาพกระจกตาที่สามารถนำมาช่วยประกอบการวินิจฉัยโรคทางตา (Corneal diseases) เช่น กระจกตาบวมน้ำ (Corneal hydrops) กระจกตาโป่งพอง (Keratoconus) กระจกตาเสื่อม (Fuchs' dystrophy) และยังสามารถใช้ประเมินภาวะสงสัยต้อหินในกรณีที่พบระดับความดันลูกตาสูง (Glaucoma suspected, Ocular hypertension) ต้อหินในระดับความดันปกติ (Normal tension glaucoma) ใช้ในการคำนวนหาค่าความเป็นไปได้เพื่อพิจารณาแก้ไขภาวะสายตาด้วยเลเซอร์ (Laser in situ keratomileusis) (Cleveland Clinic, 2024) ผลที่ได้จากการวัดความหนาของกระจกตายังใช้ในการใส่วงแหวนภายในกระจกตา (Intracorneal ring implantation) โดยสามารถประเมินความเสี่ยงของโรคทางกระจกตาได้ทั้งก่อนและหลังผ่าตัด เพื่อความแม่นยำและปลอดภัยของผู้ป่วยอีกด้วย นอกจากนี้ ความหนากระจกตายังมีผลต่อการแปลผลความดันลูกตาที่วัดด้วยวิธี applanation tonometry จึงควรพิจารณาค่า CCT ร่วมกับข้อมูลการตรวจทางคลินิกอื่น ๆ (Doughty & Zaman, 2000)

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถวัด CCT ได้ด้วยหลักการต่างๆ มีทั้งแบบการวัด CCT แบบสัมผัสด้วยคลื่นความถี่สูงและแบบไม่สัมผัสด้วยแสงเลเซอร์ โดยมีขั้นตอนและวิธีทำที่แตกต่างกัน โดยในงานวิจัยนี้จึงได้หยิบยกเอาวิธีการวัด CCT แบบสัมผัส (US pachymetry) ด้วยเครื่อง Tomey SP-100 ที่ใช้หลักการวัดด้วยคลื่นความถี่เสียง ความถี่อยู่ระหว่าง 20 MHz (Tomey Corporation, n.d.) และแบบไม่สัมผัส (AS-OCT) ด้วยเครื่อง Cirrus HD-OCT 6000 ที่ใช้หลักการวัดแบบ Spectrometry เป็นเทคโนโลยีแสงเลเซอร์ HD cornea scan (Carl Zeiss Meditec, Inc., n.d.)

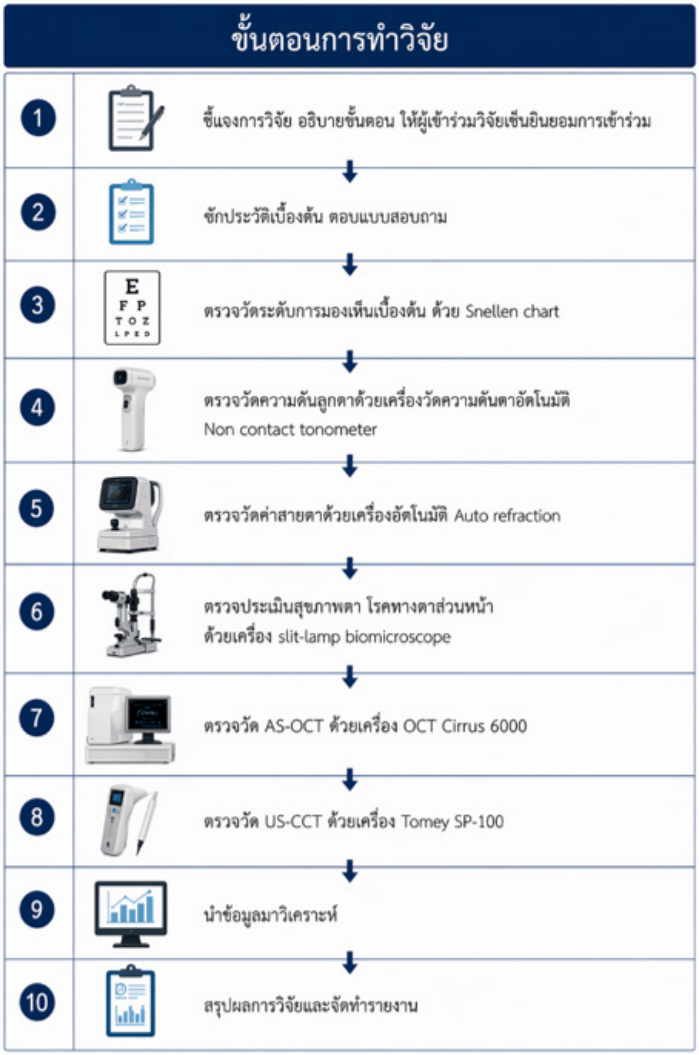
จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างค่า CCT ที่วัดด้วย US pachymetry และ OCT โดย Kim et al. (2008) ศึกษาในประชากรแอฟริกาตะวันตกจำนวน 155 คน พบว่า US pachymetry ให้ค่า CCT สูงกว่า slit-lamp OCT เฉลี่ย 26.3 μm ขณะที่ Ramesh et al. (2017) ศึกษาในผู้เข้าร่วมจำนวน 120 คน พบว่า US pachymetry ให้ค่า CCT สูงกว่า AS-OCT เฉลี่ย 16.14 μm ในตาขวา และ 16.54 μm ในตาซ้าย ทั้งสองงานไม่แนะนำให้นำค่าจากเครื่องมือทั้งสองชนิดมาใช้ทดแทนกันโดยตรง นอกจากนี้ Ramesh et al. (2017) ยังพบว่าการวัดด้วย AS-OCT มีความสามารถในการวัดซ้ำสูง ส่วน Grewal et al. (2010) ศึกษาในตาปกติ ตาที่มีภาวะกระจกตาโป่งพอง และตาหลังผ่าตัด LASIK กลุ่มละ 50 ตา พบว่า US pachymetry ให้ค่า CCT สูงกว่า Scheimpflug imaging และ spectral-domain AS-OCT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่ม และเสนอว่าควรพิจารณาชนิดของเครื่องมือประกอบการแปลผล CCT ความแตกต่างของค่า CCT ยังพบในการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องมือที่ใช้หลักการทางแสง โดย Kumar et al. (2021) ศึกษาในตาปกติจำนวน 206 ตา พบว่า Pentacam, IOLMaster 700, AS-OCT และ Tomey specular microscopy ให้ค่าที่แตกต่างกัน แม้ผลการวัดจะมีความสัมพันธ์กันสูง โดย Pentacam และ IOLMaster 700 มีความสอดคล้องกันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยไม่แนะนำให้ใช้ค่าจากเครื่องมือต่างชนิดทดแทนกัน สำหรับเครื่องมือการวัดค่าความหนากระจกตาแบบไม่สัมผัสด้วย Cirrus HD-OCT นั้น Baghdasaryan et al. (2018) ศึกษาในตาปกติจำนวน 32 ตา พบว่าผลการเปรียบเทียบค่า CCT ระหว่าง Cirrus 5000 HD-OCT กับ Pentacam HR ขึ้นอยู่กับรูปแบบการตรวจ โดยการใช้ anterior chamber lens ให้ค่าใกล้เคียงกับ Pentacam HR ขณะที่การใช้ high-definition cornea lens และ pachymetry scan ให้ค่าต่ำกว่า ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนถึงความสำคัญของการระบุรุ่นเครื่องมือและรูปแบบการตรวจให้ชัดเจนในการเปรียบเทียบผลการศึกษา ในด้านความสามารถในการวัดซ้ำ Almubrad et al. (2011) เปรียบเทียบ Topcon SP-3000P specular microscope กับ US pachymetry ในตาปกติจำนวน 100 ตา โดยตรวจสองครั้งห่างกันหนึ่งสัปดาห์ พบว่า US pachymetry ให้ค่า CCT สูงกว่า ขณะที่ SP-3000P มีความเที่ยงและความสามารถในการให้ผลซ้ำดีกว่า ผู้วิจัยจึงแนะนำให้ใช้เครื่องมือชนิดเดิมอย่างสม่ำเสมอในการติดตามผล ส่วน Lackner et al. (2005) เปรียบเทียบ Pentacam, Orbscan และ US pachymetry ในตาปกติจำนวน 30 ตา พบว่า Pentacam ให้ค่า CCT ใกล้เคียงกับ US pachymetry มากกว่า Orbscan และมีความสามารถในการให้ผลซ้ำระหว่างผู้ตรวจสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ความสอดคล้องของผลการวัดอาจแตกต่างกันตามชนิดเครื่องมือและประชากรที่ศึกษา โดย Thiagarajan et al. (2021) ศึกษาในเด็กอายุ 7–15 ปี จำนวน 218 คน พบว่าค่า CCT ที่วัดด้วย non-contact tono-pachymeter หรือ Tonopachy มีความสอดคล้องกับ US pachymetry ในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient; ICC) เท่ากับ 0.980–0.981 แม้ในกลุ่มเด็กที่มีภาวะสายตาผิดปกติจะพบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยเสนอว่าสามารถใช้ Tonopachy ประเมิน CCT ในเด็กกลุ่มอายุที่ศึกษาได้ ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้ข้อค้นพบดังกล่าวควรคำนึงถึงขอบเขตของชนิดเครื่องมือและประชากรที่ศึกษา การพิจารณาว่าเครื่องมือสองชนิดสามารถให้ค่าที่ใช้ทดแทนกันได้หรือไม่นั้น จำเป็นต้องประเมินความสอดคล้องของผลการวัด เนื่องจากความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงไม่ได้หมายความว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสองชนิดจะใกล้เคียงกันในผู้เข้าร่วมแต่ละราย การวิเคราะห์ Bland–Altman แสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่างและขอบเขตความสอดคล้อง (limits of agreement; LoA) ซึ่งต้องพิจารณา

ร่วมกับระดับความแตกต่างที่ยอมรับได้ในทางคลินิก เพื่อประกอบการประเมินความเหมาะสมในการใช้ค่าทดแทนกัน (Bland & Altman, 1986)

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น การนำผลการเปรียบเทียบค่า CCT มาประยุกต์ใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงชนิดและรุ่นของเครื่องมือ รูปแบบการตรวจ ตลอดจนลักษณะของประชากรที่ศึกษา โดยการศึกษาของ Baghdasaryan et al. (2018) ซึ่งใช้ Cirrus 5000 HD-OCT เปรียบเทียบกับ Pentacam HR ยังไม่สามารถยืนยันความสอดคล้องของผลการวัดระหว่าง Cirrus HD-OCT 6000 กับ Tomey SP-100 ได้โดยตรง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่า CCT ที่วัดด้วย US pachymetry เครื่อง Tomey SP-100 และ AS-OCT เครื่อง Cirrus HD-OCT 6000 ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพกระจกตาปกติ รวมทั้งประเมินความสอดคล้องของผลการวัดเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาว่าสามารถนำค่าจากเครื่องมือทั้งสองชนิดมาใช้ทดแทนกันได้หรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลความหนาของกระจกตาส่วนกลางและประเมินความสอดคล้องของผลการวัดระหว่าง US pachymetry ด้วยเครื่อง Tomey SP-100 และ AS-OCT ด้วยเครื่อง Cirrus HD-OCT 6000



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 78 ราย (156 ตา) ขนาดตัวอย่างคำนวณด้วยสูตรสำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลแบบจับคู่ โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำลังการทดสอบร้อยละ 80 ได้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำ 71 ราย และเก็บข้อมูลจริงจำนวน 78 ราย (156 ตา) ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ไม่มีโรค

หรือความผิดปกติของกระจกตาที่อาจส่งผลต่อการวัด CCT และงดสวมใส่เลนส์สัมผัสเป็นเวลา 5 - 7 วันก่อนการตรวจ ก่อนเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือทั้งสองได้รับการตรวจสอบและปรับเทียบโดยเจ้าหน้าที่จากบริษัทผู้จำหน่ายเครื่องมือ ผู้เข้าร่วมแต่ละรายได้รับการวัด CCT ด้วย AS-OCT เครื่อง Cirrus HD-OCT 6000 และ US pachymetry เครื่อง Tomey SP-100 โดยผู้ตรวจคนเดียวกัน การวัดแต่ละข้างดำเนินการซ้ำ 3 ครั้ง และนำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มตัวอย่างได้รับการคัดเลือกแบบสะดวก (Convenience sampling) เป็นผู้เข้ารับบริการตรวจสุขภาพทางตา ณ โรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์วัดไร่ขิง นครปฐม และศูนย์โรคตาโรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์วัดไร่ขิง สาขาสุขุมวิท ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2568 ถึงเดือน มีนาคม 2569 โดยการวิจัยนี้ได้รับการรับรองโครงการวิจัยโดยคณะกรรมการจริยธรรมในคน มหาวิทยาลัย รังสิต (รหัสโครงการ COA. No. RSUERB2025-053) ดังแสดงในภาพที่ 1

การเปรียบเทียบค่า CCT ที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสอง ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วย Kolmogorov-smirnov test ก่อนการวิเคราะห์ หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติใช้ Paired t-test และหากข้อมูลไม่เป็นไปตามการแจกแจงแบบปกติใช้ Wilcoxon signed-rank test ประเมินความสอดคล้องของผลการวัดด้วย Bland-altman analysis นอกจากนี้ ได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสองด้วย Pearson correlation coefficient โดยรายงานค่า r และ *p*-value กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 78 ราย พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง โดยมีค่ามัธยฐานของอายุ 32.50 ปี ค่ามัธยฐานของ Spherical equivalent เท่ากับ −0.75 D และค่ามัธยฐานของความดันลูกตาเท่ากับ 16.00 mmHg ซึ่งแสดงผลดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มอาสาสมัคร

Characteristics	Value
Gender, N (%)	
Male	19 (24.40%)
Female	59 (75.60%)
Age (years)	32.50 (26.00 - 42.50)
Spherical Equivalent (D)	−0.75 (−1.50 - 0.00)
Intraocular Pressure (mmHg)	16.00 (14.50 - 18.00)

หมายเหตุ: Age, Spherical Equivalent (SE) และ Intraocular Pressure (IOP) แสดงค่าเป็น Median (IQR) ส่วน Gender แสดงค่าเป็นจำนวนและร้อยละ [n (%)]

ผลการวัดความหนาตรงกลางกระจกตาพบว่า ค่าเฉลี่ย CCT ที่วัดด้วยเครื่อง US pachymetry มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า AS-OCT ทั้งในตาขวาและตาซ้าย ซึ่งแสดงผลดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลความหนากระจกตาแบบ US pachymetry และ AS-OCT

CCT		Mean CCT (μm)	Standard Deviation	Maximum CCT (μm)	Minimum CCT (μm)
US Pachymetry (Tomey SP-100)	OD	536.70	31.20	629.00	463.00
	OS	536.20	30.48	610.00	453.00
AS-OCT (Cirrus 6000)	OD	526.20	28.92	603.00	459.00
	OS	525.60	29.42	602.00	442.00

เมื่อเปรียบเทียบค่า CCT ระหว่างเครื่องมือพบว่า US pachymetry ให้ค่า CCT สูงกว่า AS-OCT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในตาขวาและตาซ้าย ($p < 0.001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ซึ่งแสดงผลดัง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความหนากระจกตาแบบ US-CCT และ AS-OCT

CCT		Mean Difference (μm)	95 % Confidence Interval		Effect Size	P-Value
			Lower	Upper		
US Pachymetry / AS-OCT	OD	10.51	7.832	13.190	0.884	*< 0.001*
	OS	10.60	8.113	13.090	0.960	*< 0.001*

ผลการวิเคราะห์ Bland-altman พบว่า การวัด CCT ด้วย US pachymetry และ AS-OCT มีค่าเฉลี่ยความแตกต่างประมาณ 10 μm และมีขอบเขตความสอดคล้อง (Limits of Agreement; LoA) ค่อนข้างกว้าง แสดงให้เห็นว่าทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถใช้แทนกันได้โดยตรงในทางคลินิก ซึ่งแสดงผลดัง ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าความหนากระจกตาระหว่าง US pachymetry และ AS-OCT ด้วยวิธี Bland-altman

CCT		Mean Difference (μm)	SD (μm)	Lower LoA (μm)	Upper LoA (μm)
US Pachymetry / AS-OCT	OD	10.51	11.89	-12.79	33.81
	OS	10.60	11.04	-11.04	32.24

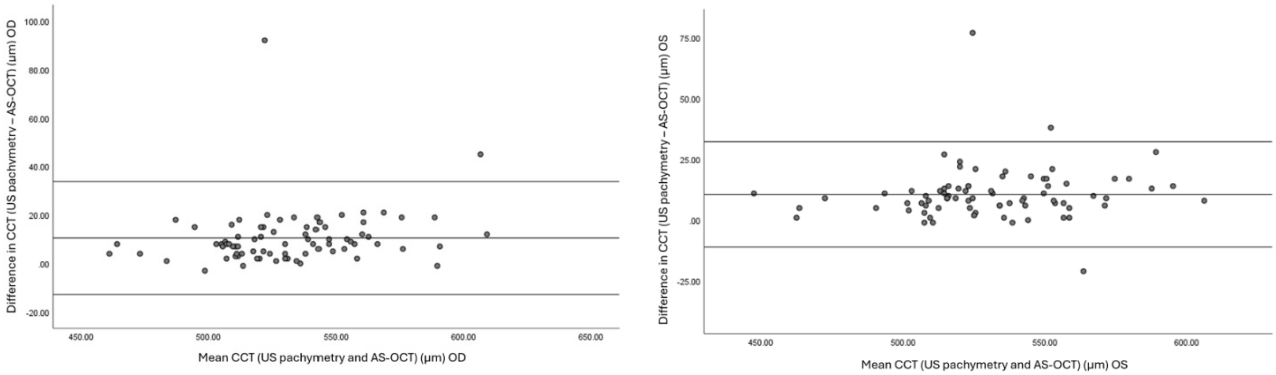
การวิเคราะห์ผลความสอดคล้อง (Bland-altman Plot)

จากกราฟ Bland-altman ของตาขวาพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแตกต่าง (Mean Difference) ระหว่าง US pachymetry และ AS-OCT เท่ากับ 10.51 μm โดยมีขอบเขตความสอดคล้อง (limits of agreement; LOA) อยู่ระหว่าง −12.79 ถึง +33.81 μm ขณะที่ตาซ้ายมีค่า mean difference เท่ากับ 10.60 μm โดยมี LOA อยู่ระหว่าง −11.04 ถึง +32.24 μm

ค่า Mean difference ที่เป็นบวกทั้งสองข้าง แสดงว่าเครื่อง US pachymetry มีแนวโน้มวัดค่า CCT ได้มากกว่า AS-OCT โดยเฉลี่ยประมาณ 10 μm โดยข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ภายในขอบเขต Limits of Agreement แสดงถึงความสอดคล้องที่ดีระหว่างเครื่องมือทั้งสอง อย่างไรก็ตามยังพบ outliers บางจุดที่อยู่นอกช่วง LOA เช่น ค่าความแตกต่างมากกว่า +70–90 μm ซึ่งอาจสะท้อนถึงความแปรปรวนในการวัดหรือปัจจัยเฉพาะราย

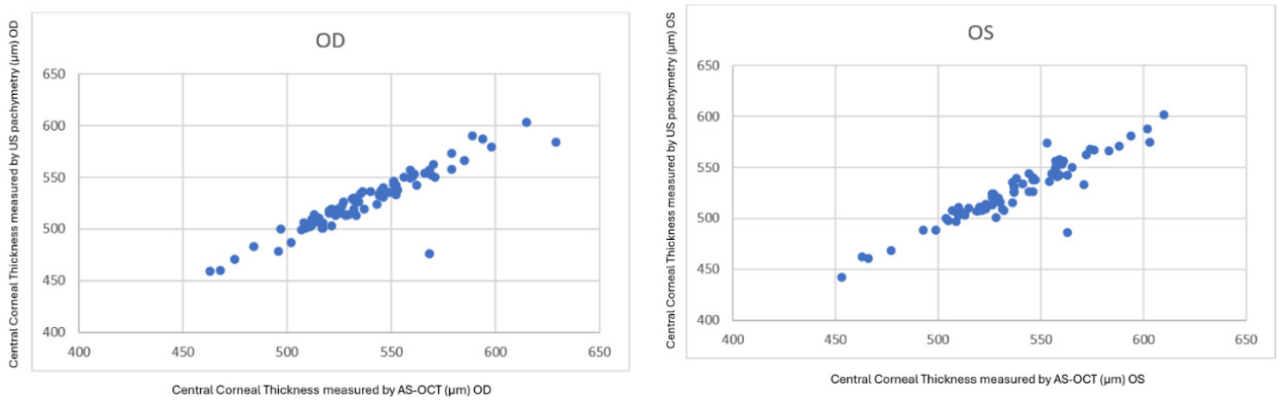
นอกจากนี้ ไม่พบแนวโน้มที่ความแตกต่างระหว่างค่าการวัดจาก US pachymetry และ AS-OCT จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามระดับ CCT อย่างชัดเจน ซึ่งบ่งชี้ว่าไม่พบ Proportional bias จากการพิจารณากราฟ Bland-altman

สรุปได้ว่า US pachymetry และ AS-OCT มีค่า mean difference เป็นบวกทั้งในตาขวาและตาซ้าย โดยมีค่า bias ประมาณ +10 μm และข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ภายในขอบเขต Limits of Agreement (LOA) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงกราฟ Bland-altman แสดงความแตกต่างและขอบเขตความสอดคล้องของค่า CCT ระหว่างการวัดด้วย Ultrasound pachymetry (US) และ Anterior Segment OCT (AS-OCT) ของทั้งตาขวาและตาซ้าย

การนำเสนอข้อมูลเพิ่มเติม จากกราฟ Scatter plot พบว่า ค่าความหนากระจกตาที่วัดด้วย US pachymetry และ AS-OCT มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยจุดข้อมูลส่วนใหญ่เรียงตัวในแนวเส้นตรงจากซ้ายล่างไปขวาบน สะท้อนถึงแนวโน้มของข้อมูลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันระหว่างเครื่องมือทั้งสอง นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ Pearson correlation พบว่าค่าที่วัดจากทั้งสองเครื่องมือมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง ทั้งในตาขวา ($r = 0.925$, $p < 0.001$) และตาซ้าย ($r = 0.933$, $p < 0.001$) นอกจากนี้ แม้จะพบการกระจายของข้อมูลในบางช่วง โดยเฉพาะบริเวณค่าความหนากระจกตาที่สูงกว่า 580 µm แต่ไม่พบผลกระทบต่อแนวโน้มโดยรวมของข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟ Scatter plot แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของค่าความหนากระจกตา (CCT) ระหว่างการวัดด้วย US pachymetry และ AS-OCT

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างเครื่องมือ ดังนั้น Scatter plot และค่า Pearson correlation จึงนำเสนอเป็นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลเท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่า CCT ที่วัดด้วย US pachymetry (Tomey SP-100) และ AS-OCT (Cirrus HD-OCT 6000) ในอาสาสมัครจำนวน 78 ราย (156 ตา) ผลการศึกษาพบว่า ค่า CCT ที่วัดด้วย US pachymetry มีค่าสูงกว่าค่าที่วัดด้วย AS-OCT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างเท่ากับ 10.51 µm การวิเคราะห์ความสอดคล้องด้วย Bland-altman analysis แสดงให้เห็นว่าทั้งสองเครื่องมือมีความสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้ แต่ยังมีความแตกต่างของค่าที่วัดได้ จึงไม่สามารถใช้ค่าจากทั้งสองเครื่องมือทดแทนกันได้โดยตรงในทางคลินิก

ผลการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ramesh et al. (2017); Kim et al. (2008); Grewal et al. (2010) ซึ่งรายงานว่า US pachymetry มีแนวโน้มวัดค่า CCT ได้สูงกว่า AS-OCT และไม่ควรใช้ผลการวัดจากเครื่องมือทั้งสองทดแทนกันโดยตรงในการปฏิบัติทางคลินิก

ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดูแลผู้ป่วย โดยเฉพาะการติดตามผู้ป่วยโรคต้อหิน การประเมินก่อนการผ่าตัดแก้ไขสายตา และการติดตามโรคกระจกตา ซึ่งควรใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันในการติดตามผลอย่างต่อเนื่องเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากความแตกต่างของเครื่องมือ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเลือกใช้และบริหารจัดการเครื่องมือในสถานพยาบาล รวมทั้งเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาความคุ้มค่าในการเลือกใช้เครื่องมือวัดความหนากระจกตาให้เหมาะสมกับบริบททางคลินิก และผลการศึกษาครั้งนี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำแนวทางปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedure; SOP) สำหรับการวัดความหนาตรงกลางกระจกตา เพื่อส่งเสริมให้บุคลากรใช้เครื่องมือและแปลผลได้อย่างเหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกัน รวมทั้งสามารถขยายผลไปสู่การศึกษาวิจัยในกลุ่มผู้ป่วยโรคกระจกตาและภาวะทางตาอื่น ๆ ในอนาคต ในการประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในทางคลินิก หากมีการติดตามผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง ควรใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันตลอดการติดตาม และหน่วยงานสามารถนำผลการศึกษานี้ไปใช้เป็นแนวทางในการอบรมบุคลากรหรือกำหนดแนวปฏิบัติในการเลือกใช้เครื่องมือวัด CCT เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการแปลผลจากการเปลี่ยนชนิดของเครื่องมือ

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าการวัด CCT ด้วย US pachymetry ให้ค่าความหนากระจกตาสูงกว่าการวัดด้วย AS-OCT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากความแตกต่างของหลักการตรวจวัด

ผลการศึกษาดังกล่าวอาจอธิบายได้จาก ความแตกต่างของหลักการทำงานของเครื่องมือทั้งสองชนิด โดย US pachymetry เป็นการวัดแบบสัมผัส ซึ่งค่าที่วัดได้อาจได้รับอิทธิพลจากแรงกดของหัวตรวจ ตำแหน่งการวางหัวตรวจ และการกดกระจกตาเพียงเล็กน้อย ทำให้ค่าความหนากระจกตาที่วัดได้สูงกว่าความเป็นจริงหรือเกิดความแปรปรวนได้ ในขณะที่ AS-OCT เป็นการวัดแบบไม่สัมผัส โดยอาศัยเทคโนโลยี optical coherence tomography และอัลกอริทึมในการระบุขอบเขตของกระจกตา จึงช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากผู้ตรวจและให้ความสามารถในการวัดซ้ำได้ดี อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของหลักการตรวจวัดอาจส่งผลให้ค่าที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองแตกต่างกัน

ผลการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ramesh et al. (2017); Kim et al. (2008); Grewal et al. (2010) ซึ่งรายงานว่า US pachymetry วัดค่า CCT ได้สูงกว่า AS-OCT และแม้ว่าทั้งสองเครื่องมือจะมีความสอดคล้องกันในระดับที่ยอมรับได้ แต่ยังไม่ควรใช้ผลการวัดแทนกันโดยตรงในการตัดสินใจทางคลินิก เนื่องจากยังมีความแตกต่างของค่าที่วัดได้ระหว่างเครื่องมือ

ดังนั้น ในการประยุกต์ใช้ผลการวิจัยทางคลินิก ควรใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันในการติดตามผู้ป่วยแต่ละรายอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างของเครื่องมือ โดยเฉพาะในการติดตามผู้ป่วยโรคต้อหิน การประเมินก่อนการผ่าตัดแก้ไขสายตาด้วยเลเซอร์ และการติดตามโรคกระจกตา สำหรับการศึกษาครั้งต่อไป ควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ศึกษาในผู้ป่วยที่มีโรคกระจกตาหรือภาวะทางตาที่หลากหลาย และเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด CCT ชนิดอื่นเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มความครอบคลุมและสนับสนุนการประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในทางคลินิก

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนอย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ พญ.สมสงวน อัษญคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนการชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัยด้วยความเอาใจใส่และเสียสละเวลาอย่างต่อเนื่อง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ พญ.วัฒนีย์ เย็นจิตร และ นายตฤณณวัฒน์ ทองชิต ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง และขอขอบพระคุณ โรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์ (วัดไร่ขิง) จังหวัดนครปฐม และ ศูนย์โรคตา โรงพยาบาลเมตตาประชารักษ์ (วัดไร่ขิง) สาขาสุขุมวิท ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนขอขอบพระคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ ได้แก่ Anterior segment optical coherence tomography (AS-OCT) และ Ultrasound pachymetry (US pachymetry) ซึ่งมีส่วนสำคัญในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่าน รวมถึงบุคลากรทางการแพทย์และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ที่ได้กรุณาสละเวลาและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้กำลังใจ สนับสนุน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Almubrad, T. M., Osuagwu, U. L., AlAbbadi, I., & Ogbuehi, K. C. (2011). Comparison of the precision of the Topcon SP-3000P specular microscope and an ultrasound pachymeter. *Clinical Ophthalmology, 5*, 871-876. https://doi.org/10.2147/OPTH.S21247

Baghdasaryan, E., Huang, X., Marion, M. K., Tepelus, C. T., Bagherinia, H., Sadda, R. S., & Hsu, Y. H. (2018). Reproducibility of central corneal thickness measurements in normal eyes using the Zeiss Cirrus 5000 HD-OCT and Pentacam HR. *The Open Ophthalmology Journal, 12*, 72-83. https://doi.org/10.2174/1874364101812010072

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet, 327*(8476), 307-310. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8

Carl Zeiss Meditec, Inc. (n.d.). *CIRRUS 6000*. https://www.zeiss.com/meditec/en/products/optical-coherence-tomography-devices/cirrus-6000-performance-oct.html

Cleveland Clinic. (2024, February 21). *Pachymetry test*. https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/pachymetry-test

Doughty, M. J., & Zaman, M. L. (2000). Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: A review and meta-analysis approach. *Survey of Ophthalmology, 44*(5), 367-408. https://doi.org/10.1016/S0039-6257(00)00110-7

Grewal, D. S., Brar, G. S., & Grewal, S. P. S. (2010). Assessment of central corneal thickness in normal, keratoconus, and post-laser in situ keratomileusis eyes using Scheimpflug imaging, spectral domainoptical coherence tomography, and ultrasound pachymetry. *Journal of Cataract and Refractive Surgery, 36*(6), 954-964. https:doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.12.033

Kim, Y. H., Budenz, L. D., Lee, S. P., Feuer, W. J., & Barton, K. (2008). Comparison of central corneal thickness using Anterior Segment Optical Coherence Tomography versus ultrasound Pachymetry. *American Journal of Ophthalmology, 145*(2), 228-232. https://doi.org/10.1016/j.ajo.2007.09.030

Kumar, K. K., Prakash, A. A., Neeraja, T. G., Adappa, K. T., Prabha, T. S., & Gangasagara, S. B. (2021). To compare Central Corneal Thickness measurements obtained by Pentacam with those obtained by IOLMaster 700, Cirrus Anterior Segment optical coherence tomography, and Tomey specular microscopy in normal healthy eyes. *Indian Journal of Ophthalmology, 69*(7), 1713-1717. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_3364_20

Lackner, B., Schmidinger, G., Pieh, S., Funovics, M. A., & Skorpik, C. (2005). Repeatability and reproducibility of Central Corneal Thickness measurement with Pentacam, Orbscan, and ultrasound. *Optometry and Vision Science, 82*(10), 892-899. https://doi.org/10.1097/01.opx.0000180817.46312.0a

Ramesh, P. V., Jha, K. N., & Srikanth, K. (2017). Comparison of central corneal thickness using anterior segment optical coherence tomography versus ultrasound pachymetry. *Journal of Clinical and Diagnostic Research, 11*(8), NC08-NC11. https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25595.10420

Thiagarajan, K., Srinivasan, K., Gayam, K., & Rengaraj, V. (2021). Comparison of central corneal thickness using non-contact tono-Pachymeter with ultrasound Pachymetry in normal children and in children with refractive error. *Indian Journal of Ophthalmology, 69*(8), 2053-2059. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_364_21

Tomey Corporation. (n.d.). *Sp-100 Operation manual.* ManualsLib. https://www.manualslib.com/manual/2308306/Tomey-Sp-100.html