

น้ำในลูกตา เครื่องมือวัดความดันตาและความดันตา 24 ชั่วโมง

Aqueous Humor, Tonometers and 24-hour Intraocular Pressure

ณัฐมน ศรีสำราญ

Nuttamon Srisamran

ศูนย์จักษุวิทยาเฉพาะทาง โรงพยาบาลเว็ลด์เมดิคอลเซ็นเตอร์
Advanced Ophthalmology Center, The World Medical Center

บทคัดย่อ

ความดันที่เกิดขึ้นในตาเป็นผลจากสมดุลของการสร้างและการระบายออกของสารน้ำ (aqueous humor) ที่ไหลเวียนอยู่ภายในลูกตาและเกิดขึ้นตลอดเวลา แม้จะมีตัวเลขชัดเจนในแง่ของอัตราการผลิต aqueous humor ที่แน่นอน แต่ในความเป็นจริงกลับพบว่า การสร้าง aqueous humor ระหว่างวันไม่คงที่ และเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับสมดุลการทำงานของระบบต่างๆ ของร่างกายในแต่ละวัน (circadian rhythms) หรือที่เรียกอีกชื่อว่า นาฬิกาชีวภาพ (biological clocks) ต้อหินเป็นกลุ่มโรคของเส้นประสาทตาชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะตาบอดถาวรอันดับต้นๆ ของโลก แม้ว่า IOP จะไม่นับเป็นส่วนหนึ่งของนิยามหรือเกณฑ์การวินิจฉัยโรคนี้แล้วดังในอดีต แต่ IOP ก็เป็นปัจจัยเสี่ยงเพียงอย่างเดียวที่สามารถควบคุมได้และเป็นเป้าหมายของการรักษาในระยะยาว การวัด IOP ด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพแม่นยำ สะดวกและปลอดภัยจึงเข้ามามีบทบาทในการประเมิน รวมถึงการวัดความดันตา 24 ชั่วโมงที่ให้ข้อมูลมากกว่าการวัด IOP เมื่อพบแพทย์เพียงครั้งเดียว ช่วยแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของ IOP ระหว่างวัน รวมถึงความแตกต่างของ IOP ระหว่างช่วงเวลากลางวันและกลางคืนในผู้ป่วยแต่ละราย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวินิจฉัยโรคต้อหินและการติดตามการรักษาในขั้นตอนต่อไป

คำสำคัญ: โรคต้อหิน, Aqueous humor, ความดันตา, เครื่องมือวัดความดันตา, การวัดความดันตา 24 ชั่วโมง

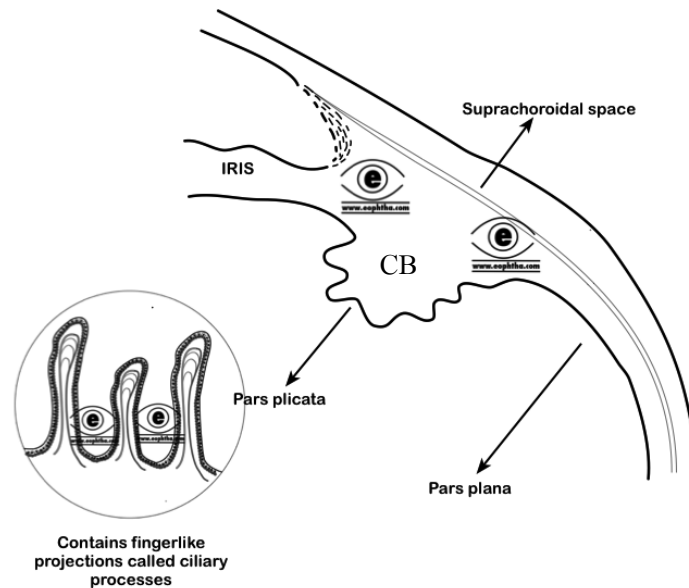
เมื่อเข้ารับการตรวจที่แผนกจักษุ คนไข้โดยมากจะได้รับการประเมินความดันตาดังวิธีใดวิธีหนึ่งทั้งก่อนเข้าพบจักษุแพทย์และ/หรือโดยเครื่องมือในห้องตรวจแพทย์อยู่เสมอ บางท่านขอยกเว้นหรือผ่านการตรวจนี้ไปเนื่องจากกลัวเจ็บ หรือเกรงว่าดวงตาจะได้รับอันตรายจากกระบวนการวัด ผู้ป่วยหลายท่านอาจมีคำถามในใจอยู่บ่อยๆ ว่า ความดันตาคืออะไร? มีความจำเป็นหรือไม่? ทำไมจึงต้องวัดทุกครั้งที่เราไปพบแพทย์? และผลการตรวจที่ได้จะเป็นประโยชน์หรือมีบทบาทต่อการวินิจฉัยและการรักษาอย่างน้อยเพียงใด? ผู้ป่วยส่วนมากมักเก็บคำถามไว้ในใจหรือไม่มีโอกาสได้สอบถามจักษุแพทย์โดยตรง เมื่อเวลาผ่านไปก็พบว่าได้เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับความดันตาในระยะที่เป็นมากโดยไม่รู้ตัวแล้ว และเมื่อสืบค้นย้อนกลับก็พบว่า ได้เสียโอกาสในการ

วินิจฉัยโรคและเริ่มการรักษาแต่เนิ่นๆ เพียงเพราะแคะมองข้ามหรือละเลยการตรวจวัดความดันตาเพียงอย่างเดียว

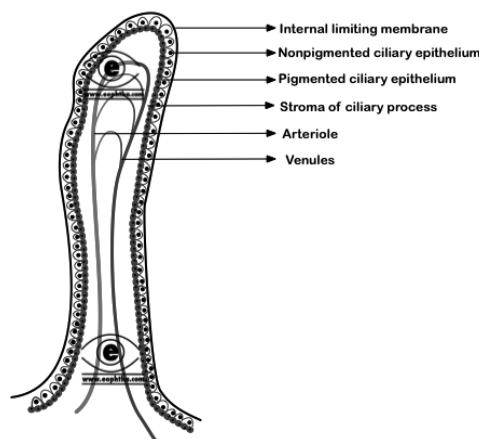
ความดันในลูกตา ความดันตา หรือที่เรียกว่า intraocular pressure (IOP) นั้น เป็นแรงดันที่เกิดจากของเหลวที่อยู่ภายในลูกตาซึ่งมีทรงเป็นปริมาตรและมีหน่วยการวัดเป็นมิลลิเมตรปรอท (mm Hg) ความดันที่เกิดขึ้นในตานี้เป็นผลจากสมดุลของการสร้างและการระบายออกของสารน้ำ (aqueous humor) ที่ไหลเวียนอยู่ภายในลูกตาและเกิดขึ้นตลอดเวลา aqueous humor เป็นของเหลวที่อยู่ใน anterior chamber [หลังต่อชั้นในสุดของกระจกตา (corneal endothelium) ถึงหน้าต่อแก้วตาหรือเลนส์ตา (lens)] และ posterior chamber [ช่องว่างที่อยู่ทางด้านหลังและด้านข้างต่อม่านตา (iris) ถึงหน้าต่อ lens] มีลักษณะใสและมีส่วประกอบคล้ายน้ำเลือด (plasma) แต่มีปริมาณสารหรือเกลือแร่บางชนิดมากกว่าปกติ เช่น hydrogen ion, chloride ion, ascorbate และไม่มี bicarbonate นอกจากนี้ยังพบว่า aqueous humor มีโปรตีนน้อยมาก คือ พบแค่เพียง 1/200–1/500 ของปริมาณที่พบใน plasma ปัจจัยนี้ทำให้ aqueous humor มีความใสและช่วยในเรื่องของการหักเหแสง รวมถึงเป็นดัชนีช่วยชี้วัดสภาวะปกติของ blood–aqueous barrier ในตาอีกทางหนึ่งด้วย ในจำนวนโปรตีนทั้งหมดนี้เป็นชนิด albumin อยู่ครึ่งหนึ่ง และนอกจากนั้น ยังมีส่วประกอบอื่น เช่น growth factors และเอนไซม์อีกหลายชนิด เช่น carbonic anhydrase, lysozyme, diamine oxidase, plasminogen activator, dopamine β -hydroxylase, phospholipase A₂ รวมถึง prostaglandins, cyclic adenosine monophosphate (cAMP), catecholamines, steroid hormones และ hyaluronic acid¹

Aqueous humor สร้างจากโครงสร้างที่อยู่หลังต่อม่านตา (iris) ที่เรียกว่า ciliary processes (ภาพที่ 1) ซึ่งมีลักษณะคล้ายนิ้วหรือปุ่มที่ยื่นเข้ามาข้างในลูกตา เกิดจากการพับทบเข้ามาทางด้านในของชั้น choroid ปกติแล้วในมนุษย์จะมีจำนวน ciliary processes อยู่ประมาณ 80 ปุ่มด้วยกัน ตำแหน่งนี้เป็นบริเวณที่มีเลือดมาเลี้ยงมาก บริเวณผิวของ ciliary processes มีเนื้อเยื่อสำคัญปกคลุมอยู่ 2 ชั้น (ภาพที่ 2) คือ ชั้นเซลล์ด้านนอกซึ่งมีเม็ดสีภายใน (pigmented epithelium) และชั้นเซลล์ด้านในที่ไม่มีเม็ดสี (non-pigmented epithelium) ตำแหน่งชั้นเซลล์ด้านในนี้เชื่อว่า เป็นบริเวณที่มีการสร้าง aqueous humor ขึ้นผ่านกระบวนการสำคัญ 3 ขั้นตอน อันได้แก่ active secretion, ultrafiltration และ simple diffusion¹ เมื่อสร้างเสร็จ สาร aqueous humor จะถูกหลังจากชั้น inner non-pigmented epithelium เข้าไปใน posterior chamber ผ่านรูม่านตา (pupil) เข้าสู่ anterior chamber และระบายออกจากตาผ่านทางเนื้อเยื่อชื่อ trabecular meshwork ที่มีลักษณะคล้ายตะแกรงซึ่งอยู่ตรงมุมตาในท้ายที่สุด (ภาพที่ 3) โดยปกติ aqueous humor จะถูกสร้างในอัตราเฉลี่ย 2.0–2.5 $\mu\text{L}/\text{min}$ แต่อย่างไรก็ตาม ส่วประกอบของ aqueous humor นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะทางการไหลตั้งแต่ posterior chamber เรื่อยไปจนถึง anterior chamber อวัยวะหรือตำแหน่งที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการปรับส่วประกอบของ aqueous humor นี้

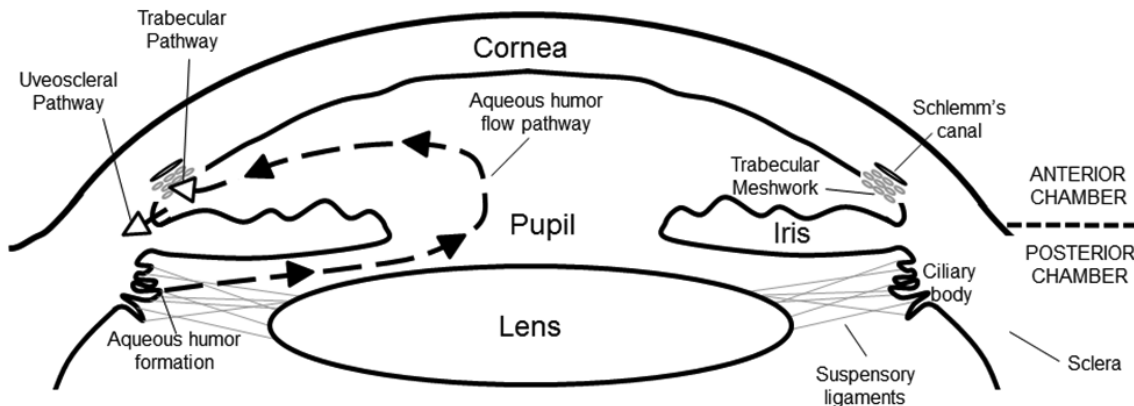
ได้แก่ hyaloid face ของวุ้นตา (vitreous), ผิวของ lens, เส้นเลือดของ iris และ corneal endothelium นอกจากนั้นยังมีกระบวนการเพิ่มเติมอื่นอีก เช่น dilutional exchanges, active processes เป็นต้น



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งและรูปร่างของ ciliary processes ที่ยื่นเข้ามาด้านในลูกตา วางตัวอยู่บนตำแหน่งของ ciliary body (CB) ในส่วนที่เป็นรอยหยัก (pars plicata) (Available from: <http://www.eophtha.com>)



ภาพที่ 2 แสดงเซลล์ 2 ชั้นที่ปกคลุม ciliary processes ซึ่งได้แก่ ชั้น pigmented epithelium (อยู่ด้านนอกและมีเม็ดสี) และชั้น non-pigmented epithelium (อยู่ด้านในและไม่มีเม็ดสี) ในชั้นหลังนี้เชื่อว่า เป็นตำแหน่งที่มีการสร้าง aqueous humor (Available from: <http://www.eophtha.com>)



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งของ ciliary processes ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ciliary body และทำหน้าที่สร้าง aqueous humor เส้นทางการไหลของ aqueous humor (เส้นประและลูกศรสีดำ) และการระบาย aqueous humor ออกจากลูกตาผ่านทาง trabecular meshwork (Available from: <http://www.eyedolatryblog.com/2015/09/fda-to-review-new-glaucoma-drop-vesneo.html>)

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีตัวเลขชัดเจนในแง่ของอัตราการผลิต aqueous humor ที่แน่นอน แต่ในความเป็นจริงนั้นกลับพบว่า การสร้าง aqueous humor ระหว่างวันไม่คงที่และเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับสมมูลการทำงานของระบบต่างๆ ของร่างกายในแต่ละวัน (circadian rhythms) หรือที่เรียกอีกชื่อว่า นาฬิกาชีวภาพ (biological clocks) ด้วยเหตุว่า IOP เป็นตัวช่วยให้เราสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงที่ไม่หยุดนิ่งภายในตาได้ ค่า IOP ที่วัดได้แต่ละครั้งจึงเป็นสัญญาณชีพที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยสะท้อนสภาพความเป็นไปภายในตา ช่วยบ่งบอกถึงความผิดปกติและ/หรือโรคบางอย่างของตาได้ ดังนั้น การวัด IOP เมื่อพบจักษุแพทย์จึงเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม นิยามของค่า IOP ที่ปกตินั้นมีหลากหลาย เช่น อยู่ระหว่าง 6-21 mm Hg, 10-20 mm Hg หรือ 12-22 mm Hg แม้ว่าจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละตำรา แต่ในทางสากลนั้นถือว่า IOP ที่มีค่าสูงกว่า 21 mm Hg น่าจะผิดปกติ

วัตถุประสงค์ของการวัด IOP

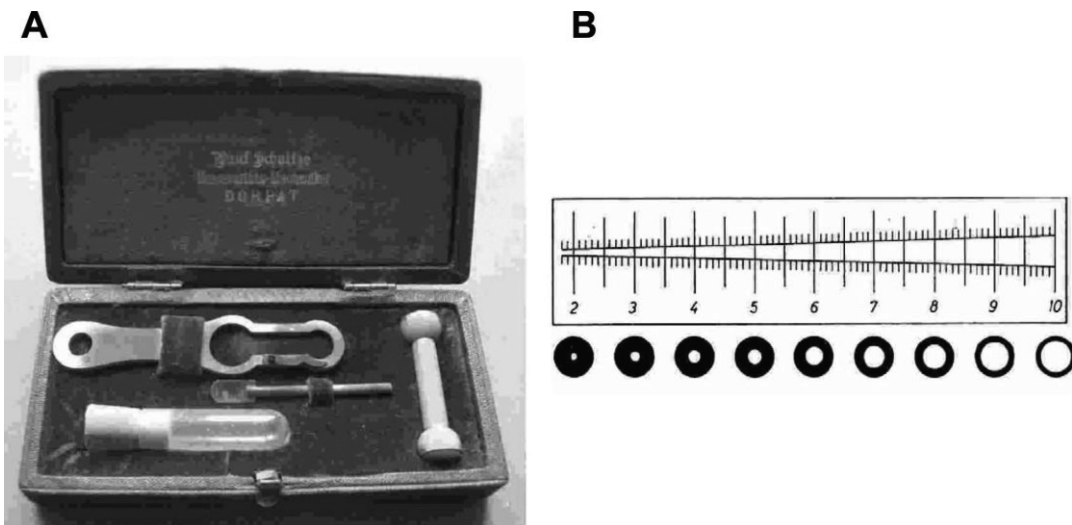
1. เพื่อแสดงค่าความดันภายในตา
2. เพื่อช่วยวินิจฉัยโรค
3. เพื่อติดตามและประเมินผลการรักษา

มีการค้นพบหลักฐานเรื่องการบันทึกความตึงของตาหรือในอีกความหมายหนึ่ง คือ ความดันตา ตั้งแต่ สมัยศตวรรษที่ 10 โดยศัลยแพทย์ชาวอาหรับชื่อ At-Tabari ที่กล่าวถึงการตึงของตาที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด ซึ่งอาจจะสัมพันธ์กับสิ่งที่เราทราบกันในตอนนี้ คือ ภาวะต้อหินเฉียบพลัน² แต่กระนั้นก็ดี IOP ก็ยังไม่ได้รับการตรวจเป็นประจำหรือสม่ำเสมอ จนกระทั่งปลายศตวรรษที่ 19 แม้ว่า Von Graefe จะเป็นคนแรกที่คิดค้น เครื่องมือวัดความดันตา (tonometer) ขึ้นมาในปี 1863 (ภาพที่ 4) แต่เครื่องมือวัดความดันตาที่เหมาะสม และเชื่อถือได้เครื่องแรกนั้นกลับเป็น Maklakoff applanation tonometer (ภาพที่ 5) ซึ่งถูกผลิตขึ้นในปี 1885 และเป็นที่ยอมรับแพร่หลายในยุโรปตะวันออกจนถึงปัจจุบัน ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน คือ ปี 1884 Koller ได้เริ่มใช้โคเคนเป็นยาชาเฉพาะที่สำหรับตา ซึ่งมีประโยชน์ต่อการวัดความดันตาด้วยอุปกรณ์ที่ต้องใช้ การกดหรือการสัมผัสกระจกตาเป็นอย่างมาก Schiotz เป็นเครื่องมือวัดความดันตาดอกชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการวัด ความดันตา โดยใช้แรงกดลงไปบนกระจกตาในแนวตั้ง (indentation) และเป็นที่ยอมรับ 2 ใน 3 ช่วงแรกของ ศตวรรษที่ 20 ในเวลาต่อมา Goldmann applanation tonometer ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความดันตาที่ถือได้ว่า แม่นยำอย่างแท้จริงตัวหนึ่งได้ถูกคิดค้นขึ้น เริ่มใช้ในปี 1950 และเป็นที่ยอมรับจนถึงปัจจุบัน นอกจากนั้น ยังมี อุปกรณ์อื่นอีก เช่น McKay-Marg tonometer ซึ่งเป็นต้นแบบของ Tono-Pen ที่ใช้กันในปัจจุบัน³

โดยทั่วไป การวัดความดันตาใช้เครื่องมือที่ปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายต่อดวงตา และผ่านการรับรอง มาตรฐานจากทั้งต่างประเทศและในประเทศแล้ว ที่นิยมใช้กันในคลินิก ณ ปัจจุบัน ได้แก่ Air-puff tonometer (ภาพที่ 6) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่วัดความดันตาโดยไม่สัมผัส แต่ใช้ลมเป่าปะทะที่กระจกตาแทน Goldmann applanation tonometer (ภาพที่ 7) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับกล้องจุลทรรศน์ (Slit lamp biomicroscopy) และวัดโดยการสัมผัส นอกจากนั้น ยังมีเครื่องมือวัดความดันตาแบบพิเศษอีกหลาย ชนิดที่มีหลักการในการวัดแตกต่างกันไปและเป็นทางเลือกเพิ่มเติม ยกตัวอย่างเช่น Perkins tonometer, Tono-Pen applanation tonometer (Tono-Pen AVIA[®], Tono-Pen[®] XL), PASCAL dynamic contour tonometer, iCare[®] rebound tonometer, pneumatonometer, Diaton transpalpebral tonometer, Ocular Response Analyzer[®] เครื่องมือที่กล่าวมาข้างต้นแต่ละชนิดมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะเหมาะสมสำหรับใช้ กับผู้ป่วยบางกลุ่มที่ไม่สามารถวัดด้วยเครื่องมือ 2 ชนิดแรกได้ หรือในกรณีที่ดวงตาของคนไข้มีความผิดปกติ อาจใช้วัด IOP เพื่อยืนยันหรือเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่น เพื่อให้ได้ค่าที่น่าเชื่อถือและ/หรือมีความแม่นยำมาก ขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำวิจัย แม้ว่าจะมีทางเลือกในการวัด IOP อยู่หลายวิธี แต่เครื่องมือวัดความดันตา ที่จักษุแพทย์ทั่วโลกถือเป็นสากลและเป็นมาตรฐานในปัจจุบัน คือ Goldmann applanation tonometer (GAT)



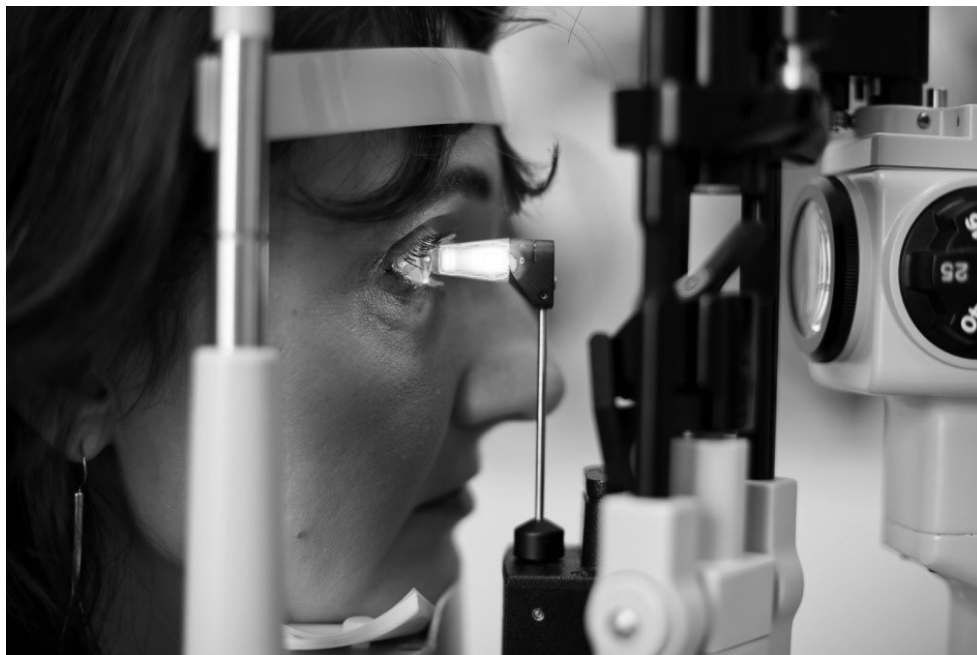
ภาพที่ 4 แสดง von Graefe's Tonometer (1863) ซึ่งใช้วัดความดันตาผ่านเปลือกตา (eyelid) หรือตาขาว (sclera) ในขณะนั้นยังไม่มียาชาเฉพาะที่สำหรับตาให้ใช้ (Available from: www.optvissci.com)



ภาพที่ 5 แสดง (A) Maklakoff's tonometer (1885) อุปกรณ์วัดความดันตาในทางปฏิบัติตัวแรก เมื่อจะวัดให้ใช้หมึกทาบริเวณปลายด้านล่างของอุปกรณ์และค่อยๆ วางลงบนกระจกตาที่หยอดยาชาเตรียมไว้แล้ว ผู้ป่วยต้องอยู่ในท่านอน ถ้าตาดำมืด สีของหมึกบริเวณที่กดทับกระจกตาจะถูกรีดออก ต่อจากนั้น ผู้วัดจะนำเอาบริเวณที่สัมผัสกระจกตานี้มากดทับลงบนกระดาษ บริเวณสีขาวด้านในต่อวงกลมสีดำ หมายถึง ตำแหน่งของกระจกตาที่ถูกกดให้แบน (B) Maklakoff conversion table เป็นตารางแปลงภาพหมึกบนกระดาษให้เป็นค่าของพื้นที่ที่ถูกกดทับ จากนั้นจะใช้สูตรของ Imbert-Fick ในการแปลงค่าพื้นที่ดังกล่าวให้เป็นค่า IOP ในท้ายที่สุด (Available from: www.optvissci.com)



ภาพที่ 6 แสดง air-puff tonometer ซึ่งวัดความดันตาโดยไม่สัมผัสและใช้ลมเป่าปะทะที่กระจกตาแทน
(Available from: <http://www.synemed.com/canonproducts.html>)



ภาพที่ 7 แสดง Goldmann applanation tonometer เครื่องมือมาตรฐานสำหรับวัดความดันตาในปัจจุบัน
(Available from: http://gemclinic.ca/about_glaucoma.php)

การวัด IOP เมื่อพบแพทย์ในแต่ละครั้งนั้นถือเป็นการวัด ณ จุดหนึ่งของเวลาหรือในช่วงระยะเวลาสั้นๆ แต่เมื่อเทียบกับทั้งวันที่ยาวนานถึง 24 ชั่วโมงแล้ว ถือว่าให้ข้อมูลน้อยมาก และไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนค่า IOP ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวันได้ มากไปกว่านั้น คือ ค่า IOP ที่สูงสุดหรือต่ำสุดของผู้ป่วยแต่ละรายอาจไม่ปรากฏในช่วงเวลาที่ผู้ป่วยไปพบแพทย์ก็เป็นได้ แม้ว่าโดยหลักการ IOP จะเป็นผลจากการไหลเวียนของของเหลวภายในลูกตา มีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน แต่ในความเป็นจริงแล้ว ยังมีปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อค่า IOP ได้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น อัตราการเต้นของหัวใจ การหายใจ ทำน่องหรือทำนอน การออกกำลังกายบางประเภท เครื่องดนตรีบางชนิดโดยเฉพาะประเภทเป่า อาชีพบางอย่าง ยารักษาโรคทั้งทางกายและแบบเฉพาะที่ การดื่มน้ำหรือของเหลว นอกจากนี้แอลกอฮอล์ คาเฟอีน หรือสารเสพติดบางประเภทก็มีผลต่อ IOP ได้เช่นกัน

ต้อหินเป็นกลุ่มโรคของเส้นประสาทตาชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะตาบอดถาวรอันดับต้นๆ ของโลก แม้ว่า IOP จะไม่นับเป็นส่วนหนึ่งของนิยามหรือเกณฑ์การวินิจฉัยโรคนี้แล้วดังในอดีต แต่ IOP ก็เป็นปัจจัยเสี่ยงเพียงอย่างเดียวที่สามารถควบคุมได้และเป็นเป้าหมายของการรักษาในระยะยาว การติดตาม IOP จึงยังสามารถช่วยวินิจฉัยโรคทางอ้อม ช่วยป้องกันการเกิดโรคต้อหินในคนไข้บางกลุ่มและ/หรือใช้ประกอบการรักษาในผู้ที่เป็โรคต้อหิน เนื่องจาก IOP มีการขึ้นลงอย่างไม่หยุดนิ่งและถูกกระทบโดยปัจจัยภายนอกได้ ดังนั้น ในแต่ละวันจึงเกิดการแกว่งของค่า IOP (IOP fluctuation) ขึ้น จากการศึกษาพบว่า ในคนปกติอยู่ระหว่าง 4-5 mm Hg หรือ 3-6 mm Hg และ IOP fluctuation นี้จะเพิ่มมากขึ้นในผู้ป่วยต้อหินบางราย^{4, 5} มีการศึกษาพบว่า การวัดค่า IOP เป็นครั้งๆ ไปในทำนองช่วงเวลากลางวันที่แพทย์ออกตรวจ ไม่ช่วยบอกพิษภัยหรือขอบเขตความสูงต่ำของ IOP⁶ ค่าสูงสุดของ IOP ในแต่ละวัน (peak IOP)⁷ รวมถึงการผันแปรของ IOP ระหว่างวันในแต่ละคน และในทางตรงกันข้าม เมื่อวัด IOP หลายครั้งตลอด 24 ชั่วโมง ก็พบว่า จำนวน 2 ใน 3 ของผู้ป่วยต้อหินทั้งหมดนั้นมี peak IOP อยู่ในเวลาอื่นที่ไม่ใช่ช่วงกลางวัน นอกจากนั้น ยังพบ peak IOP ในช่วงกลางคืนหรือช่วงของการนอนหลับบ่อยที่สุด^{5, 6} จากการศึกษาหนึ่ง พบว่า เมื่อติดตามคนไข้ต้อหินประเภทมุมเปิดที่ได้รับการรักษาเป็นระยะเวลานาน 20 ปีอย่างต่อเนื่อง พบโอกาสที่จะเกิดตาบอดทั้งสองตาหรือน้อยหนึ่ตาในคนกลุ่มนี้อยู่ที่ 9% และ 26% ตามลำดับ⁸ ดังนั้น จึงอาจอนุมานได้ว่า คนไข้ต้อหินเกือบ 1 ใน 3 (26%) ที่แม้ได้รับการรักษาแต่ยังตาบอดนี้ อาจได้รับการประเมิน IOP ที่ยังไม่เพียงพอ จึงทำให้เกิดการแย่งของโรคและสูญเสียการมองเห็นในที่สุด⁹ จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า การวัด IOP ในแต่ละครั้งเวลาที่ไปตรวจตาหรือพบแพทย์ รวมถึงการวัดค่า IOP อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้น ล้วนมีความสำคัญและมีความจำเป็นทั้งสิ้น

ข้อดีของการวัดความดันตา 24 ชั่วโมง⁹

1. ช่วยวินิจฉัยและบอกระดับความเสี่ยงของโรคต้อหิน

ผู้ป่วยโรคต้อหินหรือผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงบางรายอาจมีรูปแบบความดันตาตามธรรมชาติที่เสี่ยงต่อการเป็นต้อหินหรือทำให้โรคแย่ลงอยู่แล้ว ดังนั้น การวัดความดันตาเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในแต่ละคนจึงเป็นหลักฐานหรือข้อมูลสำคัญที่อาจช่วยอธิบายพยาธิสภาพหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ใช้ประกอบการวินิจฉัย และมีส่วนสำคัญในการช่วยตัดสินใจเริ่มและ/หรือเปลี่ยนแปลงการรักษาโรคต้อหิน

2. เพื่อเป็นแนวทางรักษาเฉพาะบุคคล

ในความเป็นจริง ผู้ป่วยต้อหินทุกคนไม่ได้ตอบสนองต่อการรักษาเดียวกันในรูปแบบที่เหมือนกันเสมอไป รวมถึงยาต้อหินแต่ละกลุ่มก็มีกลไกและช่วงเวลาของการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันไป ดังนั้น การบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของความดันตาในแต่ละช่วงเวลาจึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการเลือกชนิดของยารักษา รวมถึงเวลาหยอดยาที่เหมาะสมเพื่อคุมความดันตาให้เหมาะสมตามเป้าหมายที่วางแผนไว้

3. เพิ่มประสิทธิภาพของการรักษา

การแสดงให้เห็นรูปแบบของความดันตาที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 24 ชั่วโมงด้วยวิธีการวัดมาตรฐาน และผลของยาหรือการรักษาที่มีต่อความดันตาอย่างเป็นรูปธรรม จะทำให้ผู้ป่วยเข้าใจลักษณะของโรคต้อหินมากขึ้น รวมถึงเห็นความสำคัญของการรักษาและเคร่งครัดกับการหยอดยามากกว่าเดิม

4. ช่วยเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

กิจกรรมที่ผู้ป่วยต้อหินชื่นชอบและอาชีพบางประเภท อาจมีผลต่อความดันตาและทำให้โรคต้อหินแย่ลง ดังนั้น การปรับหรือการหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่มีความเสี่ยงเหล่านี้ จึงอาจมีส่วนช่วยในการคุมความดันตาให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

5. ป้องกันไม่ให้โรคแย่ลง

การรักษาโรคต้อหินเฉพาะบุคคลตามจังหวะการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความดันตา 24 ชั่วโมง อาจช่วยลดอัตราการเปลี่ยนแปลงของโรคต้อหินและให้ผลการรักษาที่ดีขึ้นได้

ในอดีตมีความพยายามในการคิดค้นอุปกรณ์เพื่อให้คนไข้สามารถวัด IOP เองที่บ้านได้ (home tonometry) ไม่ต้องนอนโรงพยาบาลและรบกวนการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น Ocuton S (EPSa) ซึ่งใช้หลักการ applanation, Proview Eye Pressure phosphene tonometer (Bausch + Lomb) ซึ่งใช้หลักการการเหนี่ยวนำการรับแสงจากความดันภายนอกตา^{10, 11} แต่ทั้งนี้พบว่า อุปกรณ์ทั้งสองชนิดไม่แม่นยำ เมื่อเทียบกับ GAT นอกจากนั้น ในกรณีที่ใช้ Ocuton S ยังต้องใช้อย่างระมัดระวังและมีการสัมผัสกระจกตาระหว่างการวัด IOP

ด้วย ในเวลาต่อมา มีการคิดค้น Icare[®] HOME (ภาพที่ 8) ขึ้น ซึ่งใช้หลักการ rebound tonometry มีความแม่นยำกว่าสองวิธีแรก คนไข้ใช้วัด IOP เองได้ง่ายขึ้น ไม่ต้องใช้ยาชาหยอดตาเนื่องจากหัววัดมีขนาดเล็กมาก และใช้วัดความดันตาลด 24 ชั่วโมงนอกคลินิกได้ รวมถึง Icare[®] TAO1i (ภาพที่ 9) ซึ่งเป็นรุ่นที่ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาในประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับใช้ในคลินิกตา แต่อุปกรณ์ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ยังคงไม่ได้รับการรับรองให้ใช้สำหรับ home tonometry

ปัจจุบัน มีอุปกรณ์พิเศษที่สามารถช่วยติดตาม IOP ได้ตลอด 24 ชั่วโมงที่ใช้ได้จริงกับมนุษย์ ภายใต้ชื่อการค้า SENSIMED Triggerfish[®] (ภาพที่ 10) ในรูปแบบของคอนแทคเลนส์ที่สะดวกต่อผู้ป่วย สามารถสวมใส่ได้ตลอดเวลาและง่ายในทางปฏิบัติ ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตและทำกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติรวมถึงเวลานอน โดยที่ไม่ต้องตื่นระหว่างคืนเพื่อลุกขึ้นมาวัด IOP ระบบของ SENSIMED Triggerfish[®] นั้น ใช้คอนแทคเลนส์ที่ทำจาก soft hydrophilic silicone ชนิดใช้แล้วทิ้ง (disposable contact lens) และฝัง telemetric micro-sensor ไว้ภายในเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงเส้นรอบวงของกระจกตาบริเวณรอยต่อของกระจกตาและตาขาวอย่างต่อเนื่อง โดยเชื่อว่า การเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงนี้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของ IOP และ IOP fluctuation (ภาพที่ 11) ตัวรับสัญญาณจากคอนแทคเลนส์ (SENSIMED Triggerfish[®] antenna) จะถูกแปะติดอยู่รอบตาและรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังตัวบันทึกข้อมูลซึ่งพกพาได้ (portable recorder) ตัวบันทึกข้อมูลนี้จะเป็นแหล่งเก็บข้อมูลทั้งหมดตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงข้อมูลจะถูกส่งจาก portable recorder ผ่านระบบ Bluetooth ไปยัง software ที่ติดตั้งไว้แล้วในคอมพิวเตอร์¹² (ภาพที่ 12)

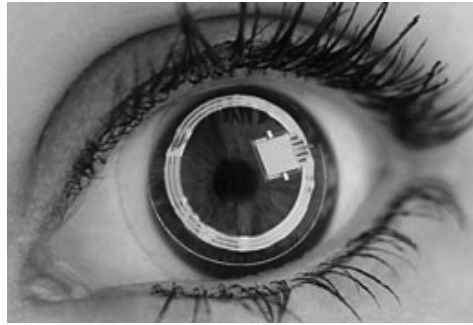
Mansouri et al ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ SENSIMED Triggerfish[®] และพบว่า ความแม่นยำที่เกิดจากการวัดซ้ำโดยใช้อุปกรณ์และระบบนี้ให้ผลปานกลางค่อนข้างดี¹³ นอกจากนั้นยังมีความปลอดภัย โดยเฉพาะใน generation ที่ 2 ที่มีการพัฒนาให้ดีขึ้น¹⁴ และผู้ป่วยสามารถทนต่อการสวมใส่อุปกรณ์ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมงได้ดี¹⁵ เหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ (adverse events) จากการสวมใส่ SENSIMED Triggerfish[®] ที่พบมากที่สุด ได้แก่ เยื่อตาแดง (80%) ซึ่งเป็นชั่วคราว มีความรุนแรงเล็กน้อยถึงปานกลาง และตามัว (82%) อย่างไรก็ตาม แม้ว่า SENSIMED Triggerfish[®] จะมีประโยชน์มากมาย แต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายหรือถูกใช้เป็นมาตรฐานในการรักษาหรือติดตามโรคต้อหินนักในปัจจุบัน และมักถูกใช้ในงานวิจัยมากกว่าเนื่องจากข้อจำกัดบางประการ เช่น ราคาของอุปกรณ์ในการวัด IOP และระบบที่แพง การใช้ disposable contact lens การรายงานผลของเครื่องที่เป็นหน่วย millivolts (mV, ภาพที่ 13) และต้องใช้ software เฉพาะแปลงค่าที่ได้นี้ให้เป็นหน่วยวัด IOP (mm Hg) อีกครั้ง จนถึงปัจจุบัน SENSIMED Triggerfish[®] ได้รับเครื่องหมาย CE (CE Markings) ซึ่งเป็นมาตรฐานของ European Union (EU) และอนุญาตให้จำหน่ายหรือใช้ใน 33 ประเทศแถบยุโรปได้^{16, 17} แต่ยังคงไม่ได้รับการอนุมัติให้ใช้หรือจำหน่ายโดยองค์การอาหารและยาในประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพที่ 8 แสดง Icare[®] HOME tonometer ใช้วัดความดันตาตลอด 24 ชั่วโมงที่นอกคลินิกตาและที่บ้านได้
(Available from: <http://www.icaretonometer.com/products/icare-home-tonometer/>)

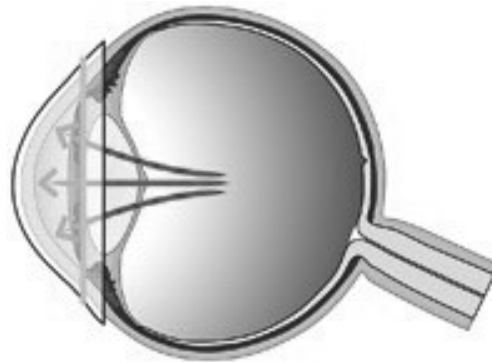


ภาพที่ 9 แสดง ICare[®] TAO1i ที่ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาในประเทศสหรัฐอเมริกา
(Available from: <http://www.icaretonometer.com/products/icare-ta01>)

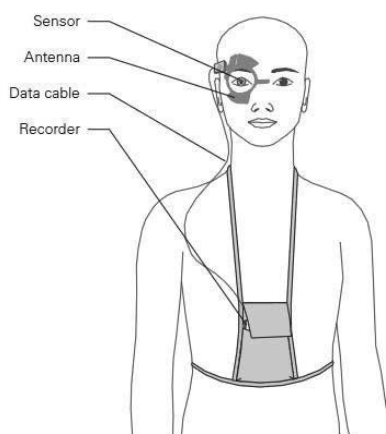


ภาพที่ 10 แสดง SENSIMED Triggerfish[®] ที่วางตัวอยู่บนกระจกตา

(Available from: <http://www.medgadget.com/2013/07/smart-continuous-monitoring-of-the-intra-ocular-pressure-with-the-triggerfish-contact-lens-qa-with-rene-goedkoop-cmo-of-sensimed.html>)



ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นรอบวงของกระจกตาบริเวณรอยต่อของกระจกตาและตาขาว เมื่อความดันตาเพิ่มขึ้น (Available from: <http://www.smw.ch/content/smw-2012-13545/>)



ภาพที่ 12 แสดงระบบของ SENSIMED Triggerfish[®] และผู้ป่วยขณะสวมใส่

(Available from: <http://www.sensimed.ch>)



ภาพที่ 13 แสดงผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงกระจกตาบริเวณรอยต่อระหว่างกระจกตา และตาขาวอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงในแกนตั้ง โดยมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ (millivolts, mV) และเวลาที่วัดความดันตาในแกนนอน

(Available from: <http://ophthalmologytimes.modernmedicine.com/news/product-profiles-3>)

บทสรุป

การวัดความดันตาในแต่ละครั้งที่ผู้ป่วยมาพบแพทย์และการวัดความดันตา 24 ชั่วโมง มีบทบาทสำคัญในการช่วยวินิจฉัย ติดตามโรค และประเมินผลการรักษาโรคต้อหินเป็นอย่างมาก นอกจากนั้น ยังช่วยแพทย์ในการตัดสินใจสั่งยาหรือให้การรักษาที่จำเพาะต่อคนไข้แต่ละรายอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แม้ว่าจะมีอุปกรณ์หลากหลายชนิดผลิตออกมาใหม่เรื่อยๆ ในท้องตลาด แต่การตรวจคนไข้อย่างละเอียดควบคู่ไปกับการซักประวัติ และการใช้เครื่องมือมาตรฐานอื่นประกอบเพื่อการวินิจฉัยและการประเมินการเปลี่ยนแปลงของโรคทั้งในแง่โครงสร้างและหน้าที่ของเส้นประสาทตาก็ยังคงเป็นสิ่งจำเป็นที่ขาดไม่ได้

เอกสารอ้างอิง

1. Aqueous humor formation. Available from: <http://www.aao.org/bcscsnippetdetail.aspx?id=591e80ab-e372-4ad3-9c49-1aed4ba74f61>
2. Duke-Elder S, Jay B. Diseases of the lens and vitreous; glaucoma and hypotony. In: Duke-Elder S, ed. System of Ophthalmology, vol. 11. St. Louis, MO: Mosby; 1969.
3. Stamper RL. A history of intraocular pressure and its measurement. Optom Vis sci. 2011; 88(1):E16-28.

4. Liu JH, Kripke DF, Twa MD, Hoffman RE, Mansberger SL, Rex KM, et al. Twenty-four hour pattern of intraocular pressure in the aging population. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1999; 40:2912-2917.
5. Liu JH, Zhang X, Kripke DF, Weinreb RN. Twenty four-hour intraocular pressure pattern associated with early glaucomatous changes. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2003; 44:1586-1590.
6. Barkana Y, Anis S, Liebmann J, Tello C, Ritch R. Clinical utility of intraocular pressure monitoring outside of normal office hours in patients with glaucoma. Arch Ophthalmol. 2006; 124:793-797.
7. Mosaed S, Liu JH, Weinreb RN. Correlation between office and peak nocturnal intraocular pressures in healthy subjects and glaucoma patients. Am J Ophthalmol. 2005; 139:320-324.
8. Hattenhauer MG, Johnson DH, Ing HH, Herman DC, Hodge DO, Yawn BP, et al. The probability of blindness from open-angle glaucoma. Ophthalmology. 1998; 105:2099-2104.
9. Mansouri K. The road ahead to continuous 24-hour intraocular pressure monitoring in glaucoma. J Ophthalmic Vis Res. 2014; 9(2):260-8.
10. Theofylaktopoulos I, Diestelhorst M, Krieglstein GK. Self-tonometry with the Ocuton S versus Goldmann tonometry. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 1999; 237(9):720-724.
11. Rai S, Moster MR, Kesen M, et al. Level of disagreement between Proview phosphene tonometer and Goldmann applanation tonometer intraocular pressure readings. J Glaucoma. 2005; 14(2):120-123.
12. SENSIMED Triggerfish[®] Available from: <http://www.sensimed.ch/en/sensimed-triggerfish/sensimed-triggerfish.html>
13. Mansouri K, Medeiros FA, Tafreshi A, Weinreb RN. Continuous 24-Hour monitoring of intraocular pressure patterns with a contact lens sensor: safety, tolerability, and reproducibility in patients with glaucoma. Arch Ophthalmol. 2012; 13:1-6.

14. Mansouri K, Shaarawy T. Continuous intraocular pressure monitoring with a wireless ocular telemetry sensor: initial clinical experience in patients with open angle glaucoma. Br J Ophthalmol. 2011; 95(5):627-9.
15. Collins SL, Moore RA, McQuay HJ. The visual analogue pain intensity scale: what is moderate pain in millimetres? Pain. 1997; 72(1-2):95-7.
16. Smart, Continuous Monitoring of Intra-Ocular Pressure with Triggerfish Contact Lens: Q&A with René Goedkoop, CMO of Sensimed. Available from:
<http://www.medgadget.com/2013/07/smart-continuous-monitoring-of-the-intra-ocular-pressure-with-the-triggerfish-contact-lens-qa-with-rene-goedkoop-cmo-of-sensimed.html>
17. CE Marking Countries.
Available from: http://www.export.gov/cemark/eg_main_017269.asp