

Original Article/ົບບັນດັບ

# Detection of Glaucomatous Optic Neuropathy in Early Glaucoma Using Moorfields Regression Analysis (MRA) and Glaucoma Probability Score (GPS) in Confocal Laser Scanning Ophthalmoscopy

Chatmongkol Phruanchareon, M.D.

Boonchai Wangsupadilok, M.D.

## Abstract

**Objective:** To estimate the ability of Moorfields Regression Analysis (MRA) and Glaucoma Probability Score (GPS) in confocal scanning laser ophthalmoscopy (Heidelberg Retina Tomography, HRT 3) for detecting early glaucoma in Songklanagarind Hospital

**Design:** Retrospective study.

**Materials and Methods:** Charts of early POAG patients were reviewed. All subjects underwent complete ophthalmologic examination. The standard achromatic perimetry (SITA 24-2 or 30-2) and HRT were examined within 6 months apart. Early POAG was defined as glaucomatous optic neuropathy and visual field defect by SAP with MD score between -0.01 to -7.00 Db. “Out side normal limit” of MRA and GPS was considered abnormal for confocal scanning laser ophthalmoscopy examination.

**Results:** Fifty (80 eyes) early glaucoma patients were eligible for the study (19 males, 31 females). Mean age was  $59.3 \pm 15.0$  years. Mean MD score was  $-4.19 \pm 1.7$  Db. Forty-three of eighty eyes had abnormal MRA and 56 eyes had abnormal GPS. The sensitivity of GPS was 70.0% and for MRA was 53.7%.

**Conclusion:** GPS showed greater sensitivity than MRA for detection of glaucomatous optic neuropathy in early POAG patients. This may due to variability of contour line placement for MRA. **Thai J Ophthalmol 2010; July-December 24(2): 114-119.**

**Keywords:** Early primary open angle glaucoma, Confocal laser scanning ophthalmoscopy, Moorefields Regression Analysis (MRA), Glaucoma Probability score (GPS)

Original Article/ົບພະດັບອັບ

# ความผิดปกติของข้อประสาทตาโดยใช้ Moorfields regression analysis (MRA) และ Glaucoma probability scoring system (GPS) ของ confocal laser scanning ophthalmoscopy ในผู้ป่วยต้อหินระยะเริ่มต้น



นัตรอมงคล พรวนเจริญ, พ.บ.

บุญชัย หวังศุภดิลก, พ.บ.

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาความสามารถของ Moorfields regression analysis (MRA) และ Glaucomaprobability scoring system (GPS) ในการตรวจพบความผิดปกติของข้อประสาทตา ในผู้ป่วยโรคต้อหินมุนเปิร์ดระยะเริ่มต้นในโรงพยาบาลส่งขานครินทร์

**วิธีการศึกษา:** การวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบย้อนหลัง

**วัสดุและวิธีการ:** เก็บข้อมูลจากแฟ้มประวัติผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคต้อหินมุนเปิร์ดระยะเริ่มต้นที่ได้รับการตรวจ confocal laser scanning ophthalmoscopy และลานสายตา Humphrey visual field อย่างน้อยหนึ่งครั้งห่างกันไม่เกิน หากเดือนโดยโรคต้อหินระยะเริ่มต้นวินิจฉัยจากลักษณะข้อประสาทตาที่ผิดปกติ และมีลานสายตา Humphrey MD score ตั้งแต่ -0.01 ถึง -7.00 Db โดยที่ MRA และ GPS ที่มีค่า outside normal limit ถือว่าผิดปกติ

**ผลการศึกษา:** จำนวนผู้ป่วยต้อหินมุนเปิร์ดระยะเริ่มต้น ที่เข้าได้กับการศึกษามีทั้งหมด 50 คน (80 ตา) เป็นผู้ชาย 19 คน ผู้หญิง 31 คน อายุเฉลี่ย เท่ากับ  $59.3 \pm 15.0$  ปี มีค่าลานสายตา MD เฉลี่ยเท่ากับ  $-4.19 \pm 1.7$  Db และค่ามีความไว (sensitivity) ของ MRA คือร้อยละ 53.7% และ GPS คือร้อยละ 70.0%

**สรุป:** ในการศึกษานี้ GPS มีค่า sensitivity ที่มากกว่า MRA ในการตรวจหาความผิดปกติของข้อประสาทตาในผู้ป่วย โรคต้อหินมุนเปิร์ดระยะเริ่มต้นซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนในการลากเส้นขอบเขตข้อประสาทตาในการวิเคราะห์ด้วย MRA จัดมุนเเวชสาร 2553; กรกฎาคม-ธันวาคม 24(2): 114-119.

## บทนำ

การให้การวินิจฉัยโรคต้อหินชนิดมุมเปิดระยะเริ่มต้น เป็นสิ่งสำคัญในการดูแลรักษาผู้ป่วย โรคต้อหินมุมเปิดดังใน The Early Manifest Glaucoma Treatment Trial<sup>1</sup> ที่แสดงให้เห็นว่าในตา ที่เป็นโรคต้อหินมุมเปิดระยะเริ่มต้น กลุ่มที่รับการรักษาได้ประโยชน์เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับ การรักษาซึ่งจากวิธีวินิจฉัยโรคต้อหินในปัจจุบันบ่อยครั้ง ที่ยากจะแยกตัวที่เป็นโรคต้อหินมุมเปิด ระยะเริ่มต้นกับตาปกติ

โดยปัจจุบันการตรวจลานสายตาถือเป็นวิธีการตรวจมาตรฐานในการวินิจฉัยและติดตาม การรักษาผู้ป่วย โรคต้อหิน สำหรับการประเมินข้าวประสาทตานั้นได้มีการนำเทคนิค confocal laser scanning ซึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ Heidelberg retinal tomography (HRT) มาใช้ในการตรวจหาความผิดปกติของข้าวประสาทตาในผู้ป่วย โรคต้อหิน ทำให้การประเมิน ข้าวประสาทตาเป็นรูปธรรม (objective) วัดได้ในเชิงปริมาณ (quantitative) รวดเร็ว และใช้ได้ในทางคลินิก

พบว่าในโรคต้อหินมุมเปิดระยะเริ่มต้นจะตรวจพบการทำลายของข้าวประสาทมาก่อน ส่วนลานสายตาอาจจะปกติหรือมีการสูญเสียเพียงเล็กน้อย<sup>2,3</sup> เพราะฉะนั้นการตรวจหากการทำลายข้าวประสาทตา โดยใช้ confocal laser scanning ophthalmoscopy จึงช่วยในการวินิจฉัย และติดตามการรักษาผู้ป่วยต้อหินโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยระยะเริ่มต้นที่มีการทำลายข้าวประสาทตาอย่างเดียวแต่ไม่มีการสูญเสียลานสายตา

Moorefields regression analysis (MRA) ใน HRT เป็นการวิเคราะห์ข้าวประสาทตา โดยใช้ข้อมูลจาก rim area ที่สัมพันธ์กับขนาดของข้าวประสาทตา (optic disc size) โดยต้องใช้ช่างเทคนิคที่ชำนาญช่วยลากขอบเขตของข้าวประสาทมาก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์

Glaucoma probability score (GPS) เป็นซอฟแวร์ใหม่ที่ใช้วิเคราะห์ข้าวประสาทตา โดยใช้ข้อมูลรูป่าง 3 มิติ ของข้าวประสาทตาทั้ง cup size, depth และลักษณะของเลี้นไขประสาทตา รอบข้าวประสาทตา (peripapillary retinal nerve fiber layer) จุดเด่นของซอฟแวร์นี้คือไม่ต้องใช้คนลากขอบเขตของข้าวประสาทตา ทำให้ลดโอกาสเกิดความแปรปรวนจากช่างเทคนิคได้เนื่องจาก GPS เป็นซอฟแวร์ใหม่

ดังนั้นการศึกษาความสามารถในการตรวจหาความผิดปกติของข้าวประสาทตาในผู้ป่วยต้อหินเมื่อเทียบกับ MRA ซึ่งใช้มาก่อนยังไม่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยต้อหินมุมเปิดระยะเริ่มต้นซึ่งเป็นกลุ่มผู้ป่วยที่วินิจฉัยได้ยาก ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมา เป็นการศึกษาที่ไม่ได้แยกตามระยะของโรคต้อหินว่า เป็นระยะเริ่มต้น หรือรุนแรง และยังไม่มีการศึกษาในคนไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในคนไทยมาก่อน การศึกษานี้ จึงมีขึ้นเพื่อศึกษาความสามารถของ MRA และ GPS ในการตรวจหาความผิดปกติของข้าวประสาทตาในผู้ป่วยโรคต้อหินมุมเปิดระยะเริ่มต้นโดยศึกษาในคนไทย เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการรักษาผู้ป่วยโรคต้อหินต่อไป

## วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบข้อมูลหลังและฝ่ายการพิจารณาทางด้านจริยธรรมจาก คณะกรรมการจริยธรรมของโรงพยาบาลสังฆลานครินทร์ ทำการเก็บข้อมูลจากแฟ้มประวัติผู้ป่วยของโรงพยาบาลสังฆลานครินทร์ ระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ.2545-2551 ที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคต้อหินโดยอาศัยลักษณะของข้าวประสาทตาที่ผิดปกติที่เข้าได้กับโรคต้อหินข้อนึงข้อใดดังต่อไปนี้ มีลักษณะของ optic cup ที่โตมากกว่า 0.5 มีลักษณะของ cup disc ต่างกันทั้งสองตามากกว่า 0.2 มีการโตเพิ่มมากขึ้นของ optic cup มีการบางลงของ optic rim หรือมีการสูญเสียของเลี้นไขประสาทตา (retinal nerve fiber layer) และมีอายุมากกว่าหรือเท่ากับ 18 ปี มีมุมช่องหน้าลูกตาเปิด มีค่าสายตา (visual acuity) ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20/40 ในตาซ้ายที่ศึกษา มีค่าความผิดปกติของสายตา (spherical refraction) ระหว่าง + 5.0 ถึง -5.0 D และค่าสายตาเอียง (cylinder power) +/- 3.0 D ได้รับการตรวจด้วยเครื่อง Heidelberg retinal Tomography ผลิตโดยบริษัท Heidelberg engineering ประเทศเยอรมนี และได้รับการตรวจลานสายตาชนิด SITA 24-2 หรือ 30-2 full threshold ด้วยเครื่อง Humphrey Model 745 บริษัท CARL ZIESS ประเทศเยอรมนี อย่างน้อยหนึ่งครั้ง ห่างกันไม่เกินหกเดือน และมีค่าลานสายตา Humphrey visual field ที่เชื่อถือได้โดยมีค่า fixation loss น้อยกว่าร้อยละ 30, false positive responses น้อยกว่าร้อยละ 15, false negative response น้อยกว่าร้อยละ 30

โดยผลของ global Moorefields regression analysis

(MRA) และ global Glaucoma probability score (GPS) ที่ใช้ฐานข้อมูลของคนเอเชียในการวิเคราะห์ถือว่าผิดปกติถ้ามีผลการวิเคราะห์มีค่า outside normal limit อย่างน้อยหนึ่ง sector ของทั้ง MRA และ GPS ซึ่งการวัดเลี้ยงขอบเขตของข้อประสาทตาใช้ช่างเทคนิคที่มีประสบการณ์โดยการใช้ stereophotograph ของข้อประสาทตาประกอบการวัด

โดยจำแนกว่าเป็นโรคต้อหินระยะเริ่มต้นตาม glaucoma staging system<sup>4</sup> โดยใช้ Humphrey visual field ชนิด 30-2 หรือ 24-2 ที่มี MD score ตั้งแต่ -0.01 ถึง -7.00 db และมีอย่างน้อยหนึ่งข้อต่อไปนี้ใน pattern deviation plot คือมีจุดผิดปกติอย่างน้อย 3 จุด ของ visual field ที่ลดต่ำกว่าร้อยละ 5 และมีอย่างน้อย 1 จุดที่ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 1, หรือ corrected pattern standard deviation/pattern standard deviation (CPSD/PSD) significant at  $p \leq 0.05$ , หรือ glaucoma hemifield test (GHT) มีค่า outside normal limit

ผู้ป่วยที่ถูกคัดออกจากการศึกษาคือผู้ป่วยที่มีโรคที่จอประสาทตา เช่น จอประสาท ตาหลุดลอก (retinal detachment), โรคจอประสาทตาเสื่อม (AMD) และอื่นๆ ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของข้อประสาทตาจากโรคอื่น เช่น เส้นประสาทอักเสบ (optic neuritis) อุบัติเหตุ (traumatic optic neuropathy) เส้นประสาทตาถูกกดทับ (compression) และอื่นๆ ผู้ป่วยที่เคยได้รับการผ่าตัดในลูกตา (intraocular surgery) นอกเหนือจากการผ่าตัดต้อหินที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อน

การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การคำนวนหาค่าความไว (sensitivity) การเห็นสอดคล้อง (agreement) และค่า

Kappa coefficient เพื่อหาความสามารถของ MRA และ GPS

## ผลการศึกษา

จำนวนผู้ป่วยโรคต้อหินระยะเริ่มต้นที่เข้าได้กับเกณฑ์ของการศึกษามีจำนวน 50 คน 80 ตา มีอายุเฉลี่ย  $59.38 \pm 15.03$  ปี โดยมีอายุระหว่าง 21-79 ปี เป็นชาย 19 คน หญิง 31 คน มีค่าเฉลี่ย ของ Humphrey mean deviation คือ  $-4.19 \pm 1.7$  db

ผลการวิเคราะห์ข้อประสาทด้วย MRA คำนวนโดยใช้ฐานข้อมูลของคนเอเชียพบว่า มีค่าผิดปกติ (outside normal limit) จำนวนทั้งหมด 43 ตา จากทั้งหมด 80 ตา มีค่าความไวของ MRA เท่ากับร้อยละ 53.7

สำหรับการวิเคราะห์ข้อประสาทด้วย GPS พบร่วมกัน ค่าผิดปกติ (outside normal limit) จำนวนทั้งหมด 56 ตา จากทั้งหมด 80 ตา มีค่าความไวของ GPS เท่ากับร้อยละ 70.0

จากการศึกษาพบว่าความสอดคล้องกันระหว่าง MRA และ GPS ซึ่งจำนวนตาที่สอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์นั้นทั้งหมด 50 ตา คิดเป็นร้อยละ 62.5 เมื่อคำนวนด้วยสถิติ Kappa Coefficient ได้เท่ากับ 0.32 ดังตารางที่ 1

## วิจารณ์

ในการศึกษานี้พบว่า GPS มีความสามารถกว่าในการตรวจพบความผิดปกติของข้อประสาทตา ในผู้ป่วยต้อหินระยะเริ่มต้นโดยใช้ฐานข้อมูลของคนเอเชียในการวิเคราะห์ผล ค่า sensitivity ของ GPS เท่ากับร้อยละ 70.0 และ MRA เท่ากับร้อยละ 53.7 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการลาก

ตารางที่ 1 แสดงการสอดคล้องกันระหว่าง MRA และ GPS (จำนวนตา)

	Moorfields Regression Analysis			
	WNL	BL	ONL	Total
<b>Glaucoma probability score</b>				
WNL	10	1	3	14
BL	4	3	3	10
ONL	6	13	37	56
Total	20	17	43	80

(WNL = within normal limit, BL = Borderline, ONL = outside normal limit )

เลียนขอบเขตของข้าวประสาทโดยช่างเทคนิคได้อย่างแม่นยำ นั้นทำได้ยาก ซึ่งจากการศึกษา ของ Lester และคณะ<sup>5</sup> พบว่ามีความไม่แน่นอนของแต่ละบุคคล ในการลากเส้นขอบเขตของข้าวประสาทฯ

ส่วน GPS เป็นซอฟแวร์ใหม่ใน HRT-III มีข้อได้เปรียบคือไม่จำเป็นต้องใช้ช่างเทคนิคช่วย ในการลากเส้นขอบเขตของข้าวประสาทฯ จากการศึกษาของ Harizman และคณะ<sup>6</sup> พบว่า MRA สามารถตรวจพบรดูที่เป็นโรคต้อหิน โดยมีความไว (sensitivity) เท่ากับร้อยละ 71.1 และสามารถตรวจพบรดูที่ไม่เป็นโรคโดยมีความจำเพาะ (specificity) เท่ากับร้อยละ 91.8 ส่วน GPS สามารถตรวจหาตัวที่เป็นโรคต้อหิน โดยมีความไวเท่ากับร้อยละ 77.1 และสามารถตรวจพบรดูที่ไม่เป็นโรคโดยมีความจำเพาะเท่ากับร้อยละ 90.3 นอกจากนี้จากการศึกษาของ Zvia Burgansky - Eliash<sup>7</sup> และคณะ ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถของ MRA และ GPS ในการแยกความแตกต่างระหว่างตาปกติและต้อหิน โดยพบว่าทั้งสองวิธีมีความสามารถเท่ากัน แต่สำหรับ GPS สามารถแยกความแตกต่างได้โดยไม่ต้องใช้ช่างเทคนิคช่วย

ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของ HRT-III ที่มากกว่า HRT-II คือ มีฐานข้อมูลที่จำเพาะสำหรับ แต่ละเชื้อชาติ สำหรับใช้วิเคราะห์ เช่น คนเอเชีย คนผิวขาว คนผิวดำ และ คนอินเดีย ในปัจจุบันยังมีรายงานการวิจัยจำนวนไม่มากที่รายงานถึงความสามารถในการตรวจหาความผิดปกติของข้าวประสาทฯ ในผู้ป่วยต้อหินระยะเริ่มต้นด้วย MRA และ GPS ใน HRT-III

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในคนเอเชียเพื่อหาความไวของ MRA และ GPS โดยใช้ฐานข้อมูลของคนเอเชียเป็นตัวคำนวณและวิเคราะห์ซึ่งต่างจากการศึกษาอื่นที่ประชากรเป็นคนผิวดำ และคนผิวขาว ซึ่งยังไม่มีรายงานการวิจัยได้ที่นักถึงความไวของ MRA และ GPS ในคนเอเชียมาก่อน ซึ่งด้วยคุณสมบัติดังกล่าวของ HRT-III ที่แตกต่างจาก HRT-II De Leon-Ortega และคณะ<sup>8</sup> พบว่า ใน MRA ใน HRT-III มีความไวที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับ HRT-II เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษา ในการศึกษาฉบับนี้กับการศึกษาของ Harizman และคณะ<sup>6</sup> และ Javier Moreno-Montanes และคณะ<sup>9</sup> ในกลุ่มผู้ป่วยต้อหินระยะเริ่มต้น ( $MD \leq -5.0\text{db}$ ) มีความไวของ GPS สูงกว่า MRA ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ (ตารางที่ 2)

การสอดคล้องกันระหว่าง MRA และ GPS ในการศึกษานี้เท่ากับร้อยละ 62.5 และค่า Kappa coefficient เท่ากับ 0.32 เมื่อเทียบกับการศึกษาอื่น เช่น Javier Moreno-Montanes และคณะ<sup>9</sup> ซึ่งกลุ่มประชากรส่วนใหญ่เป็นกลุ่มต้อหินมุมเปิดระยะเริ่มต้นพบว่ามีความสอดคล้องเท่ากับร้อยละ 56.6 และค่า Kappa coefficient เท่ากับ 0.34 ซึ่งมีผลการสอดคล้องและ Kappa coefficient ที่ค่อนข้างต่ำ คือไม่มีการสอดคล้องกัน เป็นเพราะจากการที่ค่าความไวของ GPS ที่สูงกว่า MRA ในกลุ่มต้อหินระยะเริ่มต้น แต่ในการศึกษาอื่นที่ไม่ได้ศึกษาในกลุ่มต้อหินมุมเปิดระยะเริ่มต้นพบว่ามีค่าการสอดคล้องและ Kappa coefficient ที่สูงกว่า เช่น Coops และคณะ<sup>10</sup> พบความสอดคล้องเท่ากับ 71% ค่า Kappa coefficient เท่ากับ 0.52 และการศึกษา

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า sensitivity ของ MRA และ GPS ในโรคต้อหินระยะเริ่มต้นของการศึกษานี้และการศึกษาอื่น

การศึกษา	จำนวนตาที่ใช้ศึกษา (ตา)	ค่าความไวของ MRA และ GPS ในโรคต้อหินระยะเริ่มต้น (ร้อยละ)	
		MRA	GPS
การศึกษานี้ ( $MD \leq -7.00\text{db}$ )	80	53.7%	70.0%
Harizman และคณะ <sup>6</sup> ( $MD \leq -5.00\text{db}$ )	47	59.6%	72.3%
Javier Moreno-Montanes และคณะ <sup>9</sup> ( $MD \leq 5.00\text{db}$ )	42	35.7%	61.9%

ของ Burgansky-Eliash และคณะ<sup>7</sup> พbmีความสอดคล้องเท่ากับร้อยละ 78.5 ค่า Kappa coefficient เท่ากับ 0.56

## สรุป

ในการศึกษานี้ GPS มีค่า sensitivity ที่มากกว่า MRA ในการตรวจหาความผิดปกติของข้อประสาทตาในผู้ป่วยโรคต้อหินมุนเปิดระยะเริ่มต้น ซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนในการลากเส้นขอบเขตข้อประสาทตาในการวิเคราะห์ด้วย MRA ซึ่งใน GPS ไม่จำเป็นต้องลากเส้นขอบเขตข้อประสาทตา

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือใช้ค่า Humphrey MD score  $\leq -7.00$  db ซึ่งต่างจากการศึกษาอื่นที่ใช้ค่า MD  $\leq -5.00$  db เนื่องจากมีข้อจำกัดในการทำจำนวนประชากรที่ศึกษาน้อย ดังนั้นค่า sensitivity ที่ได้อาจจะไม่ใช่กลุ่มของโรคต้อหินมุนเปิดระยะเริ่มต้นอย่างแท้จริงแต่มีข้อได้เปรียบคือมีจำนวนประชากรที่ศึกษามากกว่าการศึกษาอื่น และการศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง

แผนการดำเนินการในอนาคตสำหรับการศึกษานี้คือเพิ่มจำนวนประชากรให้มากขึ้น ทำการศึกษาแบบ prospective และหาค่า specificity ของ confocal laser scanning ophthalmoscopy ในผู้ป่วยต้อหินระยะเริ่มต้น

## เอกสารอ้างอิง

1. Leske MC, Heijl A, Hyman L, Bengtsson B and the Early Manifest Glaucoma Trial Group. Early manifest glaucoma trial: design and baseline data. Ophthalmology 1999;106:2144-53.
2. Quigley HA, Addicks EM, Green WR. Optic nerve damage in human glaucoma. III. Quantitative correlation of nerve fiber loss and visual field defect in glaucoma, ischemic neuropathy, papilledema and toxic neuropathy. Arch Ophthalmol 1982;100: 135-46.
3. Quigley HA, Katz J, Derick RJ. An evolution of optic disc and nerve fiber layer examination in monitoring progression of early glaucoma damage. Ophthalmology 1992;99:19-28.
4. Richard PM, Budenz DL, Lee PP. Categorizing the stage of glaucoma from pre - diagnosis to end - stage disease. Am J ophthalmol 2005;141:24-30.
5. Lester M, De Ferrari R, Zanini M. Topographic analysis to discriminate glaucomatous from normal optic nerve heads with a confocal scanning laser: new optic disk analysis without any observer input. Surv Ophthalmol 1999;44:s33-s40.
6. Harizman N, Zelefsky JR, Ilitchev E. Detection of glaucoma using operator - dependent versus operator - independent classification in the HRT III. Br J Ophthalmol 2006;90:1390-2.
7. Burgansky - Eliash Z, Wollstein G, Bilonick RA. Glaucoma detection with the Heidelberg retina tomography 3. Ophthalmology 2007;114:466-71.
8. De Leon-ortega JE, Sakata LM, Monheit BE. Comparison of diagnostic accuracy of Heidelberg retinal tomograph 2 and Heidelberg retina tomograph 3 to discriminate glaucomatous and non-glaucomatous eyes. Am J Ophthalmol 2007;144: 524-32.
9. Moreno-Montañés J, Antón A, García N. Glaucoma probability score VS Moorfields classification in normal, ocular hypertension, and glaucomatous eyes. Am J Ophthalmol 2008;145: 360-8.
10. Coops A, Henson DB, Kwartz AJ. Automated Analysis of Heidelberg Retina Tomograph Optic Disc Images by Glaucoma Probability Score. Invest Ophthalmol Vis Sci 2006;47:5348-55.
11. Zelefsky JR, Harizman N, Mora R. Assessment of a race - specific normative HRT III database to differentiate glaucomatous from normal eyes. J glaucoma 2006;15:548-51.
12. Kalaboukhova L, Fridhammar V, Lindblom B. Glaucoma follow up by the Heidelberg retina tomography new graphical analysis of optic disc topography changes. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2006;244:654-62.
13. Garway-Heath DF, Hitchings RA. Quantitative evaluation of the optic nerve head in early glaucoma. Br J Ophthalmol 1998;82:352-61.
14. Danesh - Meyer HV, Gaskin BJ, Jayasundera T. Comparison of disc damage likelihood scale, cup to disc ratio, and Heidelberg retina tomography in the diagnosis of glaucoma. Br J Ophthalmol 2006;90:437-41.
15. Lester M, Mikellberg FS, Courtright P, Drance SM. Correlation between the visual field indices and Heidelberg retinotomograph parameters. J Glaucoma 1997;6:78-82.
16. Pérez-Íñigo A, Polo V, Larrosa JM. Correlation between standard automated perimetry global indices and Heidelberg retina tomograph-2 parameters. Arch Soc Esp Oftalmol 2007;82:401-11.