Original Article/นิพนธ์ต้นฉบับ

Cost-Effectiveness Analysis of Screening for Diabetic Retinopathy in Type II Diabetes

Amporn Jongsareejit, M.D.[1] Praveen Tunprapa, M.D.[2]
Somkiat Potisat, M.D.[3]
Woranut Arunratanachote, M.S. (Health Education)[3]
Choeng Jirawison, M.D.[1]

Abstract

Objective: To evaluated the cost-effectiveness of screening for diabetic retinopathy in type II diabetes between using direct ophthalmoscope and digital fundus camera.

Design: Prospective comparative study.

Setting: Diabetic patients from Surin province hospital and Prasat community hospital in Thailand.

Participants: Total 845 diabetic patients (1690 eyes) 424 patients from Surin province hospital and 421 patients from Prasat community hospital, were included between September to October 2004.

Outcome Measures: Sensitivity, specificity, unit cost and cost-effectiveness were compared between the different methods of two hospitals with the gold standard.

Results: Of the 845 patients (1690 eyes) 424 patients (848 eyes) from Surin province hospital and 421 patients (842 eyes) from Prasat community hospital, the unit cost was 729.40 bath/person in digital fundus camera (DFC) and 63.96 bath/person in well-trained nurses with direct ophthalmoscope. The poor film rate from DFC was 10% in non-dilated pupil and reduced to 2.4% in dilated group. The cost-effectiveness of DFC in Surin province hospital and Prasat community hospital was 2707.27 and 4758.16 baht/person, 186.02 and 143.44 baht/person in well-trained nurses with direct ophthalmoscope respectively.

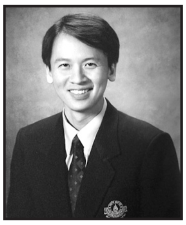
Conclusions: Screening for diabetic retinopathy with direct ophthalmoscope in well-trained ophthalmologic nurses has more cost-effectiveness than DFC when compared between two hospitals. There has no clinical significant of sensitivity and specificity between two methods. **Thai J Ophthalmol 2009; July-December 23(2): 105-115.**

Keywords: digital fundus camera, diabetic retinopathy, cost-effectiveness analysis

1 **Department of Ophthalmology, Prasat Neurological Institute, Bangkok.**
2 **Department of Ophthalmology, Surin province hospital, Surin, Thailand.**
3 **Institute of Medical Research and Technology Assessment, Medical services, Thailand.**

Original Article/นิพนธ์ต้นฉบับ

การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนประสิทธิผลการคัดกรองโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2



อัมพร จงเสรีจิตต์, พ.บ.[1]

ประวีณ ตัณฑประภา, พ.บ.[2], สมเกียรติ โพธิสัตย์, พ.บ.[3], วรนุตร อรุณรัตนโชติ, วท.ม. (สุขศึกษา)[3], เชิง จิรวิศัลย์, พ.บ.[1]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมิน ต้นทุน-ประสิทธิผล (cost-effectiveness) การคัดกรองโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างการคัดกรองโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาในพื้นที่โดยใช้เครื่องมือ direct ophthalmoscope กับการคัดกรองโดยใช้กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

วิธีการวิจัย: การวิจัยแบบ prospective comparative study

วิธีการ: จัดการอบรมช่างถ่ายภาพและพยาบาลเวชปฏิบัติก่อนเริ่มการศึกษาเริ่มทำการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานระหว่างเดือนกันยายนถึงตุลาคม พ.ศ. 2547 ในโรงพยาบาลสุรินทร์ และโรงพยาบาลชุมชนประสาทโดยที่ผู้ป่วยทุกคนจะได้รับการถ่ายภาพจอประสาทตาด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอลที่อ่านผลโดยจักษุแพทย์ ตรวจตาด้วย direct ophthalmoscope โดยพยาบาลผู้ผ่านการฝึกอบรมด้านเวชปฏิบัติทางตา และจะได้รับการตรวจทางจอประสาทตาโดยใช้เครื่องมือ indirect ophthalmoscope โดยจักษุแพทย์ในพื้นที่เพื่อเป็น gold standard

ผลการศึกษา: ผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับการคัดกรองจำนวนทั้งหมด 845 คน (1,690 ตา) จากโรงพยาบาลสุรินทร์ จำนวน 424 คน (848 ตา) และโรงพยาบาลชุมชนประสาท จังหวัดสุรินทร์จำนวน 421 คน (842 ตา) โดยมีต้นทุนการคัดกรองด้วยกล้องดิจิตอล 729.40 บาท/คน และด้วยพยาบาลเวชปฏิบัติ 63.96 บาท/คน การถ่ายภาพจอประสาทตาโดยไม่ขยายม่านตาพบว่ามี poor film rate ร้อยละ 10 เมื่อใช้ยาหยอดขยายม่านตาร่วมด้วยจะพบ poor film rate เหลือเพียงร้อยละ 2.4 และค่าต้นทุนประสิทธิผลของการตรวจคัดกรองโดยใช้กล้องดิจิตอล 2,707.27 บาท/คน และ 4,758.16 บาท/คน ในโรงพยาบาลสุรินทร์และโรงพยาบาลปราสาทตามลำดับ ต้นทุนประสิทธิผลของการตรวจคัดกรองโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตา 186.02 บาท/คน และ 143.44 บาท/คน ในโรงพยาบาลสุรินทร์และโรงพยาบาลปราสาท ตามลำดับ

สรุปการวิจัย: จากการศึกษาพบว่าต้นทุนประสิทธิผลของการตรวจคัดกรองโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาดีกว่าการตรวจโดยใช้กล้องดิจิตอลในทั้งสองโรงพยาบาล โดยมีค่า sensitivity และ specificity ไม่แตกต่างกันทั้งสองวิธี **จักษุเวชสาร 2552; กรกฎาคม-ธันวาคม 23(2): 105-115.**

[1] **กลุ่มงานจักษุวิทยา สถาบันประสาทวิทยา กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข**

[2] **กลุ่มงานจักษุวิทยา โรงพยาบาลสุรินทร์ กระทรวงสาธารณสุข**

[3] **สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข**

บทนำ

เบาหวานเป็นโรคไม่ติดต่อที่สำคัญโรคหนึ่งของประเทศ มีการประมาณว่ามีผู้ป่วยเบาหวานในประเทศไทยประมาณ 2-3 ล้านคน และเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียปีสุขภาวะ (DALY: disability adjusted life years) เป็นอันดับ 5 ในเพศชาย (ร้อยละ 3) และอันดับ 3 ในเพศหญิง (ร้อยละ 7) โดยค่า disability weight เท่ากับ 0.254[1] แสดงถึงคุณภาพชีวิตที่ลดลงถึงร้อยละ 25 ซึ่งภาวะแทรกซ้อนของโรคนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในแทบทุกอวัยวะของร่างกาย โดยเฉพาะที่ดวงตา ซึ่งก่อให้เกิดภาวะที่เรียกว่า "เบาหวานเข้าจอประสาทตา (diabetic retinopathy: DR)" ซึ่งเป็นสาเหตุของตาบอดอันดับสองในประเทศไทยรองจากโรคต้อกระจก[2]

จากการศึกษาในรัฐวิสคอนซิน ประเทศสหรัฐอเมริกา (The Wisconsin Epidemiological Study of Diabetic Retinopathy: WESDR) พบว่าในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 ซึ่งเป็นมานานกว่า 15 ปี ร้อยละ 3 จะตาบอด และจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 12 ถ้าเป็นโรคนานกว่า 13 ปี ส่วนในกลุ่มเบาหวานชนิดที่ 2 จะตาบอดได้ถึงร้อยละ 7 ถ้าเป็นโรคนาน 20-24 ปี[3] การที่ผู้ป่วยเบาหวานสูญเสียสายตานั้นเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ ทั้งการบดบังขัดขวางทางเดินของแสงที่เข้าสู่ภายในลูกตาเนื่องจากโรคต้อกระจก หรือมีเลือดออกในวุ้นตา หรือจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวาน ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่าเบาหวานเข้าตา หรือเส้นประสาทตาผิดปกติ (optic neuropathy) สัมพันธ์กับระยะเวลาการดำเนินโรค จอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานจะไม่พบอาการในระยะแรก อาการตามัวจะเกิดขึ้นในภายหลังเมื่อจุดรับภาพ (macula) ได้รับผลกระทบทำให้การเห็นลดลง พบว่าผู้ป่วยเบาหวานมีอัตราเสี่ยงต่อการตาบอดสูงกว่าผู้ที่ไม่เป็นถึง 25 เท่า

โดยเฉลี่ยพบว่าภาวะเบาหวานเข้าตาเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 20 โดยพบการเกิดจุดรับภาพบวม (macular edema) และการเกิดเส้นเลือดงอกใหม่ (proliferative diabetic retinopathy) เป็นสาเหตุต้นๆ ของการมองเห็นที่ลดลงในประชากรวัยทำงานที่เป็นเบาหวาน[4-6] ซึ่งสามารถให้การรักษาได้โดยใช้แสงเลเซอร์ (laser photocoagulation)[7-9] หากตรวจพบในระยะแรกของโรคการรักษาจะลงทุนน้อยกว่าและพยากรณ์โรคจะดีกว่าในกลุ่มที่มีอาการมากและเป็นระยะท้ายของโรค[10-11] (late stage PDR, tractional retinal detachment)

เนื่องจากการรักษาในระยะแรกของการเกิดโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตานั้น เป็นหัวใจสำคัญในการลดภาวะตาบอดในผู้ป่วยเบาหวาน ดังนั้นในประเทศสหรัฐอเมริกาโปรแกรมการดูแลป้องกันดวงตาในผู้ป่วยเบาหวาน (preventive eye care programs for diabetic persons) ได้ถูกเสนอโดย the National Eye Institute[12], the Centers for Disease Control and Prevention[13] และ the American Academy of Ophthalmology[14] โดยการตรวจจอประสาทตาทุกปีในผู้ป่วยเบาหวานที่ยังไม่มีพยาธิสภาพที่จอประสาทตาอย่างไรก็ตาม หลังจากที่ได้มีการกำหนดโปรแกรมการตรวจจอประสาทตา เพื่อป้องกันภาวะตาบอดจากโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา พบว่าอัตราในการตรวจ (compliance) ค่อนข้างต่ำ อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 18 ถึงร้อยละ 65 เฉลี่ยประมาณร้อยละ 50 เท่านั้น[15-17]

ใน ปี ค.ศ. 1993 เริ่มมีการใช้กล้องดิจิตอล (digital camera) มาถ่ายภาพจอประสาทตา เพื่อการคัดกรองผู้ป่วยเบาหวานเข้าจอประสาทตา[18-21] ซึ่งมีข้อดีกว่ากล้องโพลารอยด์[22] และคมชัดกว่ากล้องที่ใช้ฟิล์ม 35 มิลลิเมตร[23-25] ที่ใช้ในอดีต ข้อดีของกล้องดิจิตอลนี้คือสามารถเก็บภาพเข้าไฟล์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ สามารถดูได้ทันทีโดยไม่ต้องล้างฟิล์มก่อน มีความคมชัด และสามารถส่งข้อมูลภาพไปปรึกษากับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญได้ (telemedicine)[26] สามารถถ่ายภาพจอประสาทตาโดยไม่ต้องขยายม่านตาได้ โดยทางทฤษฎีการคัดกรองภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาสามารถกระทำได้โดยการถ่ายภาพดิจิตอลจากกล้องถ่ายภาพดิจิตอลชนิดไม่ต้องขยายม่านตา แต่การใช้เครื่องมือดังกล่าวในทางปฏิบัติ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ในวงกว้างของประเทศจำต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติม นอกจากนี้การคัดกรองโดยใช้บุคลากรในท้องที่ เช่น แพทย์หรือพยาบาลเวชปฏิบัติทั่วไป ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการค้นหาผู้ป่วยเบาหวานเข้าตารายใหม่เพื่อส่งต่อจักษุแพทย์

วัสดุและวิธีการ

คณะวิจัยได้จัดการอบรมช่างเทคนิคถ่ายภาพและพยาบาลเวชปฏิบัติ ก่อนเริ่มการวิจัย เริ่มทำการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานระหว่างเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2547 ในโรงพยาบาลสุรินทร์จำนวน 424 คน (848 ตา) และโรงพยาบาลชุมชนประสาท จังหวัดสุรินทร์จำนวน 421 คน (842 ตา) โดยที่ผู้ป่วยทุกคนจะได้รับการตรวจดังนี้

1. ได้รับการถ่ายภาพจอประสาทตา โดยเครื่องถ่าย

ภาพดิจิตอลที่ไม่ต้องหยดยาขยายม่านตา (non-mydriatic digital camera) รุ่น Kowa Vx company. Ltd. Tokyo, Japan โดยช่างถ่ายภาพที่ผ่านการฝึกอบรมมาแล้ว ถ่ายภาพขนาด 45° จำนวน 1 ภาพต่อตา หากภาพไม่ชัดจะได้รับการถ่ายภาพอีกครั้งหลังหยอดยาขยายม่านตาและอ่านผลโดยจักษุแพทย์

2. ได้รับการตรวจจอประสาทหลังจากหยอดยาชา (tetrecaine eye drop) และยาขยายม่านตา (1% tropicamide) หลังจากม่านตาขยาย จะตรวจตาด้วย direct ophthalmoscope โดยพยาบาลผู้ผ่านการฝึกอบรมด้านเวชปฏิบัติทางตามาแล้ว

3. ได้รับการตรวจทางจอประสาทตาโดยใช้เครื่องมือ indirect ophthalmoscope อาจร่วมกับการใช้ slit lamp และ fundus lens (+90 D) โดยจักษุแพทย์ในพื้นที่เพื่อเป็น gold standard ในการวินิจฉัยผู้ป่วยเบาหวานเข้าตา

ผู้ป่วยทุกคนจะได้รับการวัดระดับสายตาและวัดความดันตา (Intraocular tension) เพื่อคัดกรองโรคต้อหิน และต้อกระจก

การแบ่งระดับของโรคเบาหวานเข้าตาตาม International clinical diabetic retinopathy and diabetic macular edema disease severity scales (Wilkinson CP, Ferris FL III, Klein RE, et al. Global Diabetic Retinopathy Project Group) โดยมีระดับ ดังนี้

Grade 1 no DR

Grade 2 mild NPDR: microaneurysm (Ma) only

Grade 3 moderate NPDR: more than just microaneurysm but less than severe NPDR

Grade 4 severe NPDR: more than 20 intraretinal hemorrhages in each of 4 quadrants, definite venous beading in 2 quadrants, prominent intraretinal microvascular abnormalities (IRMA) in 1 quadrant and no sings of proliferative retinopathy

Grade 5 PDR: neovascularization on optic disc (NVD), neovasculization elsewhere (NVE), preretinal hemorrhage, vitreous hemorrhage (VH), and tractional retinal detachment (TRD)

macular edema (ME): retinal thickening within 2 disc diameter from macular center

NPDR = non proliferative diabetic retinopathy, PDR = proliferative diabetic retinopathy

ผู้ป่วยที่ตรวจพบ grade 4, 5 หรือ macular edema ซึ่งจัดเป็นกลุ่ม sight-threatening diabetic retinopathy; STDR จะถูกส่งปรึกษาจักษุแพทย์เพื่อการรักษาต่อไป

สถิติการวิจัย

การวินิจฉัยเบาหวานเข้าตาในระยะต่างๆ โดยใช้ DFC และพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาเปรียบเทียบกับการตรวจจอประสาทตาด้วย indirect ophthalmoscope โดยจักษุแพทย์ซึ่งถือว่าเป็นมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.5 ในการหาค่า sensitivity, specificity, positive predic-tive value, negative predictive value, likelihood ratio ซึ่งคำนวณโดยใช้ตาราง standard 2x2 contingency

ค่าใช้จ่ายในการตรวจคัดกรองแต่ละวิธีนั้นได้รวมค่าใช้จ่ายของช่างถ่ายภาพ ค่ากล้องถ่ายภาพ ค่าผู้ตรวจ ค่ายา ค่าเครื่องมือต่างๆ ที่ต้องใช้ในการคัดกรองในแต่ละวิธี

ผลการศึกษา

ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 (DM type II) ได้รับการตรวจจอประสาทตาในโรงพยาบาลสุรินทร์ จำนวน 848 ตา 424 คน ชาย 93 คน หญิง 331 คน อายุเฉลี่ย 56±10.27 ปี และในโรงพยาบาลชุมชนประสาท 842 ตา 421 คน ชาย 86 คน หญิง 335 คน อายุเฉลี่ย 55.95±9.731 ปี ดังตารางที่ 1 และมีค่า technical failure rate และ poor film rate ดังตารางที่ 2

คัดกรองโดยจักษุแพทย์ (indirect ophthalmoscope)

โรงพยาบาลสุรินทร์ ผู้ป่วย no DR 660 ตา (ร้อยละ 77.5), mild NPDR 51 ตา (ร้อยละ 5.7), moderate. NPDR 101 ตา (ร้อยละ 11.7), severe NPDR 26 ตา (ร้อยละ 2.9), PDR 10 ตา (ร้อยละ 1.1), ME 43 ตา (ร้อยละ 5)

โรงพยาบาลปราสาท ผู้ป่วย no DR 544 ตา (ร้อยละ 64.6), mild NPDR 162 ตา (ร้อยละ 19.5), moderate NPDR 74 ตา (ร้อยละ 9.0), severe NPDR 36 ตา (ร้อยละ 4.4), PDR 16 ตา (ร้อยละ 2.0), ME 27 ตา (ร้อยละ 3.25)

คัดกรองโดยกล้องถ่ายภาพจอประสาทตา (DFC)

โรงพยาบาลสุรินทร์ ผู้ป่วย no DR 645 ตา (ร้อยละ 75.4), mild NPDR 29 ตา (ร้อยละ 2.8), moderate NPDR

Table 1. Characteristics of each screening site

	Surin province hospital	Prasat community hospital	Overall
Mean age (SD)	56.0±10.27	55.95±9.73	55.97±10.00
M:F	93:331	86:335	179:666
Prevalence of DR (eyes)			
No DR	660 (77.83%)	554 (65.80%)	1214 (71.83%)
Mild	51 (6.01%)	162 (19.24%)	213 (12.60%)
Moderate	101 (11.91)	74 (8.79%)	175 (10.35%)
Severe	26 (3.07%)	36 (4.28%)	62 (3.67%)
PDR	10 (1.18%)	16 (1.90%)	26 (1.54%)
Total	848 (100%)	842 (100%)	1690 (100%)
DME	43 (5.07%)	27 (3.21%)	70 (4.14%)
No DME*	805 (94.93%)	815 (96.79%)	1620 (95.86)

* Macular examination by Ophthalmologist

Table 2. Technical failure rate and Poor film rate

	Total screen (eye)	Technical failure rate	Poor film rate (dilated)
Surin province hospital	848	85 (10.02 %)	20 (2.36%)
Prasat community hospital	842	100 (11.88%)	67 (7.96%)

141 ตา (ร้อยละ 6.2), severe NPDR 16 ตา (ร้อยละ 1.5), PDR 17 ตา (ร้อยละ 1.8), ME 57 ตา (ร้อยละ 6.72)

โรงพยาบาลปราสาท ผู้ป่วย no DR 653 ตา (ร้อยละ 74.7), mild NPDR 33 ตา (ร้อยละ 2.1), moderate NPDR 101 ตา (ร้อยละ 10.2), severe NPDR 29 ตา (ร้อยละ 3.2), PDR 16 ตา (ร้อยละ 1.7), ME 36 ตา (ร้อยละ 4.33)

คัดกรองโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตา (direct ophthalmoscope)

โรงพยาบาลสุรินทร์ ผู้ป่วย no DR 642 ตา (ร้อยละ 73.7), mild NPDR 27 ตา (ร้อยละ 2.6), moderate NPDR 152 ตา (ร้อยละ 16.4), สสsevere NPDR 18 ตา (ร้อยละ 1.9), PDR 9 ตา (ร้อยละ 0.9), ME 66 ตา (ร้อยละ 7.78)

โรงพยาบาลปราสาท ผู้ป่วย no DR 531 ตา (ร้อยละ 62.8), mild NPDR 79 ตา (ร้อยละ 9.4), moderate NPDR 196 ตา (ร้อยละ 23), severe NPDR 10 ตา (ร้อยละ 1.2), PDR 16 ตา (ร้อยละ 1.9), ME 74 ตา (ร้อยละ 8.89)

เนื่องจากเบาหวานขึ้นตาระยะที่ต้องส่งต่อจักษุแพทย์คือระยะ severe NPDR, PDR และ ME ดังนั้นจึงแบ่งตาราง 2x2 เป็น 3 แบบ คือ

1. no DR กับ mild NPDR- PDR,
2. no DR- moderate NPDR กับ severe NPDR-PDR
3. no ME กับ ME

ค่า sensitivity, specificity, predictive value, likelihood ratio ของทั้ง 3 วิธี ระหว่าง no DR กับ mild NPDR-PDR แสดงในตารางที่ 3

ค่า sensitivity, specificity, predictive value, likelihood ratio ของทั้ง 3 วิธี ระหว่าง no DR-moderate NPDR กับ PDR ดังตารางที่ 4

ค่า sensitivity, specificity, predictive value, likelihood ratio ของทั้ง 3 วิธี ระหว่าง no ME กับ ME แสดงในตารางที่ 5

Table 3. Result of screening, compare between no DR and mild NPDR to PDR

	DFC* at Surin province hospital	**DFC* at Prasat community hospital**	**Total**	**Nurse at Surin province hospital**	**Nurse at Prasat community hospital**	**Total**
Prevalence	0.22	0.34	0.28	0.21	0.35	0.28
Sensitivity	0.61	0.45	0.51	0.69	0.67	0.68
Specificity	0.88	0.95	0.91	0.89	0.80	0.85
Positive predictive value	0.58	0.81	0.68	0.64	0.65	0.64
Negative predictive value	0.89	0.77	0.83	0.92	0.82	0.87
Posttest likelihood if test negative	0.42	0.19	0.32	0.36	0.35	0.36
likelihood ratio	4.93	8.21	5.54	6.58	3.41	4.62
Cost-effectiveness (Bath/person)	2707.27	4758.16		186.02	143.44	

*DFC = digital fundus camera

Table 4. Result of screening, compare between no DR to moderate NPDR and severe NPDR to PDR

	DFC* at Surin province hospital	**DFC* at Prasat community hospital**	**Total**	**Nurse at Surin province hospital**	**Nurse at Prasat community hospital**	**Total**
Prevalence	0.04	0.07	0.05	0.04	0.06	0.05
Sensitivity	0.64	0.53	0.57	0.61	0.25	0.38
Specificity	0.99	0.98	0.99	0.99	0.98	0.99
Positive predictive value	0.75	0.66	0.70	0.79	0.50	0.64
Negative predictive value	0.98	0.97	0.98	0.98	0.95	0.97
Posttest likelihood if test negative	0.25	0.34	0.30	0.21	0.50	0.36
likelihood ratio	71.82	27.34	41.17	95.00	14.58	32.76
Cost-effectiveness (Baht/person)	17325.33	14287.61		1613.17	3633.36	

*DFC = digital fundus camera

Table 5. Result of screening, compare between no macular edema and macular edema

	DFC* at Surin province hospital	DFC* at Prasat community hospital	Total	Nurse at Surin province hospital	Nurse at Prasat community hospital	Total
Prevalence	0.53	0.28	0.38	0.54	0.28	0.39
Sensitivity	0.93	0.68	0.82	0.87	0.86	0.87
Specificity	0.54	0.79	0.71	0.42	0.59	0.54
Positive predictive value	0.69	0.56	0.64	0.64	0.45	0.55
Negative predictive value	0.88	0.86	0.87	0.73	0.92	0.86
Posttest likelihood						
if test negative	0.31	0.44	0.36	0.36	0.55	0.45
likelihood ratio	2.02	3.18	2.81	1.51	2.10	1.87

*DFC = digital fundus camera

ค่าใช้จ่าย

ต้นทุนในการคัดกรองผู้ป่วยต่อหนึ่งรายได้มาจากต้นทุนทั้งหมดหารด้วยผู้ป่วยทั้งหมดที่ได้รับการตรวจคัดกรอง unit cost = total cost of screening/total cases และต้นทุนประสิทธิผลคือ ต้นทุนทั้งหมดหารด้วยจำนวนผู้ป่วยจริง

$$\text{cost-effectiveness} = \frac{\text{total Cost}}{\text{the number of true positive}}$$

the number of true positive = test positive x sensitivity

วิจารณ์

จากผลการศึกษาตรวจคัดกรองผู้ป่วยเบาหวานเข้าจอประสาทตาในโรงพยาบาลสุรินทร์ และในโรงพยาบาลชุมชนปราสาท พบว่าค่า sensitity (no DR กับ moderate NPDR-PDR) ของการตรวจโดย DFC คือ 0.61 และ 0.45 และการตรวจโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาคือ 0.69 และ 0.67 พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และค่า sensitity (no DR-moderate NPDR กับ severe NPDR-PDR) ของการตรวจโดย DFC คือ 0.64 และ 0.53 และการตรวจโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาคือ 0.61 และ 0.25 พบว่าการตรวจโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาในโรงพยาบาลชุมชนปราสาทค่า sensitivity ค่อนข้างต่ำ ส่วนค่า specificity ของการตรวจโดย DFC คือ 0.88 และ 0.95 และการตรวจโดยพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาคือ 0.89 และ 0.88 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าค่า sensitivity และ specificity ต่ำกว่าการตรวจด้วย indirect ophthalmoscope โดยจักษุแพทย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) ทั้ง no DR กับ mild NPDR-PDR, no DR- moderate NPDR กับ severe NPDR-PDR และ no ME กับ ME ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1. ประสบการณ์ของพยาบาลยังมีน้อย
2. การถ่ายเพียงหนึ่งภาพอาจไม่เพียงพอในการวินิจฉัย
3. การตรวจด้วย indirect ophthalmoscope เป็นการดูภาพสามมิติ และได้ขนาดพื้นที่ตรวจมากกว่า จึงถูกต้องกว่า

ข้อแตกต่างระหว่างโรงพยาบาลสุรินทร์และปราสาทคือการที่ต้องเคลื่อนย้ายกล้องถ่ายภาพจอประสาทตาไปเท่านั้น ส่วนตัวแปรอื่นไม่แตกต่างกัน ผลที่ได้จึงไม่แตกต่างกันมากนัก จึงสรุปได้ว่าการตรวจทั้ง 2 วิธี คือการตรวจด้วย DFC และพยาบาลเวชปฏิบัติทางตา ผลไม่แตกต่างกัน ซึ่งตรงกับผลการศึกษาในต่างประเทศ ในปี ค.ศ. 2003-2004 ได้มีรายงานการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างนักวัดสายตากับการใช้กล้องดิจิตอลในการตรวจคัดกรองผู้ป่วยเบาหวานเข้าตาในประเทศอังกฤษ ใน 2 พื้นที่เปรียบเทียบกัน[27] พบว่า sensitivity และ specificity ใกล้เคียงกันมาก ไม่แตกต่างกัน แต่พบว่ามี compliance rate ที่ต่ำคือร้อยละ 45 ในนักวัดสายตาและร้อยละ 50 ในกล้องดิจิตอล โดยต้นทุนประสิทธิผลของกล้องดิจิตอลนั้นสูงกว่า

ส่วนการตรวจหาจอรับภาพบวมนั้น พบว่าการตรวจด้วยวิธี DFC และพยาบาลเวชปฏิบัติทางตามี sensitivity ค่อนข้างสูงแต่ specificity ต่ำ ซึ่งก็ตรงกับความจริงที่ว่า การตรวจด้วยวิธี DFC และพยาบาลเวชปฏิบัติทางตา เป็นการดูภาพ 2 มิติ ทำให้การดูว่าจอรับภาพบวมหรือไม่ เป็นสิ่งที่ยากในการวินิจฉัย จึงทำให้ค่า specificity ต่ำ

ระยะเวลาในการตรวจผู้ป่วยนั้นใกล้เคียงกัน ในผู้ป่วยกลุ่มแรกจะเสียเวลาการขยายม่านตาก่อนตรวจจอประสาทตาประมาณ 30 นาที แต่ในกลุ่มหลังจะไม่เสียเวลาในส่วนนี้เนื่องจากทำการหยอดยาต่อเนื่องกันไป

ต้นทุนประสิทธิผลที่ได้จากการตรวจคัดกรองทั้ง 2 วิธี พบว่า

1. ต้นทุนค่าเครื่องถ่ายภาพจอประสาทตาสูงมาก คือ ประมาณ 725.62 บาท/คน และ 707.50 บาท/คน เมื่อเทียบกับการตรวจโดยพยาบาลเวชปฏิบัติโดยใช้ direct ophthalmoscope ซึ่งมีต้นทุนค่าเครื่องมือประมาณ 0.40 บาท/คน ทำให้ค่า cost-effectiveness สูงตามไปด้วยในกลุ่ม DFC เมื่อเทียบกับการตรวจโดยพยาบาลเวชปฏิบัติโดยใช้ direct ophthalmoscope ทั้งนี้ค่าเช่ากล้องถ่ายภาพจอตาเหมาเดือนละ 300,000 บาท

2. การถ่ายภาพจอประสาทตาโดยไม่ขยายม่านตา พบว่ามี poor film rate ประมาณร้อยละ 10 แต่เมื่อใช้ยาหยอดขยายม่านตาร่วมด้วยจะพบ poor film rate เหลือเพียงร้อยละ 2.4 (ใน ร.พ.สุรินทร์) ซึ่งตรงกับการศึกษาในต่างประเทศโดย Taylor R และ Anne L Peters ว่าในกรณีที่ไม่ใช้ยาขยายม่านตานั้น จะทำให้มี poor film rate ของการถ่ายภาพ มากกว่าร้อยละ 5[28-29] มีการศึกษาโดย Lairson DR และคณะ พบว่าการถ่ายภาพจอประสาทตาร่วมกับการใช้ยาหยอดขยายม่านตาสามารถที่จะลด poor film rate จากร้อยละ 14 มาเป็นร้อยละ 3.7 เท่านั้น[30] ในการศึกษานี้พบว่าการใช้ยาหยอดขยายม่านตาร่วมด้วยจะทำให้ poor film rate ของการถ่ายภาพลดลง และต้นทุนประสิทธิผลมากขึ้น จากการเก็บข้อมูลจริงไม่พบภาวะแทรกซ้อนจากการใช้ยาหยอดขยายม่านตาทั้ง 2 โรงพยาบาล ผลด้านเศรษฐศาสตร์สาธารณสุขในการคัดกรองผู้ป่วยเบาหวานเข้าจอประสาทตานั้น มีข้อมูลที่น่าสนใจมาจาก the Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts ดังตาราง 7

ซึ่งพบว่าการหยอดขยายม่านตาก่อนถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลจะทำให้ผล sensitivity และ specificity ดีขึ้นมากกว่าการไม่ใช้ยา รวมทั้ง cost/true-positive case จะให้ผลต่ำกว่า ดังนั้นการหยอดขยายม่านตาก่อนถ่ายภาพน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่า

3. การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้คิดค่าแรงในการอ่านผลภาพถ่ายจอประสาทตาของจักษุแพทย์

4. การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้คิดค่าฝึกอบรมสำหรับพยาบาลเวชปฏิบัติทางตาและช่างถ่ายภาพไว้ด้วย

ดังนั้นการที่จะลดต้นทุนของการถ่ายภาพจอประสาทตาด้วยกล้องดิจิตอลนั้นจะต้องทำการตรวจคัดกรองผู้ป่วยเป็นจำนวนมากจึงจะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลงและเพิ่มค่าต้นทุนประสิทธิผลให้มากขึ้นได้

ในต่างประเทศได้มีการนำกล้องดิจิตอลมาทำเป็นหน่วยเคลื่อนที่คือ ใช้รถบรรทุก ซึ่งภายในดัดแปลงให้เป็นห้องมืดและบรรจุกล้องดิจิตอลที่ใช้ถ่ายภาพจอประสาท แล้วขับรถนั้นไปตามหมู่บ้านต่างๆเพื่อถ่ายภาพจอประสาทตาผู้ป่วยเบาหวาน[31-32] เพื่อแก้ปัญหาของผู้ป่วยในการไปตรวจติดตามที่โรงพยาบาล

พบว่าข้อดีของการใช้ หน่วยเคลื่อนที่ที่ใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพจอประสาท คือ

1. เหมาะสำหรับการคัดกรองผู้ป่วยจำนวนมาก
2. เหมาะสำหรับประเทศที่มีพื้นที่กว้างใหญ่
3. การคมนาคมของผู้ป่วยไม่สะดวก
4. เหมาะสำหรับประเทศที่มีบุคลากรด้านจักษุไม่พอ

แต่พบข้อเสียว่า

1. เหมาะสมกับผู้ป่วยที่อยู่ตามชนบทห่างไกล แต่ไม่เหมาะสมกับผู้ป่วยในเมือง
2. มีปัญหาเรื่องความเสียหายของเลนส์กล้องจากความชื้นที่เปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนที่ของรถ
3. มีปัญหาเรื่องความเสียหายของเครื่องมืออีเลคทรอนิกและคอมพิวเตอร์
4. ต้องใช้บุคลากรที่ฝึกมาสำหรับการถ่ายภาพโดยเฉพาะ
5. การถ่ายภาพเพียง 1 ภาพ (45^{o}) อาจไม่สามารถตรวจความผิดปกติของจอประสาทตาได้ทั้งหมด
6. ไม่สามารถตรวจคัดกรองโรคตาอื่น เช่น ต้อ กระจก ต้อหิน ซึ่งพบมากขึ้นในผู้ป่วยโรคเบาหวาน
7. ภาพที่ได้เป็นภาพ 2 มิติ ไม่สามารถตรวจภาวะ จอประสาทตาบวมได้

Table 6. Cost of screening

Direct Ophthalmoscope	Direct Ophthalmoscope
1. บุคคลากร พยาบาล 2 คน ค่าเฉลี่ยเงินเดือน 16,500 บาท ค่าแรง/ 1 วัน 16,500/20 = 825 บาท/วัน ค่าแรงวัด VA 4200/20 = 210 บาท/วัน (เงินเดือนเจ้าหน้าที่วัดสายตาหารวันทำการ) ค่าแรงหยอดยาขยายม่านตา = 4200/20 = 210 บาท/วัน รวม = 825+210+210 = 1,245 บาท 1245/50 = 24.90 บาท/คน (ตรวจตาเฉลี่ย 50 คน/วัน)	**1. บุคคลากร** ช่างถ่ายภาพ $\frac{7,700}{20}$ = 385 บาท/วัน ค่าแรงวัด VA $\frac{4,200}{20}$ = 210 บาท/วัน รวม = 385+210 = 595 บาท 595/50 = 11.9 บาท/คน (ตรวจตาเฉลี่ย 50 คน/วัน)
2. ค่าวัสดุ รวมค่ายาขยายม่านตา = 38.67 บาท/คน	**2. วัสดุ** ค่าแผ่นข้อมูล 10 บาท/คน
3. ค่าครุภัณฑ์ ต้นทุน direct ophthalmoscope ต่อเดือน (ค่าเสื่อมราคาคิดที่ 5 ปี) = $\frac{10,000}{5x12}$ (5 ปี) = 166.70 บาท = $\frac{166.70}{424}$ = 0.39 บาท/คน	**3. ค่าครุภัณฑ์** Digital camera $\frac{300,000}{424}$ = 707.5 บาท (ค่าเช่าเครื่อง DFC 300,000 บาทต่อเดือน)
รวมต่อคน 63.96 บาท/คน	รวมต่อคน 729.40 บาท/คน

Table 7. CIs for sensitivity and specificity

	45° PHOTO WITHOUT DILATION	45° PHOTO WITH DILATION	OPHTHALMOLOGIST EXAMINATION	TECHNICIAN EXAMINATION
Sensitivity	0.61	0.81	0.33	0.07
Upper 95% CI	0.72	0.90	0.44	0.14
Lower 95% CI	0.50	0.72	0.22	0
Specificity	0.85	0.96	1.00	0.99
Upper 95% CI	0.89	0.99	1.00	1.00
Lower 95% CI	0.81	0.94	0.99	0.97

8. ไม่สามารถทำในผู้ป่วยที่ไม่สามารถนั่งได้ หรือสั่นตลอดเวลา

9. การสูญหายของภาพ และปัญหาการจัดเก็บไฟล์ภาพ

เมื่อพบปัญหาดังกล่าว การใช้หน่วยเคลื่อนที่ของกล้องดิจิตอล จึงใช้เฉพาะในประเทศที่ประชาชนอยู่กระจัดกระจายและพื้นที่กว้างใหญ่ เช่น ในประเทศแคนาดา ในประเทศอังกฤษจึงหันกลับมาใช้กล้องดิจิตอลโดยติดตั้งไว้ตามศูนย์สุขภาพชุมชน โดยมีโรงพยาบาลหลัก ซึ่งมีกล้องดิจิตอลนี้แล้วนำกล้องนี้เคลื่อนย้ายไปติดตั้งไว้ตามศูนย์สุขภาพชุมชน

ต่างๆ ในจังหวัดนั้น เช่นเดียวกับในการศึกษานี้ ประเทศอังกฤษได้เริ่มมีการนำ National screening for diabetic retinopathy โดยเริ่มจัดซื้อกล้องดิจิตอล 33 มาช่วยในการตรวจคัดกรอง

Dr James Mason[33] ได้ให้ความเห็นว่า การใช้กล้องดิจิตอลในการคัดกรองเทียบกับการใช้นักวัดสายตาได้ผลไม่แตกต่างกันในแง่ sensitivity และ specificity คือมากกว่า 80% ผลการศึกษาในด้าน health economic analysis ที่ผ่านมาทั้งในอังกฤษและอเมริกาก็ยังไม่เป็นการศึกษาที่ดี ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาต่อไปอีก ซึ่งการทำ national screening program นั้นอาจไม่เหมาะสมเท่าการทำ local screening program อีกทั้ง national screening program ของอังกฤษนี้ ยังไม่สามารถตรวจคัดกรองผู้ป่วยต้อกระจกต้อหิน ซึ่งเป็นโรคที่พบบ่อยมากในผู้ป่วยเบาหวานได้ หลายการศึกษาที่บ่งชี้ว่าการตรวจคัดกรองเบาหวานเข้าจอประสาทตานั้นอาจจะใช้การตรวจทุก 2-3 ปี แทนการตรวจทุกปีก็ได้ ซึ่งจะได้ต้นทุน ประสิทธิภาพมากกว่า[34-35] การตรวจคัดกรองโดยกล้องดิจิตอลนั้น ในการศึกษาจะพบว่าได้ผลดี แต่ในความเป็นจริงยังมีปัญหาอีกมากมายที่ไม่เคยพบในการศึกษาเมื่อนำมาใช้จริง และความจำเป็น ความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ก็จะแตกต่างกันไป ในบางพื้นที่อาจจะใช้นักวัดสายตาจะเหมาะสมกว่าการใช้กล้องดิจิตอล พบว่า national screening program ไม่ประสบความสำเร็จในอังกฤษและเวลส์ในการตรวจคัดกรองผู้ป่วยเบาหวานโดยใช้กล้องดิจิตอล

การตรวจโดยใช้กล้องดิจิตอลยังไม่สามารถสรุปว่าได้ผลดีกว่า การตรวจคัดกรองโดยบุคคลากรทางการแพทย์อื่นและกล้องดิจิตอลไม่สามารถตรวจคัดกรองโรคตาอื่นได้ เช่น โรคต้อกระจก โรคต้อหิน ซึ่งพบมากในผู้ป่วยเบาหวาน

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะใช้วิธีไหนต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยประกอบกัน จึงสมควรที่จะได้ทำการวิจัยเพิ่มเติมในแต่ละรูปแบบเพื่อเป็นข้อมูลที่แท้จริงและเหมาะสมสำหรับแต่ละภูมิภาคของประเทศ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติจริงจะช่วยในการตัดสินใจที่ถูกต้องอันจะกำหนดเป็นนโยบายของประเทศ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยเบาหวานมากที่สุดนั่นเอง

** หมายเหตุ*

Technical failure rate หมายถึง การที่ไม่สามารถถ่ายภาพได้ เช่น ผู้ป่วยสั่น นั่งไม่ได้ รวมถึงภาพที่ไม่สามารถแปลผลได้เนื่องจากคุณภาพของภาพไม่ดีพอ

Poor film rate หมายถึง ภาพที่ถ่ายออกมาคุณภาพไม่ดีพอที่จะอ่านถึงแม้จะใช้ยาขยายม่านตาร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Bureau of Health Policy and Planning. Burden of Disease and Injuries in Thailand. Burden of Disease and Injury in Thailand. Printing House of the War Veterans Organization of Thailand Under Royal Patronage of His Majesty the King, Bangkok, 2002. @ Copyrignt of Ministry of Public Health and Thai Health Promotion Foundation. 2004:58, A10.
2. Report of The Second National Health Examination Survey in 1997. Thai Health Research Institute. Ministry of Pubic Health, Bangkok 2000.
3. Smaiporn S, Lerdmeemongkolchai P, Anujaree P, et al. Prevalence and Risk of Diabetic Retinopathy in Relation to Duration of Diabetic Mellitus. Thai J Ophthalmol 2001;15:1-8.
4. Klein HA, Moorehead HB. Statistics on Blindness in The Model Reporting Area, 1969-1970. Bethesda, Maryland. U.S. Department of Health, Education and Welfare; 1973. DHEW publication no 73-427.
5. National Society to Prevent Blindness, Operational Research Department. Vision Problems in the U.S. : A Statistical Analysis New York National Society to Prevent Blindness; 1980 Available from : National Society to Prevent Blindness, 500 East Remington Road. Schaumburg, IL 60:73.
6. Klein R, Klein BE. Vision Disorders in Diabetes. In : Diabetes in America Diabetes Data Compiled 1984 Bethesda, Maryland: U.S. Department of Health and Human Services. 1985: ch 8:1-2 NIH publication no 85-1468.
7. The Diabetic Retinopathy Study Research Group. Photocoagulation Treatment of Proliferativediabetic Retinopathy. Clinical Application of Diabetic Retinopathy Study (DRS) Findings, DRS Report No. 8 Ophthalmology. 1981:88:583-600.
8. The Diabetic Retinopathy Study Research Group. Four Risk Factors for Severe Visual Loss in Diabetic Retinopathy. The Third Report from The Diabetic Retinopathy Study. Arch Ophthalmol. 1979;97:654-5.
9. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. Photocoagulation for diabetic macular edema. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report Number 1 Arch Ophthalmol. 1985;103:1796-806.
10. Kein R, Klein BE, Moss SE, Demets DL, The Validity of A Survey Question to Study Diabitic Retinopathy, Am J Epidemiol, 1986;124:104-10.

11. Klein R, Moss SE, Klein BE. New Management Concepts for Timely Diagnosis of Diagnosis of Diabetic Retinopathy Treatable by Photocoagulation. Diabetes Care. 1987;10-633-8.

12. National Eye Health Education Program. Congressional Record. National Departments of Labor, Health and Human Services, Eduction, and Related Outcomes. Seate report 1988;121: 100-89.

13. Ring A, Destefano F, Geiss L, et al. Centers for Disease Control Community-Based Diabetes Control Program. In: Davidson JK, ed. Clinical Diabetes Mellitus: A Problem-Oriented Approach. New York. Thieme Inc., 1991:728.

14. Diabetes 2000 group. Elimination of Preventable Blindness from Diabetes by The Year 2000. An Educational Program of the American Academy of Ophthalmology. San Francisco, California.2000.

15. Wylie-Rosett J, Basch C, Walker EA, et al. Ophthalmic Referral Rates for Patients with Diabetes in Primary-Care Clinics Located in Disadvantaged Urban Communities. J Diabetes Complications. 1995;49-54.

16. Mayfield JA, Rith-Najarian SJ, Acton Kj, et al. Assessment of Diabetes Care by Medical Record Review: The Indian Health Service Model. Diabetes Care. 1994;17;918-23.

17. Brechner RJ, Cowie CC, Howie LJ, et al. Ophthaimic Examination Among Adults with Diagnosed Diabetes Mellitus. JAMA 1993;270;1714-8.

18. Heaven CJ, Cansfield J, Shaw KM. The Quality of Photographs Produced by The Nonmydriatic Fundus Camera in a Screening Programme for Diabetic Retinopathy: A 1 Year Prospective Study. Eye 1993;7:787-90.

19. Schchat A, Hyman L, Leske C, et al. Comparison of Diabetic Retinopathy Detection by Clinical Examination and Photographic Grading. Arch Ophthalmol 1993;111:1064-70.

20. Lee V, Kingsley R, Le E, et al. The Diagnosis of Diabetic Retinopathy: Ophthalmoscopy versus fundus Photography. Ophthalmology 1993;100:1504-12.

21. Pugh J, Jacobson J, Van Heuven N, et al. Screening for Diabetic Retinopathy: The Wide Angle Retinal Camera. Diabetic Care 1993; 16:889-95.

22. Ryder R, Kong N, Bates, et al. Instant Electronic Imaging Systems are Superior to Polaroid at Detecting Sight-Threatening Diabetic Retinopathy. Diab Med 1998;15:254-8.

23. George L, Halliwel M, Hill R. A Comparison of Digital Retinal Images and 35 mm Colour Transparencies in Detecting and Grading Diabetic Retinopathy. Diab Med 1998;15:250-3

24. Lim JI, LaBree L, Nichols T, Cardenas I. A Comparison of Digital Nonmydriatic Fundus Imaging with Standard 35-millimeter Slides for Diabetic Retinopathy. Ophthalmology 2000; 107:866-70.

25. Bursell S-E, Cavallerno JD, Cavallerno AA, et al. Stereo Nonmydriatic Digital-Video Color Retinal Imaging Compared with Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Seven Standard Field 35 mm Stereo Color Photos for Determining Level of Diabetic Retinopathy. Ophthalmology 2001;108: 572-85.

26. Marcus DM, Brooks SE, Ulrich LD, et al. Telemedicine and Diagnosis of Eye Disorders by Direct Ophthalmoscopy. A pilot study. Ophthalmology 1998; 105:1907-14.

27. K L Tu, P Palimar, S Sen, P Mathew and A Khaleeli, Comparison of optometry vs digital photography screening for diabetic retinopathy in a single district. Eye 2004;1;3-8.

28. Taylor R, Lovelock L, Tunbridge WMG, Alberti KGMM, Brackenbridge RG, Stephenson P, Young E. Comparison of Non-Mydriatic Retinal Photography with Ophthalmoscopy in 2159 Patients: Mobile Retinal Camera Study. Br Med J 1990; 301:1243-7.

29. Anne L Peters, MD, Mayer B.Davidson, MD, Frederick H. Ziel, MD, Cost-Effective Screening for Diabetic Retinopathy Using a Nonmydriatic Retinal Camera in a Prepaid Health-Care Setting; Diabetes Care 1993;16:1993-5.

30. Lairson DR, Pugh J, Kapadia AS, Lorimor RJ, Jacobson J, Velez R. Cost-Effectiveness of Alternative Methods for Diabetic Retinopathy Screening. Diabetes 1992; 15:1369-71.

31. Leese GP, Ahmed S, Newton RW, Jung RT, Ellingford A, Baines P, Roxburgh S, Coleiro J. Use of Mobile Screening Unit for Diabetic Retinopathy in Rural and Urban Areas; BMJ. 1993;306:187-9.

32. R. Taylor on behalf of the British Diabetic Association Mobile Retinal Screening Group; Practical Community Screening for Diabetic Retinopathy Using the Mobile Retinal Camera : Report of a 12 Centre Study. Diabetic medicine, 1996;13: 946-52.

33. James Mason, National screening for diabetic retinopathy: clear vision needed, Diabetic Medicine 2003;12;959.

34. Sindeep Vijan, Timothy P. Hofer, Rodney A. Hayward. Cost-Utility Analysis of Screening Intervals for Diabetic Retinopathy in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus, Jama 2000;283: 889-96.

35. Klein R. Screening interval for retinopathy in type 2 diabetes. Lancet 2003;361:190-1.