การพัฒนาเครื่องมือประเมินความล้าของตาในการใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์*

The Development of Visual Fatigue Evaluating Instrumentfor VDT Operators

ทิพย์สุดา บานแย้ม**
ดร. เกษรา รักษ์พงษ์สิริ***

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเครื่องมือประเมินความล้าของสายตา ในการใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์ โดยใช้หลักการวัดความล้าจากการหดและขยายของรูม่านตา (Pupil size/Pupil accommodation) มาคำนวณทางด้านวิศวกรรม (Image processing) แสดงผลเป็นตัวเลขที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ตลอดการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์ความล้าของสายตาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์ได้ ผลการทสอบในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่มีสุขภาพดี ไม่มีปัญหาทางด้านสายตา จำนวน 10 คน อายุเฉลี่ย 24 ± 1.25 ปี ทำการทดสอบความล้าของสายตาด้วยการดูวิดิทัศน์ในห้องมืดเป็นเวลา 60 นาที พบว่าขนาดรูม่านตาก่อนและหลังดูวิดิทัศน์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าขนาดรูม่านตามีความสัมพันธ์โดยตรงกับแสงสว่างในแต่ละช่วงเวลาของการดูวิดิทัศน์ เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงของขนาดรูม่านตาได้ และสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินความล้าเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของการใช้สายตาที่สัมพันธ์กับการทำงานต่อไป

---

* วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทางการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

** นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทางการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*** ผู้ช่วยศาสตร์ตราจารย์อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Abstract

The purpose of this research is to develop the assessment tool of eye fatigue while working with computer monitors. The principle is using the variation of pupil size/pupil accommodation to calculate in image processing, which displays the result in numbers that could record data throughout the measurement, and to analyze the eye fatigue occurred from using computers. Ten females with normal eyesight with average age of 24 ± 1.25 years were tested their eye fatigue by watching video in the dark room for sixty minutes. The result of this experiment showed that the pupil size before and after watching video in the dark room were not significantly different, and the pupil size directly related to the luminance level in each phase of watching video. From this experiment, we do not only use this data to be the guideline for decreasing the risk factor of causing the eye problems, which come from working with computer monitors, but the instrument developed in this study can be used to monitor variation of pupil size while walking. We also apply it to be the device for assessing the eye fatigue in order to prevent an injury of eyesight while working in the future.

บทนำ

กระบวนการมองเห็นเป็นการทำหน้าที่ของสมองโดยตาเป็นอวัยวะเดียวที่รับแสงสว่างระบบการมองเห็นที่สมบูรณ์จะควบคุมการทำกิจกรรมต่างๆ ของเราในแต่ละวันไว้ถึงร้อยละ 90 และการมองเห็นยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นไปอีกในการทำงานหลายๆ อย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่ต้องใช้สายตาทำงานละเอียดหากการทำหน้าที่ของระบบประสาทการมองเห็นตกอยู่ภายใต้ความเค้น (Stress) ก็ไม่น่าประหลาดใจที่พบว่าในบางครั้งตาเป็นต้นเหตุสำคัญของการเกิดความล้า (Fatigue) นั่นเอง

เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นผลงานจากการพัฒนาทางเทคโนโลยีเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ วิวัฒนาการของคอมพิวเตอร์เริ่มมาจากความพยายามของมนุษย์ที่จะคิดค้นเครื่องมือสำหรับการคำนวณและได้รับการพัฒนาเรื่อยมาจนเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ผลอันเนื่องมาจากความสามารถในการประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดเวลา ประกอบกับราคาเครื่องคอมพิวเตอร์ถูกลงและความต้องการที่จะพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เข้าไปมีบทบาทกับงานด้านต่างๆ มากมายทั้งทางด้าน วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ธุรกิจ และอุตสาหกรรม (ศูนย์เทคโนโลยีสำนักงาน) ในปี 2543 อเมริกามีการใช้วีดีทีถึง 100 ล้านเครื่อง สำหรับประเทศไทยก็เช่นเดียวกันมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานหลายประเภท บางหน่วยงานได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้อย่างเต็มรูปแบบ ทำให้เกิดลักษณะงานที่ต้องปฏิบัติอยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดหรือเกือบตลอดระยะเวลาการทำงาน

ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ โดยได้มีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับงานในหลายๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นในวงการธุรกิจ อุตสาหกรรม การแพทย์ การศึกษา เป็นต้น ซึ่งลักษณะของการประยุกต์ใช้งานของคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็น

การจัดเก็บข้อมูล การสืบค้นข้อมูล การประมวลผลข้อมูล การออกแบบลักษณะงาน ตลอดจนการควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ

ในบรรดาอุปกรณ์ชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์นั้น เครื่องวีดีที (VDT) เป็นส่วนประกอบสำคัญส่วนหนึ่งที่ขาดไม่ได้ "วีดีที" มาจากคำว่า Visual Display Terminals เป็นอุปกรณ์ปลายทางของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า เทอร์มินัล (Terminals) มีส่วนประกอบสำคัญคือ จอภาพและแท่นพิมพ์ (สันทนา อมรไชย, 2531) ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลและแสดงภาพต่างๆ ทั้งที่เป็นการเรียงคำ กราฟ และแผนภูมิ โดยต่อเข้ากับส่วนที่เป็นสมองกลของเครื่องคอมพิวเตอร์จึงเปรียบเสมือนเป็นสื่อกลางระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าคอมพิวเตอร์มีบทบาทในชีวิตประจำวันและถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานหลายประเภททำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานหน้าจอภาพตลอดเวลาหรือเกือบตลอดระยะเวลาการทำงานการทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นระยะเวลานานติดต่อกันสามารถส่งผลกระทบต่อร่างกายโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มอาการใหญ่คือกลุ่มอาการทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกได้แก่อาการปวดต้นคอปวดไหล่ปวดข้อมือปวดหลังและความล้าของตา (Visual fatigue) (Clayton B, 2005) การศึกษาในประเทศไทยที่รายงานในช่วงปี 2549-2550 พบความล้าของตาในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานกับคอมพิวเตอร์มีความชุกอยู่ในช่วงร้อยละ 76.7-96.4 จะเห็นว่าปัญหาความล้าของตาในผู้ที่ทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นปัญหาที่มีขนาดค่อนข้างมาก ได้แก่อาการปวดตาระคายเคืองตาแสบตาน้ำตาไหลตาแดงตาแห้งตาสู้แสงไม่ได้ปวดศีรษะหนังตากระตุกมองเห็นภาพไม่ชัดเจนหรือมองเห็นภาพซ้อนมีรายงานจากผลการศึกษาผลกระทบจากการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์พบว่า ผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์ต่อเนื่องมากกว่า 3 ชั่วโมงต่อวัน จะมีอาการแสดงอย่างใดอย่างหนึ่งของอาการตาล้ามากถึงร้อยละ 90 สาเหตุอันเนื่องมาจากสายตาต้องถูกใช้งานอย่างหนักในการมองทั้งจอคอมพิวเตอร์ แป้นพิมพ์ และเอกสารสลับกันไปตลอดเวลา ทั้งนี้ระดับแสงสว่างและระยะความห่างในการมองวัตถุทั้ง 3 ที่แตกต่างกันไป ทำให้สายตาต้องปรับตลอดเวลา ส่งผลให้เลนส์ตาหรือแก้วตาต้องปรับตัวเพื่อให้ภาพที่มองไปตกที่จอภาพพอดีและขนาดรูม่านตาก็ต้องเปลี่ยนไปตามความเข้มของการส่องสว่างจากวัตถุที่เรามอง

ปัญหาเกี่ยวกับความเมื่อยล้าของสายตาได้มีการศึกษาผลกระทบของวีดีทีต่อสุขภาพเป็นครั้งแรกในปี 2513 ในประเทศสวีเดน พบว่าอัตราการเพิ่มของสายตาในผู้ปฏิบัติงานกับจอวีดีทีเป็นผลเนื่องมาจากแสงจ้าบนจอภาพและแสงสว่างไม่เพียงพอ Laubli TH et al. ,1981) พบว่าผู้ปฏิบัติงานหน้าจอภาพมากเกินไปนอกจากจะทำให้ร่างกายอ่อนเพลียแล้วยังทำให้เกิดผลเสียต่อสายตา อาการที่พบคือ เคืองตา แสบตาและจำนวนผู้สวมแว่นเพิ่มขึ้นรวมทั้งพบว่าคนที่มีความผิดปกติทางสายตาอยู่เล็กน้อยซึ่งไม่มีปัญหาในชีวิตประจำวันจะเกิดปัญหาเพิ่มมากขึ้นถ้าทำงานกับวีดีทีและคนที่สวมแว่น ก็มีโอกาสเกิดปัญหามากกว่าคนที่สายตาปกติ (Rossignal AM et al.,1987) พบว่าพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องวีดีทีมากกว่าหรือเท่ากับ 4 ชั่วโมงต่อวัน มีอัตราการเกิดอาการผิดปกติของสายตามากกว่าพนักงานที่ไม่ได้ปฏิบัติงานกับวีดีที และยังพบว่าพนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องวีดีทีมากกว่าหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมงต่อวัน มีอัตราการเกิดอาการผิดปกติของสายตามากกว่าพวกที่ปฏิบัติงานเป็นเวลาน้อยชั่วโมงกว่าซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Dainoff MJ et al.,1981) ที่พบว่าอาการผิดปกติของสายตาเพิ่มขึ้นเมื่อต้องปฏิบัติงานยาวนานขึ้น

ผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วนี้ทำให้มีการตื่นตัวในด้านความปลอดภัยในการทำงานกับเครื่องวีดีที ผลของการใช้เครื่องวีดีทีต่อสุขภาพในระยะยาว เป็นผลให้มีการคิดค้นออกแบบและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ดีที่สุด แต่การค้นคว้าเกี่ยวกับความปลอดภัยและผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องวีดีทียังมีน้อยมากเมื่อ

เทียบกับความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี รวมถึงการจัดการเพื่อลดความเมื่อยล้าของตาจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องการบริหารจัดการ เพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพเพื่อให้ได้ปริมาณงานที่ดี จากการศึกษาพบว่าวิธีการวัดความล้าทางสายตาบางงานวิจัยได้มีการประมาณค่าระดับความล้าของตาเมื่อดูวีดีที (VDTs) ด้วยวิธีการใช้แบบสอบถาม (Subjective) และการใช้เครื่องมือทดสอบ (Objective) (Takahashi,2006) ซึ่งการใช้เครื่องมือทดสอบ สามารถใช้ Bio-signal เป็นตัวแทนในการประเมินความล้าของตาได้ แต่ก็ไม่สามารถวัดความล้าของตาได้โดยตรง ซึ่งจะมีความแม่นยำในการวัดระดับความล้าได้ไม่มากและยังมีผลจากปัจจัยภายนอกมารบกวนอีกด้วยด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเห็นว่ายังไม่มีเครื่องมือที่สามารถยืนยันถึงอาการล้าทางสายตาได้ชัดเจนและเครื่องมือที่ใช้วัดมีความยุ่งยาก ราคาแพง ทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถช่วยวัดความล้าทางสายตาได้ให้มีวิธีการตรวจวัดที่ง่ายและได้ผลออกมาชัดเจน และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการศึกษาอื่นๆ ได้อีกมากมาย

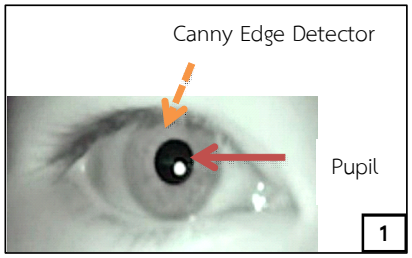
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

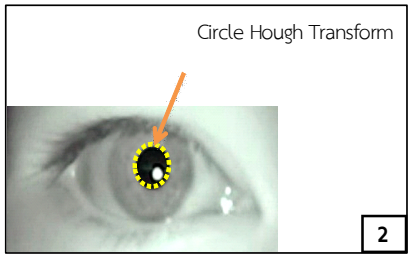
เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้วัดความล้าของตาได้

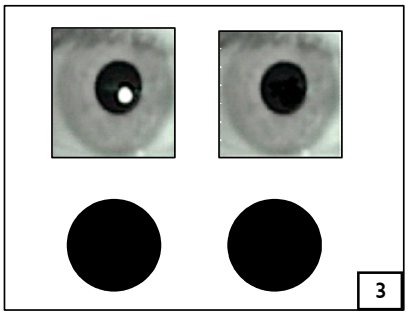
วิธีการดำเนินการวิจัย

การออกแบบ

รูปแบบการวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาจากเครื่องมือที่ใช้วัดการหดขยายของรูม่านตา โดยดูในเรื่องปัจจัยของแสงและระยะห่างของจอภาพมีผลต่อการหดขยายของรูม่านตาหรือไม่ โดยตัวเครื่องมือจะเป็นแว่นสามมิติที่ติดกล้องไว้ด้านหน้าติดกับตัวแว่น จึงทำให้มีน้ำหนักมากและบดบังการมอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาหลักการทำมาพัฒนาตัวเครื่องมือให้ง่ายต่อการติดตั้งและบดบังการมองให้น้อยที่สุด โดยเครื่องมือที่สร้างขึ้นจะวัดความล้าของตาจากการหดขยายของรูม่านตา กล่าวคือหากมีการหดตัวของรูม่านตาลดลงนั่นแสดงถึงอาการล้าของตานั่นเองซึ่งจะทำการวัดขนาดรูม่านตาโดยใช้กล้องบันทึกภาพที่มีความละเอียด 10 ล้านพิกเซลและมีความเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที และติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านพอร์ต USB จากนั้นบันทึกภาพลงคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล โดยใช้โปรแกรม Image processing ในการหาขนาดรูม่านตา ซึ่งหลักการทำงานของโปรแกรมจะทำการค้นหาตำแหน่งของ รูม่านตา โดยการใช้ Canny edge detector เพื่อให้รูปเหลือเฉพาะขอบจากนั้นใช้ Circle houghtransformเพื่อค้นหาวงกลมที่อยู่ในรูปจากนั้นทำการลบแสงสะท้อนที่เกิดในดวงตา โดย Threshold รูปภาพให้เหลือแต่จุดที่เป็นแสงสะท้อนทำการขยายแสงสะท้อน ด้วย Dilation แล้วสร้างเป็น Mask เพื่อใช้สำหรับการซ่อมรูปซ่อมรูปด้วย In paint (EmguCV) จะทำให้แสงสะท้อนหายไปจากนั้นทำการวัดพื้นที่ของรูม่านตาโดยค้นหา Blob ที่อยู่ในภาพ ใช้ Bounding box เพื่อตีกรอบแล้วทำการวัดขนาดที่ได้ ดังภาพที่ 1 และทำการเปลี่ยนหน่วยขนาดรูม่านตาจาก pixel^2 เป็นมิลลิเมตร โดยใช้สมการ $d_{a=2} \cdot \sqrt{\frac{Z \cdot n_p}{\lambda \cdot \pi}}$







ภาพที่ 1 แสดงการหาขนาดรูม่านตา

1. Canny Edge Detector เพื่อให้รูปเหลือเฉพาะขอบ
2. Circle Hough Transform เพื่อค้นหาวงกลมที่อยู่ในรูป
3. Threshold รูปภาพให้เหลือแต่จุดที่เป็นแสงสะท้อน
   - ทำการขยายแสงสะท้อน ด้วย Dilation แล้วสร้างเป็น Mask เพื่อใช้สำหรับการซ่อมรูป
   - ทำซ่อมรูปด้วย In Paint (EmguCV) จะทำให้แสงสะท้อนหายไป
   - ค้นหา Blob ที่อยู่ในภาพ ใช้ Bounding Box เพื่อตีกรอบแล้วทำการวัดขนาดที่ได้

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรของการออกแบบการศึกษาเป็นตัวแปรต้น คือภาระงาน (Visual work load),ตัวแปรตาม คือการหดขยายของรูม่านตา และตัวแปรควบคุมคือสภาพแวดล้อมในการทำงานและระยะเวลาในการทำงานโดยมีวิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยดังนี้คัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าจำนวน 10 คนจากนั้นให้อาสาสมัครนั่งพักหลับตาประมาณ 1 นาที พร้อมกับจับสัญญาณชีพ (อัตราการเต้นของหัวใจ (Pulse)) 1 นาทีและ Blood pressure เพื่อตรวจดูระดับความเหนื่อยของอาสาสมัคร ทำการบันทึกภาพโดยให้อาสาสมัครมองจอภาพเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำภาพที่ได้เข้าโปรแกรม Image processing เพื่อแปลงภาพของรูม่านตา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลและวิเคราะห์พร้อมทั้งอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือที่ใช้วัดความล้าของตา

วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ (Materials)

- กล้องบันทึก
- คอมพิวเตอร์
- Luminance meter
- นาฬิกาจับเวลา
- จอภาพ
- Lux meter
- เครื่องวัดความดันโลหิต
- สายวัด

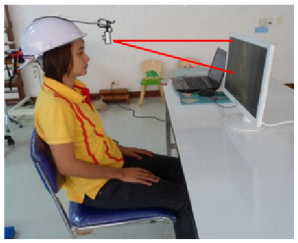
ขนาดขอจอภาพ :

- จอ LED ขนาด : 21.5 inches (diagonal)
- ความละเอียด : 1920X1080 pixels
- ความสว่าง : 250 : 1 cd/m^2

การจัดองค์ประกอบอื่นๆ

- แสงสว่าง 0 lux.
- ระยะห่างระหว่างตากับจอภาพ 60 เซนติเมตร
- มุมของหน้าจอทำมุม 35 องศากับแนวระนาบ

ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบของเครื่องมือ



ก. **ข.**

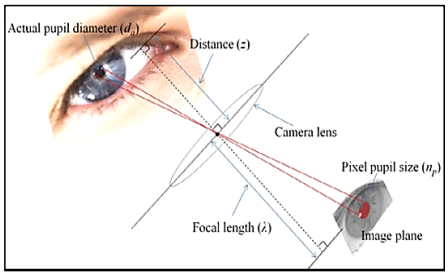
ภาพที่ 3 แสดงการจัดองค์ประกอบและการติดตั้งเครื่องมือในการทดสอบ
(ก. ห้องมืดที่ใช้ในการทดสอบ ข. การจัดวางเครื่องมือในการทดสอบ)

ผลการศึกษา

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือประเมินความล้าของตา ในการวิจัยครั้งนี้ทำการทดสอบโดยนำลูกปิงปองเป็นตัวแทนของลูกตาที่มีขนาดรูม่านตา ในขนาดต่างๆ คือ 2 มม., 3 มม., 4 มม., 5 มม., 6มม., 7 มม., 8 มม. จากนั้นนำเครื่องประเมินความล้าของตาบันทึกภาพ และนำภาพเข้ากระบวนการประมวลผล เพื่อคำนวณหาขนาดรูม่านตา ที่ได้จากการบันทึกภาพว่ามีขนาดเท่ากันหรือไม่

แสดงตัวอย่างการคำนวณ



จากสูตร $d_a = 2 \cdot \sqrt{\frac{z \cdot n_p}{\lambda \cdot \pi}}$

โดย d^a = pupil diameter, Z = distance (10cm.)

N^p = pixel pupil size, λ = focallength

ภาพที่ 4 ภาพตัวอย่าง เป็นวงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm ใช้โปรแกรมคำนวณออกมาได้เป็นพื้นที่ 1256.63 pixel

คำนวณจากสูตรเพื่อหา λ โดย d_a = 8mm, z = 10 cm และ n_p = 1256.63

$$\lambda = \left(\frac{2}{d_a}\right)^2 \times \frac{(z \cdot n_p)}{\pi} = \frac{10 \times 1256.63}{16 \times \pi} = 249.9986 \approx 250$$

วงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 mm ได้พื้นที่ขนาด 962.11 pixel

จะได้ $\lambda = \frac{2 \times 10 \times 962.11}{49 \times \pi} = 249.9993 \approx 250$

วงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm ได้พื้นที่ขนาด 490.87 pixel

จะได้ $\lambda = \frac{2 \times 10 \times 490.87}{25 \times \pi} = 249.998 \approx 250$

(เพราะฉะนั้น นำค่า $\lambda = 250$ ใช้ในการคำนวณต่อไป)

ตัวอย่างเช่น เมื่อเรามีขนาดที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมเป็น 314.16 pixel

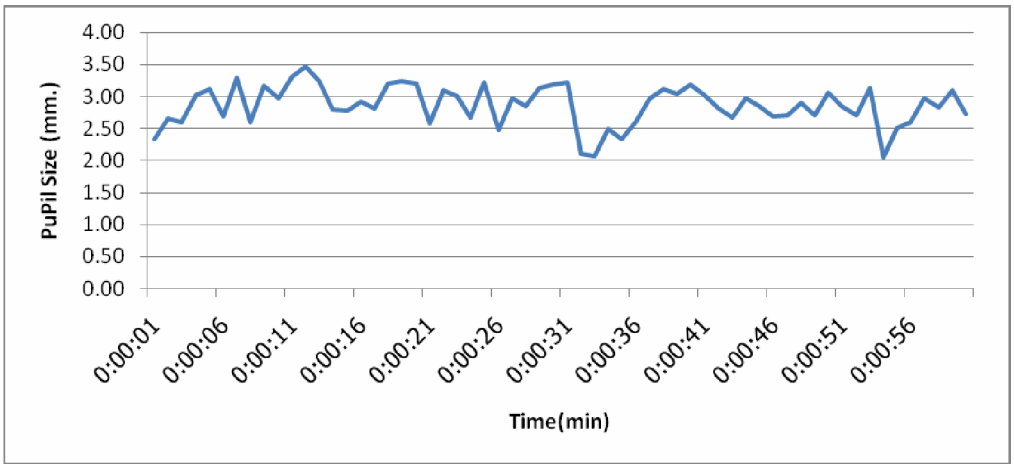
เราสามารถคำนวณหาขนาดออกมาเป็น มม. ได้ดังนี้

$$d_a = 2 \cdot \sqrt{\frac{z \cdot n_p}{\lambda \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10 \times 314.16}{250 \times \pi}} = 4\ mm.$$

ตัวอย่างผลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล

ตารางที่ 1 แสดงผลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล

เวลา	ขนาด (Pixel)	เวลา	ขนาด (Pixel)	เวลา	ขนาด (Pixel)	เวลา	ขนาด (Pixel)
0:00:01	107.23	0:00:16	166.29	0:00:31	202.81	0:00:46	141.02
0:00:02	137.32	0:00:17	155.62	0:00:32	85.96	0:00:47	142.35
0:00:03	133.07	0:00:18	200.61	0:00:33	84.21	0:00:48	163.77
0:00:04	179.35	0:00:19	204.48	0:00:34	122.45	0:00:49	143.65
0:00:05	188.60	0:00:20	199.55	0:00:35	106.75	0:00:50	183.09
0:00:06	141.81	0:00:21	130.70	0:00:36	133.98	0:00:51	159.30
0:00:07	212.09	0:00:22	186.99	0:00:37	173.04	0:00:52	142.55
0:00:08	132.22	0:00:23	176.62	0:00:38	189.17	0:00:53	192.82
0:00:09	196.81	0:00:24	139.52	0:00:39	180.52	0:00:54	82.23
0:00:10	171.78	0:00:25	202.58	0:00:40	198.42	0:00:55	123.68
0:00:11	213.64	0:00:26	119.84	0:00:41	178.02	0:00:56	131.97
0:00:12	235.31	0:00:27	171.83	0:00:42	155.14	0:00:57	172.33
0:00:13	206.03	0:00:28	158.88	0:00:43	138.68	0:00:58	157.14
0:00:14	152.10	0:00:29	191.00	0:00:44	172.35	0:00:59	187.41
0:00:15	151.06	0:00:30	199.05	0:00:45	158.77	0:01:00	145.13



ภาพที่ 5 แสดงผลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล (กราฟ)

ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมทดสอบเพศหญิงสุขภาพดี จำนวน 10 คน ที่เข้ารับการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องประเมินความล้าของตาในการใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์ มีอายุเฉลี่ย (Age) เท่ากับ 24 ปี (S.D. = 1.25), ความดันโลหิตเฉลี่ย (Blood pressure) เท่ากับ 117.30 ± 9.53/74.0 ± 9.85 mm.Hg, อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (Heart rate) เท่ากับ 73.70 ± 9.23 ครั้ง/นาที และผลจากการทดสอบพบว่าขนาดรูม่านตานาทีที่ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 มีขนาดเท่ากับ 3.55 ± 0.35, 3.66 ± 0.37, 3.76 ± 0.37, 3.66 ± 0.36, 3.83 ± 0.44, 3.87 ± 0.37, 3.77 ± 0.43 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดรูม่านตาจะขยายใหญ่ขึ้นในช่วงนาทีที่ 0 – 20 และหดเล็กลงในนาทีที่ 30 และขยายใหญ่ขึ้นอีกครั้งเมื่อนาทีที่31 – 50 จากนั้นมีการหดเล็กลงอีกครั้งในนาทีที่ 51 – 60 ดังแสดงไว้ในแผนภูมิที่ 1 จากนั้นทำการวัดค่าความสว่างนาทีที่ 0 , 10, 20, 30, 40, 50, 60 มีค่าเท่ากับ 131.2 cd/m, 123.2 cd/m, 110.8 cd/m 122.6 cd/m, 101.3 cd/m, 107.6 cd/m, 112.1 cd/m ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 3 และได้ทำการเปรียบเทียบขนาดรูม่านตาและความสว่างในแต่ละช่วงเวลาพบว่าช่วงเวลาที่ 0 – 20 ความสว่างลดลงและมีขนาดรูม่านตาจะขยายใหญ่ขึ้นในช่วงนาทีที่ 0 – 20 และหดเล็กลงในนาทีที่ 30 ซึ่งค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และขยายใหญ่ขึ้นอีกครั้งเมื่อนาทีที่ 31 – 50 ซึ่งความสว่างลดลง จากนั้นมีการหดเล็กลงอีกครั้งในนาทีที่ 51 – 60 และความสว่างเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4 และแผนภูมิที่ 3

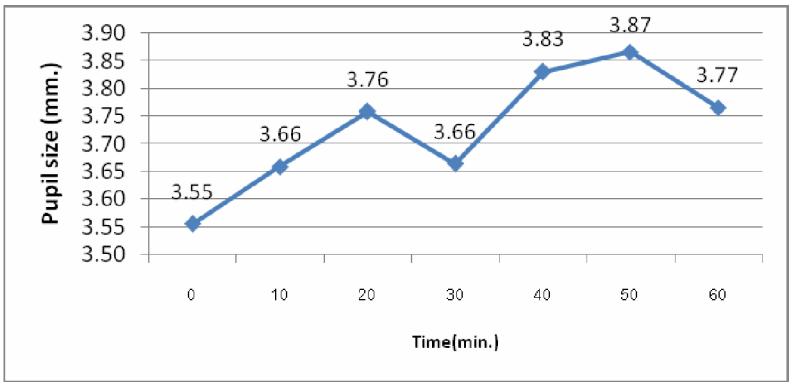
ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± S.D.) ของอายุ (Age), ความดันโลหิต (Blood pressure), อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) ของกลุ่มตัวอย่างในหญิงสุขภาพดี อายุระหว่าง 18 – 25 ปี

ข้อมูล (n = 10)	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	24 ± 1.25
ความดันโลหิต (มม.ปรอท)	117.30 ± 9.53/74.0 ± 9.85
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	73.70 ± 9.23

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± S.D.) ของรูม่านตาขณะมองภาพวีดิทัศน์ (ภาพยนตร์) ในเวลา 60 นาที ในผู้หญิงสุขภาพดีอายุ 18 – 25 ปี

เวลา (นาที)	ขนาดรูม่านตา (mm.)
0	3.55 ± 0.35
10	3.66 ± 0.37
20	3.76 ± 0.37
30	3.66 ± 0.36
40	3.83 ± 0.44
50	3.87 ± 0.37
60	3.77 ± 0.43

แผนภูมิที่ 1 แสดงขนาดรูม่านตาในช่วงเวลา 60 นาที ในผู้หญิงสุขภาพดี อายุ 18 – 25 ปี



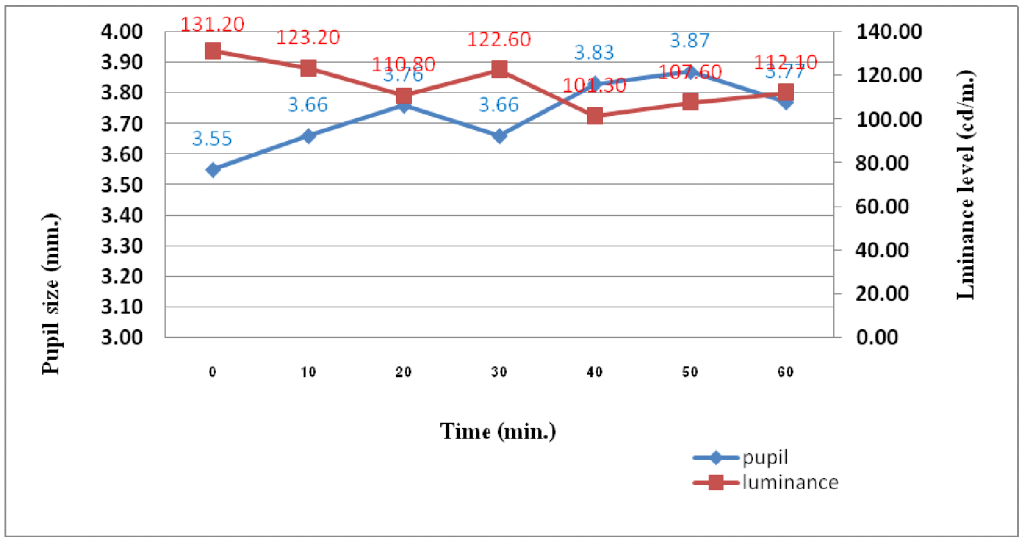
ตารางที่ 4 แสดงค่าความสว่าง (Luminance level) ในแต่ละช่วงเวลา

เวลา (นาที)	luminance
0	131.2
10	123.2
20	110.8
30	122.6
40	101.3
50	107.6
60	112.1

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean± S.D.) ของรูม่านตาขณะมองภาพวีดิทัศน์ (ภาพยนตร์) ในเวลา 60 นาที ในผู้หญิงสุขภาพดีอายุ 18 – 25 ปี และค่าความสว่าง (Luminance level) ในแต่ละช่วงเวลา

เวลา (นาที)	ขนาดรูม่านตา (mm.)	Luminance (cd/m)
0	3.55 ± 0.35	131.2
10	3.66 ± 0.37	123.2
20	3.76 ± 0.37	110.8
30	3.66 ± 0.36	122.6
40	3.83 ± 0.44	101.3
50	3.87 ± 0.37	107.6
60	3.77 ± 0.43	112.1

แผนภูมิที่ 3 แสดงข้อมูลเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) ของรูม่านตาขณะมองภาพวิดิทัศน์ (ภาพยนตร์) ในเวลา 60 นาที ในผู้หญิงสุขภาพดีอายุ 18 – 25 ปี และค่าความสว่าง (Luminance level) ในแต่ละช่วงเวลา



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลวิจัยครั้งนี้ สามารถสร้างเครื่องมือประเมินความล้าของตา โดยได้ทำการทดสอบวัดขนาดรูม่านตาทำให้สามารถระบุได้ว่า เครื่องมือประเมินความล้าของตาที่ได้ทำการวิจัยขึ้นมา สามารถใช้ในการวัดและบันทึกค่าขนาดรูม่านตาและการเปลี่ยนแปลงของขนาดรูม่านตาได้ตลอดระยะเวลาการทำงาน อย่างไรก็ตามเครื่องมือนี้ไม่สามารถวัดผลออกมาได้โดยตรง เนื่องจากต้องมีการแปลผลจากการบันทึกข้อมูลเพื่อแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลข ทำการทดสอบ เพื่อประเมินความล้าของตา โดยวัดขนาดรูม่านตาในผู้หญิงสุขภาพดีอายุ 18 – 25 ปี ในการใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์เป็นเวลา 60 นาที ผลการทดสอบพบว่าขนาดรูม่านตา มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสว่าง จากแผนภูมิที่ 3 จะเห็นได้ว่าขนาดรูม่านตามีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อความสว่างลดลง (นาทีที่ 0 – 20) รูม่านตาจะมีขนาดเล็กลงเมื่อความสว่างเพิ่มมากขึ้น (นาทีที่ 30) (สสิธร เทพตระการพร, 2556) ได้อธิบายว่ารูม่านตามีขนาดเล็กลง ความชัดของสายตาก็จะดีขึ้น นี่คือเหตุผลที่เมื่อระดับแสงสว่างเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลต่อรูม่านตาที่เล็กลง ถือเป็นการเพิ่มความชัดของสายตาไปด้วย

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ (Gonzalez and Wood, 2002) รายงานว่า การวัดขนาดรูม่านตาเป็นอีกดัชนีหนึ่งที่สามารถบอกถึงอาการล้าของตาได้ คือเมื่อแสงเปลี่ยนจะทำให้รูม่านตามีการหดขยายโดยกล้ามเนื้อirisทำหน้าปรับขนาดรูม่านตาให้แสงผ่านเข้า Retina ในระดับที่พอเหมาะซึ่งเป็นหลักการที่ทางผู้วิจัยนำมาใช้ประเมินความล้าของสายตา

Luberto – F และคณะ, 1989 ศึกษากลุ่มพนักงานผู้ปฏิบัติงาน กับเครื่องวีดีทีเพศหญิงที่ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลและค้นข้อมูล โดยศึกษาอาการเมื่อยล้าของสายตาจากแบบสอบถาม และการตรวจด้วยเครื่อง Infra – red autorefarctometerซึ่งพนักงานทุกคนได้รับการตรวจจากจักษุแพทย์ก่อนปฏิบัติงานและหลังปฏิบัติงาน พบว่า มีกำลังหักเห หรือ กำลังเลนส์ (Refraction power) เปลี่ยนไปซึ่งความสัมพันธ์

กับการปฏิบัติงานกับเครื่องวีดีที และอาการเมื่อยล้าของสายตาด้วย พบว่า 62.5% ของพนักงานมีอาการเมื่อยล้าของสายตา ความเมื่อยล้าของสายตาไม่สัมพันธ์กับชั่วโมงปฏิบัติงาน และพบว่าพนักงานที่มีสายตาผิดปกติมีอาการสายตาเมื่อยล้ามากกว่าพนักงานที่มีสายตาปกติ 20% ของพนักงานที่มีสายตาสั้นชั่วคราว และพบว่าพนักงานที่ไม่มีอาการเมื่อยล้าสายตาจะไม่เกิดสายตาสั้น

Reidulf G Watten และคณะ : 1992) ได้ทำการทดลองโดยมีกลุ่มการทำงานกับเครื่องวีดีที 2 กลุ่ม ศึกษาถึงผลกระทบของการใช้เครื่องวีดีทีที่มีต่อสายตา โดยให้กลุ่มแรกทำงานติดต่อกันนาน 2 ชั่วโมง กลุ่มที่ 2 ทำงานติดต่อกัน 4 ชั่วโมง ตามด้วยการพัก 15 นาที โดยการวัด Visual acuity(VA),การหักเหของเลนส์ (Refraction) เป็นตัวบ่งชี้ พบว่าทั้งสองกลุ่มนั้น VA ลดลง การหักเหของเลนส์เปลี่ยนไปในทางที่เกิดสายตาสั้นและความสามารถของกล้ามเนื้อ Ciliaryลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการพัก 15 นาที การทำงานของตาดีขึ้นเพียงครึ่งเดียว

Mellner&Moberg (1983) พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับระหว่างระยะเวลาการทำงานโดยไม่มีการหยุดพัก กับความถี่ของอาการเมื่อยล้าของสายตาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ในการทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเวลาน้อยกว่า 30 นาทีจะพบอาการเมื่อยล้าตา 47% แต่ถ้าทำงานมากกว่า 30 นาที ติดต่อกันแบบไม่หยุดพัก จะพบคนที่เมื่อยล้าตา 66% ซึ่งได้ผลคล้ายคลึงกับงานวิจัยของสุนันทา เกตุอดิศร (2535) ที่พบว่าพนักงานที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานติดต่อกัน 30 นาที เกิดการเมื่อยล้าของสายตา 36.2% และอัตรานี้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ทำงาน โดยเมื่อวัดหลังจากทำงานแล้ว 2 ชั่วโมง มีอัตราความเมื่อยล้าของสายตาเพิ่มขึ้นเป็น 62 %

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในคนที่สุขภาพดี ที่มีลักษณะการทำงานที่ใช้จอภาพ (VDT) เพียงอย่างเดียวเพื่อสะดวกแก่การวิจัยนำร่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้วัดความล้าของตาได้โดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

เครื่องมือประเมินความล้าของงตาที่ได้จากการวิจัยขึ้นมา สามารถวัดขนาดรูม่านตาได้ โดยสามารถบันทึกผลเก็บในแฟ้มข้อมูลเพื่อแสดงค่าและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของขนาดรูม่านตาได้อีกทั้งสามารถเคลื่อนย้ายพกพาได้สะดวก และง่ายต่อการใช้งานจึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ สำหรับการบันทึกและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของขนาดรูม่านตาขณะทำงานได้ สามารถนำไปใช้ในการวิจัย เพื่อวัดและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของขนาดรูม่านตาเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างได้เป็นจำนวนมาก ตลอดจนสามารถนำไปใช้การวางแผนการปฏิบัติงานในแต่ละบุคคลได้ แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องประเมินความล้าของตาจากการวิจัยครั้งนี้ ควรได้รับการพัฒนาให้มีความแม่นยำมากขึ้นโดยเฉพาะให้สามารถบันทึกขนาดรูม่านตา และแปลผลออกมาได้ทันที ในขณะที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้ทั้งบุคลลากรทั้งทางการแพทย์และคนทั่วไป สามารถนำไปใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของขนาดรูม่านตาที่เกิดจากการทำงานคอมพิวเตอร์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทำงานเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น แสงสว่าง, การกระพริบตา, อารมณ์ เป็นต้น ดังนั้นหากต้องการลดความล้าของตาที่เกิดจากการทำงานคอมพิวเตอร์ ควรออกแบบสถานีงานให้มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น แสงสว่างในห้องทำงาน, ระยะของจอภาพกับผู้ใช้งาน ซึ่งอาจช่วยลดภาวการณ์ล้าของสายตาได้เช่นกัน

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจในการทำวิจัยทางด้านนี้ ดังต่อไปนี้ ควรออกแบบเครื่องมือให้สะดวกต่อการใช้งาน ไม่กีดขวางการมองและ ควรออกแบบเครื่องมือให้มีน้ำหนักเบา อีกทั้งควรพัฒนาโปรแกรมให้สามารถแปลผลออกมาได้ทันทีหลังการบันทึกข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

ชัยวัฒน์ หาญชาญพานิชย์. (2540). *การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวินิจฉัยความเมื่อยล้าสายตาเบื้องต้นสำหรับผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

รัตน์มณี มณีรัตน์. (2538). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดความเมื่อยล้าของสายตาในพนักงานที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีวสถิติบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

สสิธร เทพตระการพร. (2556). *การยศาสตร์อาชีวอนามัย Occupational Ergonomics.* คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุนันทา เกตุอดิศร. (2535). *ความเมื่อยล้าของสายตาในผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องวีดีที, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์).* สาขาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมความปลอดภัย, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

Dainoff M J,Happ, A,Crane P. (1981). "Visual fatigue and occupational stress in VDT operators". *Human Factors.* 23(4) : 421 – 438.

Gonzales,R.c.,Woods,R.e. (2002). *Digital imageprocessing.* second ed.PrenticeHall.

Lee, E.C., Park, K.R., Whang, M., Min, K.H.(2009). "Measuring the degree of eyestrain caused by watching LCD and PDP devices". *International Journal of Industrial Ergonomics.* (39) : 798–806.

Luberto – F, Gobba – F, Broglia – A. (1989). "Temporary myopia and subjective symptoms in video Display terminal operators". Med – Lav. : 80(2) : 155 – 63.

LaubliTH, Hunting W, Grandjean E. (1981). "Postural and visual loads at VDT workplaces II lighting conditions and visual impairment". *Ergonomics.* 24(12) : 933 – 944.

ReidulfG;Wattenandlvar Lie. (1992). "Time factors in VDT – induced myopia and visual fatigue : An experiment study". *Journal Human Ergology.* (21) : 13 – 20.

Rossignal AM et al. (1987). "Video display terminals use and reported health symptoms among Massachusetts Clerical worker". *Journal of Occupational Medicine.* 29(2) : 112 – 118.