บทที่ 2

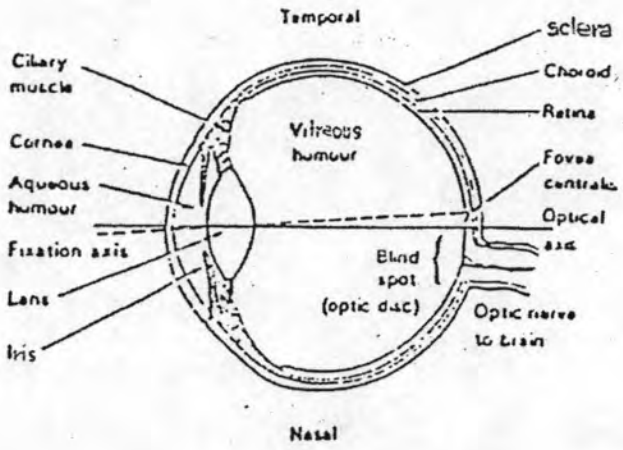
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี

1.Visual Display Terminals (VDTs) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการจัดการ ประมวลผล และแสดงข้อมูลต่างๆ อันประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ จอคอมพิวเตอร์ (Display Unit) แป้นพิมพ์ (Keyboard) ตลับวงจรไฟฟ้า (Electronic Circuit) และแหล่งป้อนกระแสไฟฟ้า (Power Supply) นอกจากนี้จะรวมอุป่กรณ์นำเข้าข้อมูล (Input) อื่นๆ เช่น Mouse หรือ Pointing Device และอุปกรณ์นำออกข้อมูล (Output) เช่น เครื่องพิมพ์ (Printer) หรือ เสียง Response ต่างๆ ที่ดังออกมาอีกด้วย ทั้งนี้ VDTs อาจเป็นคอมพิวเตอร์ระบบใหญ่ ๆ หรือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลก็ได้ ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับ VDTs ได้แก่ งานป้อนข้อมูล (Data Entry) งานต่อโทรศัพท์ (Operator) งานในห้องควบคุม งานหนังสือพิมพ์ งานเขียนโปรแกรม (Programming) และงานออกแบบหรืองานควบคุมการผลิต โดยใช้คอมพิวเตอร์ (Computer Aided Design and Manufacturing, CAD/CAM) ฯลฯ ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจัดเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการทำงานของบุคคลส่วนใหญ่อีกด้วย

2.ระบบการมองเห็น (Visual System) เป็นระบบประสาทรับสัมผัสที่สลับซับซ้อน และมีความสำคัญมากที่สุดระบบหนึ่ง ต้องใช้อวัยวะรับสัมผัสพิเศษ คือนัยน์ตา ซึ่งถือได้ว่าเป็นส่วนรับสัมผัสที่เจริญที่สุดในบรรดาของอวัยวะสัมผัสทั้งหลาย นอกจากนี้อวัยวะจักษุสัมผัสนี้เป็นระบบประสาทสัมผัสที่ต้องทำงานมากที่สุด มีผู้คำนวณว่ากระแสสัมผัสที่ร่างกายได้รับในชีวิตประจำวันนั้น จะรับทางอวัยวะนี้ถึงร้อยละ 70 ทั้งนี้เพราะอวัยวะนี้ต้องใช้มากตลอดเวลาที่ร่างกายตื่นอยู่ ประกอบกับการใช้งานของตัวรับสัมผัสและประสาทนั้น ต้องใช้ครั้งละมากๆด้วย คือทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด ต้องถูกนำมาใช้พร้อมกัน ความมากนั้นคิดจากจำนวนใยจักษุประสาท (Optic Nerve) มีถึงข้างละประมาณ 1 ล้านเส้นใย และยิ่งเมื่อคิดจำนวนตัวรับสัมผัส จะทำให้จำนวนเพิ่มมากขึ้นไปอีก คือในตาแต่ละข้างจะมี เซลประสาท Cone 7-8 ล้านตัว และเซลประสาท rod 150-160 ล้านตัว

2.1 ลักษณะของนัยน์ตามนุษย์ (A Description of the Human Eyeball)



รูปที่ 2.1 แสดงภาคตัดในแนวนอนของนัยน์ตา

(Padgham and Saunders, 1975)

ในรูปที่ 2.1 แสดงภาคตัดในแนวนอนของนัยน์ตามนุษย์ ด้านหน้าสุดคือ กระจกตาหรือนัยน์ตาดำ (Cornea) เป็นเยื่อบุโปร่งใส (Transparent Membrane) มีความโค้งสม่ำเสมอการจัดเรียงเซลและเนื้อเยื่อต่างๆ เป็นไปอย่างมีระเบียบเรียบร้อยมาก อีกทั้งไม่มีเส้นเลือดเข้ามาหล่อเลี้ยงเลย จึงทำให้มีลักษณะใส แสงผ่านได้สะดวก กระจกตาจะปกคลุมด้านหน้าตา และจะแผ่กว้างออกไปประมาณ หนึ่งในหก ของผิวหน้านัยน์ตา ที่ขอบหรือริมของกระจกตา จะต่อด้วยส่วนที่บางขาวของตา เรียกว่า ตาขาว (Sclera) ซึ่งเป็นผนังหุ้มนัยน์ตาไว้ทั้งหมด ยกเว้นกระจกตา นอกจากนี้ยังมีสารน้ำที่ห้องนัยน์ตาห้องหน้า (Anterior Chamber) ซึ่งเรียกว่าน้ำหล่อนัยน์ตา (Aqueous Humor) และสารน้ำห้องนัยน์ตาห้องหลัง (Posterior Chamber) เรียกว่า วุ้นนัยน์ตา (Vitreous Humor) สารน้ำเหล่านี้ประกอบด้วย 99 % ของน้ำกับเกลือและโปรตีน ช่วยทำหน้าที่หักเหแสงด้วย จะเห็นได้ว่าไม่มีส่วนใดหรือรูปร่างใดของตาที่แข็ง หรือไม่ยืดหยุ่นเลย รูปร่างของตามีลักษณะคล้ายทรงกลม โดยมีรัศมีความโค้งของนัยน์ตาประมาณ 12 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดความโตของนัยน์ตาโดยประมาณนี้ ถูกควบคุมด้วยความดันของของเหลวภายในลูกตา ดังกล่าว

2.2 ม่านตา และรูม่านตา (The Iris and the Pupil)

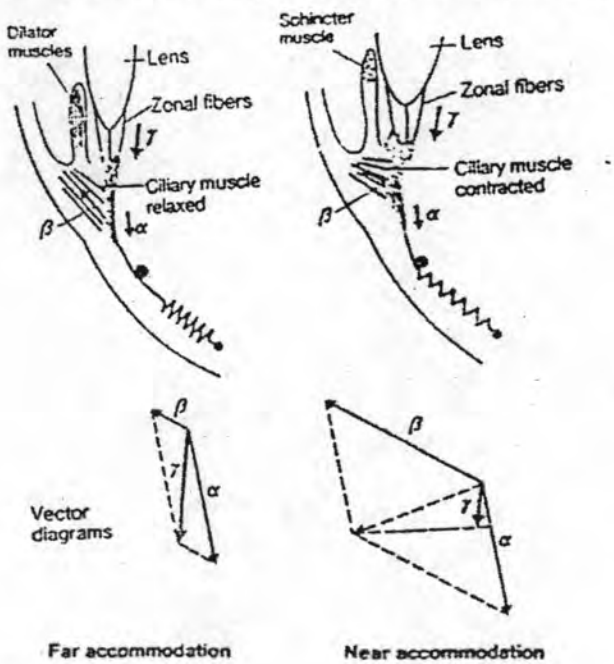
ม่านตามีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีสี ช่องว่างตรงกลางของม่านตาคือ รูม่านตา (Pupil) กล้ามเนื้อที่ควบคุมการหดและขยายของรูม่านตาคือ กล้ามเนื้อหูรูด (Sphincter) และกล้ามเนื้อถ่างหรือ

กล้ามเนื้อขยาย (Dilater) ตามลำดับความกว้างของรูม่านตาสามารถขยายได้จาก ขนาด 2 มิลลิเมตร ถึง 8 มิลลิเมตร รูม่านตา จะทำหน้าที่ในการควบคุมปริมาณของแสงที่ตกบนจอตา แสงที่ผ่านเข้าไปทางริมหรือขอบของรูม่านตาสู่จอตา (Retina) จะทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจนเท่าแสงที่ส่องเข้าสู่รูม่านตาตรงๆ ถึงแม้ว่าแสงนั้นจะสว่างมากก็ตาม

2.3 แก้วตาและการปรับกำลังขยายของนัยน์ตา (Lens and Accommodation)

ภาพต่างๆที่มองเห็น จะถูกนำมาโฟกัสบนจอตา โดยอาศัยการหักเหของแสงผ่านสื่อของตา หรือตัวกลางที่ทำให้แสงหักเหของซึ่งประกอบไปด้วย กระจกตา น้ำหล่อเลี้ยงตาส่วนหน้า (Aqueous Humor) แก้วตา และน้ำหล่อเลี้ยงตาส่วนหลัง (Vitreous Humor) และดัชนีการหักเหของตัวกลางทั้งสี่มีค่าโดยประมาณ 1.38 , 1.39, 1.40 และ 1.34 กระจกตาเป็นตัวกลางที่สำคัญในการหักเหแสงของตา ซึ่งกำลังการหักเหแสงของกระจกตา มีประมาณ 2 เท่าของแก้วตา

ความสามารถของตาในการโฟกัส เกิดขึ้นได้ก็เนื่องมาจากความยืดหยุ่นของแก้วตา โดยแก้วตามีลักษณะเป็นก้อนกลม ประกอบไปด้วยเนื้อเส้นใย รูปร่างสามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยกล้ามเนื้อยึดลูกตา (Ciliary Muscle) ดูรูปที่ 2.1 เมื่อกล้ามเนื้อนี้ยืดออก ทำให้ผิวของแก้วตาแบนไป ซึ่งตาจะอยู่ในสภาพเช่นนี้ได้ก็ต่อเมื่อต้องการดูภาพซึ่งอยู่ไกลถึงระยะอนันต์ สภาพการหักเหเช่นนี้เรียกว่า"Static Refraction"สภาพการหักเหที่เกิดขึ้นในขบวนการปรับโฟกัส (Accommodation) จะเรียกว่า "Dynamic Refraction" และระยะใกล้สุดที่ยังเห็นชัด (Near Point) ประมาณ 6 นิ้ว



รูปที่ 2.2 รายละเอียดของการปรับกำลังขยายของนัยน์ตา

(ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2520)

เมื่อ Ciliary Muscle หดตัว จะลดแรงยืดหยุ่นที่กระทำต่อเลนส์โดย Zonule Fibers จึงเป็นผลให้ความตึงของแคปซูลของเลนส์ลดน้อยลงผลที่เกิดขึ้นต่อไปก็คือ ผิวด้านหน้าของเลนส์จะโค้งมากขึ้น จึงมีกำลังขยายมากขึ้น

ช่วงการปรับกำลังขยายของระบบเลนส์ การเพิ่มกำลังหักเหของเลนส์เมื่อจุดโฟกัสเปลี่ ยนจากจุดไกลมาสู่จุดใกล้เรียกว่า ช่องการปรับกำลังขยาย (Range of Accommodation) จะมีค่ามากที่สุดในวัยหนุ่มสาว เมื่ออายุเพิ่มขึ้น อำนาจการหักเหของเลนส์จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความยืดหยุ่นของเลนส์ลดน้อยลง รวมทั้งจำนวนน้ำลดน้อยลงด้วยทำให้จุดใกล้ (Near Point) เคลื่อนไกลออกไป ด้วยเหตุนี้เอง ความสามารถในการเปลี่ยนรูปร่างเพื่อที่จะทำการโฟกัสภาพให้ตกลงบนจอตาผิดพลาดไปหรือทำไม่ค่อยได้ซึ่งเป็นสภาวะที่เรียกว่า สายตายาวในวัยชรา

2.4 <u>จอตา (The Retina)</u>

จอตา มีโครงร่างที่ซับซ้อนอย่างมาก มีเซลต่าง ๆ มากมายมหาศาล จัดเรียงตัวเป็นชั้น ๆ เมื่อแสงตกกระทบจอตาก็จะถูกดูดกลืนโดยปฏิกริยาทางเคมีแสงคือ เป็นปฏิกริยาที่แสงนั้นถูกดูดกลืนแล้วเปลี่ยนไปเป็นปฏิกิริยาทางเคมี (Photochemical Action) ที่เซลต่าง ๆ ของอวัยวะรับสัมผัส ซึ่งมันก็จะกระตุ้นเซลที่อยู่ข้างเคียง โดยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือไฟฟ้าและด้วยเหตุนี้การตกกระทบของแสงส่งสัญญาณจากเซลหนึ่งไปสู่อีกเซลหนึ่ง โดยผ่านชั้นเซลต่าง ๆ ของจอตา

บริเวณกลางจอตาที่เห็นภาพได้ชัดเรียกว่า "Macula Lutra" หรือเรียกว่า "จุดเหลือง" (Yellow Spot) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร บริเวณศูนย์กลางของจุดเหลือง คือ Fovea Centralist มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3 มิลลิเมตร

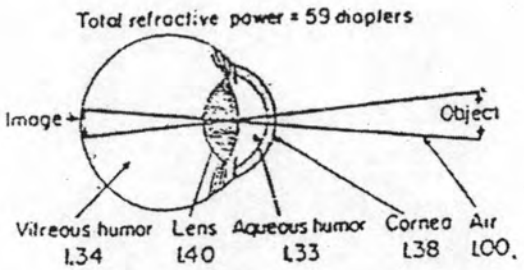
2.5 <u>ระบบการหักเหและการรวมแสงของนัยน์ตา</u>

การทำงานของระบบนี้ทำให้นัยน์ตา เป็นเสมือนกล้องถ่ายรูป เพื่อทำหน้าที่ปรับแสงให้ไปโฟกัสบนจอตา ซึ่งเปรียบเสมือนฟิลม์ของกล้องถ่ายรูป

<u>Refraction of the Eye</u> หมายถึง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อลำแสงมีการหักเหไปขณะที่ผ่านเข้าสู่Media ต่างๆ ของนัยน์ตา ก่อนที่จะไปโฟกัสที่จอตา ในขณะที่นัยน์ตาอยู่ในระยะพัก

Media ต่าง ๆ ของนัยน์ตาที่ลำแสงจะผ่านได้แก่

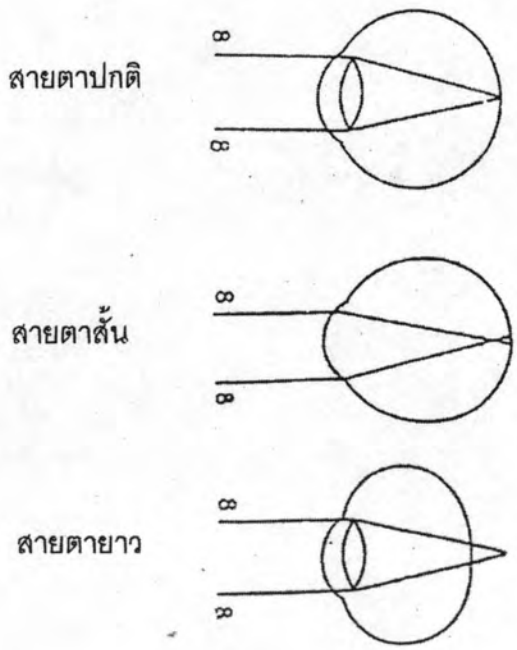
1. ผิวด้านหน้าของตาดำ เนื้อของตาดำ และผิวด้านหลังของตาดำ
2. น้ำหล่อเลี้ยงตาส่วนหน้า (Aqueous Humor)
3. ผิวด้านหน้าของเลนส์ตา เนื้อของเลนส์ตา
4. น้ำหล่อเลี้ยงตาส่วนหลัง (Vitreous Humor)



รูปที่ 2.3 ระยะต่าง ๆ ของระบบหักเหแสงของนัยน์ตา
(ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2520)

จะเห็นได้ว่า ก่อนที่ลำแสงจากวัตถุใด ๆ จะมาโฟกัสที่จอของนัยน์ตา เพื่อจะให้เกิดเป็นภาพที่ชัดเจนนั้น ลำแสงนั้นจะต้องผ่าน Ocular Media ซึ่งมี Refractive Power ต่าง ๆ กัน

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เมื่อตาอยู่ในระยะพัก ลำแสงที่ผ่าน Ocular Media ต่าง ๆ และไปโฟกัสที่จอตาพอดี ทำให้นัยน์ตาเห็นภาพได้ชัดเจน ในกรณีเช่นนี้เรียกว่านัยน์ตานั้นมี Refraction ปกติ หรือสายตาปกติ (Emmetropia) ถ้าเมื่อใดลำแสงที่ผ่าน Ocular Media และไม่โฟกัสที่มาคูลาพอดี ทำให้นัยน์ตาเห็นภาพไม่ชัดเจนเราเรียกว่า Error of Refraction หรือสายตาไม่ปกติ (Ametropia)



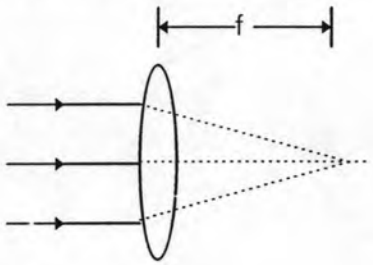
รูปที่ 2.4 ลักษณะของสายตาสั้น สายตายาว และสายตาปกติ
(Duke และ Elder, 1954)

คำว่าระยะพักของนัยน์ตา หมายความว่า ในขณะที่นัยน์ตามองที่วัตถุอย่างหนึ่งที่อยู่ไกล (ปกติคือ 20 ฟุต หรือ 6 เมตร เป็นมาตรฐาน) ลำแสงขนานจากวัตถุนั้นผ่านเข้าสู่ Ocular Media และเกิดการรวมแสงเข้าสู่จอตาไปโฟกัสที่มาคูลาพอดี

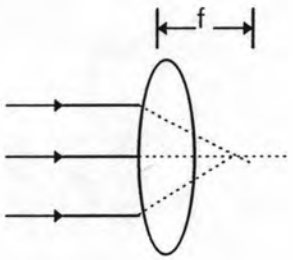
กำลังการหักเหแสง (Dioptric Power) หรือ Refractive Power

$$\text{กำลังการหักเหแสง (Diopter, D)} = \frac{1}{\text{ทางยาวโฟกัส (f) (เมตร)}}$$

Refractive Power 1 D



Refractive Power 2 D



กำลังการหักเหของนัยน์ตาทั้งหมดเกิดจากเลนส์เพียง 17.35D เท่านั้น เกิดจากนัยน์ตาดำถึง 42.84 D กำลังการหักเหแสงที่เกิดจากเลนส์เปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของร่างกาย

2.6 สายตาปกติ (Emmetropia)

สายตาที่ถือว่าปกตินั้น เมื่อกล้ามเนื้อ Ciliary หย่อนตัวเต็มที่แสงขนานซึ่งมาจากวัตถุที่อยู่ไกลจะโฟกัส ได้ภาพชัดบนจอตา แต่เมื่อดูของใกล้ กล้ามเนื้อ Ciliary ต้องหดตัว แต่ก็ยังได้ภาพชัดบนจอตา ระยะไกลซึ่งมองเห็นภาพได้ชัดเจนโดยไม่ต้องมีการปรับกำลังของแก้วนัยน์ตาเรียกว่า จุดไกลตา (Far Point) คนปกติมีค่าประมาณ 6 เมตร (20 ฟุต) ส่วนระยะใกล้ที่สามารถมองภาพรายละเอียดได้ชัด เมื่อมีการปรับกำลังขยายของแก้วนัยน์ตาเต็มที่เรียกว่า จุดใกล้ (Near Point) คนปกติมีค่าประมาณ 25-30 ซม. หรือ 1 ฟุต

2.7 สายตาไม่ปกติ (Ametropia) หรือ Error of Refraction

แบ่งเป็น 3 พวก คือ

1. สายตาสั้น (Myopia) คือ สภาพที่ลำแสงที่ผ่าน Ocular Media โฟกัสก่อนที่จะถึงจอตา (Retina) แก้ไขโดยใช้เลนส์เว้าเข้ามาช่วยถ่างลำแสงออก

2. สายตายาว (Hypermyopia) คือ สภาพที่ลำแสงที่ผ่าน Ocular Media นั้นโฟกัสเลยจอตา (Retina) ออกไป แก้ไขโดยใช้เลนส์นูน มาช่วยเพื่อเพิ่มกำลังขยาย

3. สายตาเอียง (Astigmatism) คือ สภาพที่ลำแสงถูกหักเหในแนวต่าง ๆ ไม่เท่ากัน การแก้ไขทำไขโดยใช้ Cylindrical Lens มาแก้ไขจนทำให้กำลังการหักเหแสงทุกแนวเท่ากันได้

ความล้าทางสายตา (Visual Fatigue)

ความล้า (Fatigue) หมายถึง สภาพร่างกายรู้สึกเหนื่อย และเพลีย เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ความล้าทางสายตาจึงหมายถึง อาการทั้งหมดที่แสดงออก หลังจากที่ร่างกายมีความรู้สึกเหนื่อย และเพลียเกิดขึ้นกับสายตา ได้แก่ ตาพร่ามัว การปรับโฟกัสแย่ลง และปวดศีรษะ เป็นต้น และสิ่งที่สำคัญที่ก่อให้เกิดความล้าทางสายตาได้นั้นก็คือ กล้ามเนื้อตา Ciliary Muscle ซึ่งจะมีการเกร็ง โดยการยืดหรือหด ตัวเป็นเวลานาน ขณะที่มีการจ้องมองวัตถุที่มีขนาดเล็กมากๆ หรือวัตถุนั้นอยู่ในสภาพที่เห็นไม่ชัดเจน จึงต้องเกิดการเพ่งมองเพื่อให้ภาพไปตกที่จอภาพเรตินา หรือมองในระยะใกล้เกินไป และผลของการมี Contrast มากบนจอภาพเรตินา

สิ่งที่จะเกิดขึ้นหลังจากการเกิด Visual Fatigue มีดังนี้

1. แสบตา ตาแดง ตาอักเสบ
2. การมองภาพซ้อน
3. อาการปวดศีรษะ
4. กำลังการปรับขยายระยะโฟกัส (Accommodation) ลดลง
5. ความคมชัดของตา และความไวของประสาทรับสัมผัสทางตาลดลง

ดังนั้นไม่ว่าเมื่อใดก็ตาม ที่ตาอยู่ในภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่นแสงสว่างน้อยหรือมากเกินไป แสงจ้าส่องเข้าตา มองภาพกระพริบ เป็นต้น อาการล้าทางตาก็จะเกิดขึ้น และส่งผลต่อไปถึงการเกิดอาการล้าทั่วไป (General Fatigue) ได้

เมื่อผู้ที่ปฏิบัติงานเกิดความล้าทางสายตา ผลที่เกิดขึ้นคือ

1. สูญเสียประสิทธิภาพการทำงาน
2. คุณภาพงานต่ำ

3. เกิดความผิดพลาด

4. อัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงขึ้น

5. มีข้อร้องเรียนเรื่องสายตา

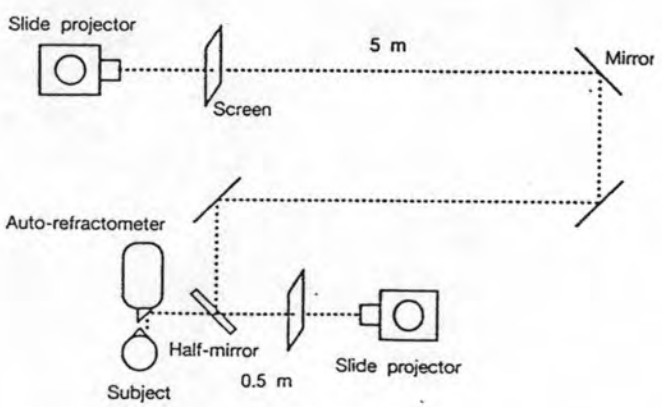
การวัดสายตาสามารถแบ่งได้คร่าวๆ เป็น 2 ชนิดคือ

1.Static Measurement

การวัดสายตาแบบ Static จะเป็นการวัดสายตาแบบอยู่นิ่งไม่มีการวัดการเคลื่อนไหวขององค์ประกอบของตา เช่น การขยายของรูม่านตา การปรับระยะโฟกัสของเลนส์ตา เป็นต้น โดยใช้เครื่อง Autorefractometer โดยให้ Target อยู่ที่ตำแหน่งเดียวตลอด ไม่มีการมอง Target ในระยะใกล้-ไกล และผลที่ได้จากการทดลองจึงอาจจะไม่เห็นข้อแตกต่างของสายตาก่อน-หลังการทำงานได้ชัดเจนเท่าการวัดแบบ Dynamic แต่อย่างไรก็ตามยังมีดรรชนีบางตัวที่จะเป็นตัวช่วยเสริมผลการทดลองให้เห็นเด่นชัดขึ้น ก็คือ การวัดค่า Critical Flicker Frequency (CFF) ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบ คือ แบบปรับความถี่เพิ่มและแบบปรับความถี่ลง หรือการใช้การประเมินจากแบบสอบถามก็ได้

2. Dynamic Measurement

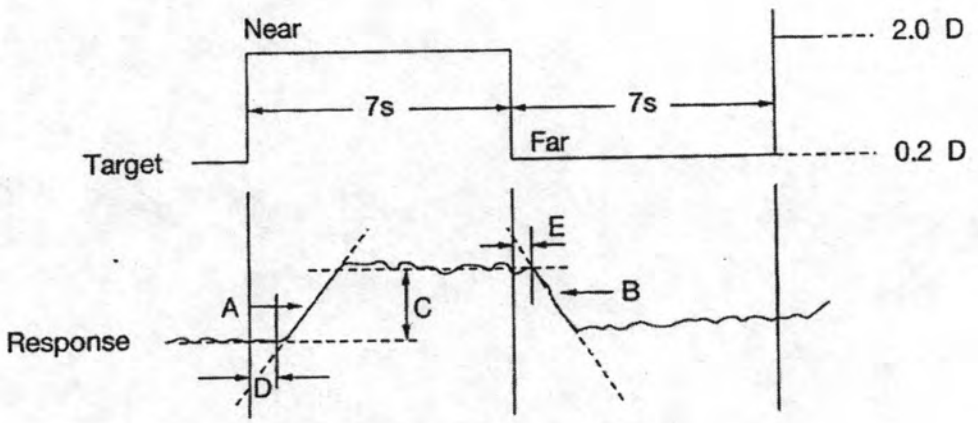
การวัดสายตาแบบ Dynamic ก็เป็นการวัดการเคลื่อนไหวหรือการตอบสนองขององค์ประกอบของตา ได้แก่ การวัดการปรับขยายของรูม่านตา การปรับกำลังขยายของเลนส์ตา เป็นต้น กระทำโดยการใช้เครื่อง Autorefractometer เช่นกันแต่จะให้ Target อยู่ในระยะใกล้-ไกล ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการจัดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องมืด ดังรูป



รูปที่ 2.5 การจัดเครื่องมือวัดสายตา Autorefractometer และระยะทางการวัด Near Reflex และ Light Reflex

(สสิธร เทพตระการพร, 1993)

จากรูปที่ 2.5 เมื่อผู้ถูกวัดมอง Target ในระยะใกล้จะต้องปิด Slide ตัวที่ 2 และทำการวัดสายตาด้วยเครื่อง Autorefractometer ซึ่งผลที่ได้จะต้องเข้าสัญญาณเป็น Analog เพื่อเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน หลังจากนั้นก็ปิด Slide ตัวที่ 1 และเปิด Slide 2 ก็จะเป็นการมอง Target ในระยะไกล (จากรูปคือระยะ 5 เมตร) ผลที่ได้จะออกมาเป็นดังรูปที่ 2.6 ซึ่งสามารถนำไปหาค่า Velocity และ Amplitude ได้



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงผลการวัด Accommodation

(สสิธร เทพตระการพร, 1993)

จากรูปที่ 2.6 A หมายถึง Velocity of accommodation (D/s)

B หมายถึง Velocity of relaxation (D/s)

C หมายถึง Amplitude of accommodation (D)

D หมายถึง Latency (s)

E หมายถึง Latency of relaxation (s)

<u>วิธีการวัดสายตา</u>

การวัดสายตามี 2 ชนิด คือ

1. Subjective Method
2. Objective Method

Subjective Method

เป็นการวัดโดยอาศัยคำบอกเล่าของผู้ป่วยจากการอ่านตัวเลข หรือตัวอักษรที่กำหนดไว้บนแผ่นป้าย ดังนั้นวิธีนี้จึงใช้ได้ผลในผู้ป่วยที่อ่านหนังสือออกมีสติปัญญาพอสมควร และให้ความร่วมมือด้วยดี เครื่องมือประกอบด้วยแผ่นป้ายซึ่งเรียกว่า Test Type และแว่นสำหรับทดลองเลนส์ (Trial Frame) 1 ชุด

Objective Method

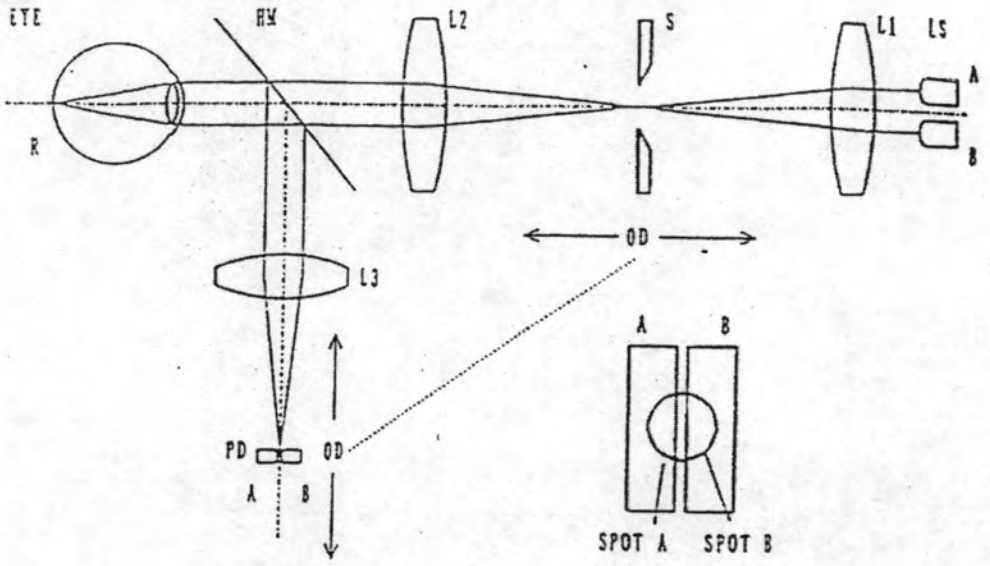
เป็นวิธีตรวจหา Refractive Error โดยไม่ต้อง อาศัยการบอกเล่าของผู้ป่วยถือว่าเป็นวิธีที่ได้ผลแน่นอนที่สุด และใช้ได้แม้แต่ในผู้ป่วยที่อ่านหนังสือไม่ออกและในเด็กเล็กๆ รวมทั้งรายที่มี Refractive Error สูง ๆ ซึ่งไม่สามารถวัดโดยวิธีแรก เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า เรติโนสโคป(Retinoscope)ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบธรรมดา (Simple Retinoscope) และ แบบใช้ไฟฟ้า (Electric Retinoscope) นอกจากนี้ก็ต้องมี Trial Set สำหรับทดสอบเลนส์เช่นเดียวกับ Subjective Method และการตรวจวิธีนี้ต้องตรวจในห้องมืด

Autorefractometer

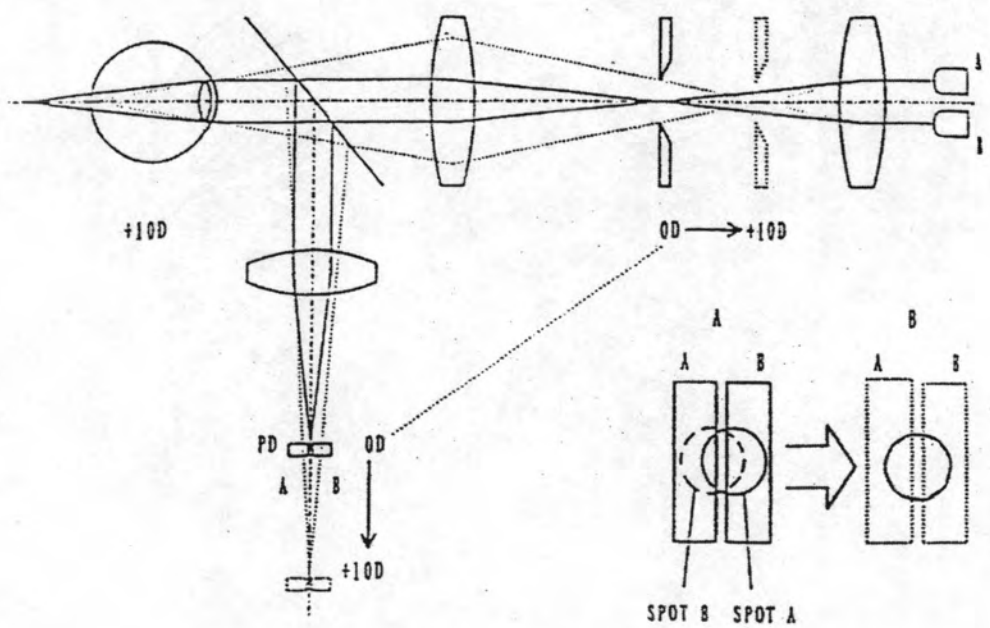
เป็นเครื่องมือวัดสายตา แบบ Objective Method มีหลักการทั่วไป คือ จะใช้รังสีอินฟราเรด (Infrared Rays) เป็นตัววัด ผู้ถูกวัดจะมองไม่เห็นแสงนี้ รังสีอินฟราเรดจะส่องผ่านช่องเล็กๆ(Slit) และตกลงบนจอตา(Retina)ของผู้ถูกวัดและเครื่อง Photodetector จะทำการวัดหาค่ากำลังการหักเห (Refractive Power) ซึ่งค่านี้จะถูกกำหนดจากระบบกลไกภายในเครื่องและถูกคำนวณด้วยระบบไมโครคอมพิวเตอร์

การทำงานของเครื่อง Autorefractometer

จากรูปที่ 2.7 แสดงแผนผังระบบการวัดสายตา กล่าวคือ ภาพที่ลอดผ่านรูเล็กๆ (The Slot Image) (s) จะถูกฉายภาพไปบนจอตา (R) โดยแหล่งกำเนิดแสง (Light Sources) (LS) และจะหักเหจากจอตาไปยังเครื่อง Photodetector (PD) แหล่งกำเนิดแสงนี้จะอยู่ที่ตำแหน่ง A และ B ด้วยระยะทางที่แน่นอน ช่องเล็กๆ (Slit) จะเคลื่อนที่ด้วยระบบ Interlocking ภาพที่ฉายผ่าน เลนส์ ในระบบฉายออก (Optical Emitting System) (L2) และจะถูกโฟกัสบนจอผ่าน เลนส์ตาของผู้ถูกวัด ภาพนั้นจะถูกโฟกัส และหักเหบนจอตา สะท้อนด้วยกระจก Half Mirror (HM) ผ่านทะลุเลนส์อีกครั้ง ด้วยระบบรับไว้ (Optical Receiving System) (L3) ภาพจะถูกฉายครั้งสุดท้ายด้วยเครื่อง Photodetector



รูปที่ 2.7 แผนผังระบบการวัดสายตาของเครื่อง Autorefractometer
(คู่มือการใช้เครื่อง Autorefractometer Art 50 Essilor,1995)



รูปที่ 2.8 แผนผังการประยุกต์ใช้กับผู้ถูกวัดที่สายตายาว
(คู่มือการใช้เครื่อง Autorefractometer Art 50 Essilor,1995)

จากรูปเมื่อแหล่งกำเนิดแสงส่องผ่านช่องเล็กๆ (Slit) แล้วภาพไปโฟกัสตกเลยจอตาออกไป นั่นหมายถึงแสงของ Spot B ได้รับมากกว่า ทำให้เกิดภาพซ้อนกันใน Spot A และ Spot B ดังนั้นระบบภายในเครื่องจะปรับจนได้ภาพซ้อนกันพอดี ระยะทางที่รูเล็กๆ (Slit) (OD) จะหมายถึงระยะสายตาของคนๆ นั้น ในรูปจะพบว่ามีค่า +10D คือ มีค่าอำนาจการหักเห 10 Diopter (D) เครื่องหมายบวกหมายถึงสายตายาว ถ้าเป็นระยะอีกทิศทางตรงกันข้ามจะได้เครื่องหมาย - ซึ่งหมายถึงผู้ถูกวัดคนนั้นจะมองภาพผ่านช่องเล็กและภาพตกไม่ถึงจอตาเป็นลักษณะของคนที่สายตาสั้น

ค่าที่วัดจากเครื่องนี้จะมีค่า SPH (S), CYL (C) และ Axis (A) ซึ่งหมายถึงดังนี้

SPH (S) คือ ตัวบอกค่า Diopter ว่าสายตาสั้นหรือสายตายาว

CYL (C) คือ ตัวบอกค่าสายตาเอียง

AXIS (A) คือ ตัวบอกแกนองศาของการวางแว่นสำหรับการทดลอง

โดยที่ค่า S , C จะมีค่าเป็น 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 เป็นต้น คือจะห่างกัน ขั้นละ 0.25

Critical Flicker Frequency

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับความล้าของตา โดยใช้การทดสอบ 2 สถานะคือ สถานะไฟกระพริบ และสถานะไฟหยุดนิ่ง โดยใช้การปรับความถี่สูง(UP) คือ จะเริ่มต้นที่ 20 Hz ขึ้นไปจนกระทั่งไฟเริ่มนิ่งให้ปล่อยปุ่มตอบสนอง จะได้ค่าความถี่ออกมาค่าหนึ่ง ในทำนองเดียวกันเมื่อปรับความถี่ต่ำ (DOWN) คือ จะเริ่มที่ 60 Hz ลงมาจนกระทั่งไฟเริ่มกระพริบ ให้ปล่อยปุ่มตอบสนอง ก็จะได้ความถี่ออกมาอีกค่าหนึ่ง ซึ่งการทดสอบดังกล่าวนี้จะใช้วัดก่อนการทดสอบและหลังการทดสอบแล้วเปรียบเทียบกัน

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Smith et al.(1980) ได้ทำการสำรวจข้อมูลในการร้องเรียนจากกลุ่มผู้ที่ทำงานกับ VDT 250 คน และกลุ่มควบคุมการทำงานให้อยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกันกับกลุ่ม VDT แต่ไม่ได้ทำงาน VDT จำนวน 150 คน พบว่า กลุ่ม VDT จะมีความเครียดจากการทำงาน และมีข้อร้องเรียนในอัตราที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม

Gunnarson และ Ostberg (1977) พบว่าผู้ที่ทำงานภายใต้สภาวะที่ควบคุม จะมีความรู้สึกเบื่อหน่าย ซ้ำซาก จำเจ ในขณะที่ผู้ทำงานในสภาวะที่ควบคุมบ้าง อิสระบ้าง จะมีความรู้สึกเบื่อหน่าย ซ้ำซาก จำเจ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Saito และคณะ (1987) ได้ร่วมทำการวิจัยพบว่า การทำงานหน้าจอภาพคอมพิวเตอร์แบบ Positive (ตัวอักษรมืดบนพื้นสว่าง) จะดีกว่าการทำงานหน้าดีจอภาพฯแบบ Negative (ตัวอักษรสว่างบนพื้นมืด) โดยได้พิสูจน์ให้เห็นว่า ความเร็วในการปรับกำลังขยายของเลนส์ตา (Velocity of Len Accommodatio) ขณะมองภาพบนจอ Positive จะสูงกว่า Negative และขนาดของรูม่านตาเมื่อมองภาพบนจอ Positive จะเล็กกว่ามองภาพบนจอ Negative ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ การหดตัวของรูม่านตาจะมีความสำคัญอย่างมากต่อความคมชัดของการมอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับคนที่มีอายุมาก และการปรับกำลังขยายของเลนส์ตาเสื่อมลง

Stammerjohn et al. (1981) ได้เสนอแนวทางสำหรับการทำงานกับ VDT ว่าควรที่จะต้องพิจารณาในเรื่องต่างๆ ดังนี้

1. ระดับความส่องสว่าง
2. แสงจ้า แสงส่องเข้าตาบางส่วน
3. การกระพริบบนจอภาพแสดงผล ความสว่างของตัวอักษรและพื้น การอ่านง่าย
4. ขนาดมิติของสถานีงาน รวมถึงความสูงของแป้นพิมพ์ จอภาพ มุมของจอ และขนาดของโต๊ะ และเก้าอี้
5. การตรวจวัดสภาพแวดล้อม เพื่ออ้างอิงกับเสียงรบกวนที่ออกจาก VDT
6. ออกแบบสอบถามให้กับพนักงานที่ทำงานกับ VDT และงานอื่นๆเมื่อจำเป็น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Dainoff et al. (1981) ได้ร่วมกันทำวิจัยซึ่งผลวิจัยชี้ให้เห็นว่า การร้องเรียนถึงอาการล้าทางสายตา ค่อนข้างที่จะสัมพันธ์กับการร้องเรียนเรื่องแสง จ้า และแสงสว่างในสถานีงานด้วย ดังนั้นทั้ง 2 ปัจจัย คือ แสงจ้า แสงสว่าง จึงต้องนำมาพิจารณาในการจัดสำนักงานที่นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้

Saito et al. (1972) ได้ทำวิจัยเรื่องความล้าทางสายตากับคนงานในโรงงานทำอาหาร ซึ่งคนงานเหล่านั้นจะต้องใช้สายตาตรวจขวดที่เคลื่อนไหวไปในสายการผลิตด้วยความเร็วค่อนข้างสูง งานที่ทำจึงทำค่อนข้างยาก และน่าเบื่อ พบว่าหลังจากเลิกทำงานได้ไม่นาน การแยกของเสียจากของดีเริ่มน้อยลง เพราะคนงานเริ่มเกิดความล้าทางสายตา ทำให้พวกเขาแยกความแตกต่างระหว่างของดีและของเสียไม่ออก ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องวัดความล้าทางสายตา ซึ่งผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่า ตามช่วงเวลาต่างๆปรากฏว่าชั่วโมงแรกของการทำงาน คนงานเกิดความล้าเพียงเล็กน้อย แต่หลังจากชั่วโมงที่สองถึงสี่ พบว่าคนงานเกิดความล้าทางสายตามากขึ้น

Yeow และ Taylor (1990) ได้ทำการศึกษาความล้าทางสายตากับกลุ่มผู้ที่ทำงาน VDT และกลุ่มควบคุมที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน พบว่าชนิด ความถี่ และปริมาณงาน ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดความล้าทางสายตาทั้งในกลุ่ม VDT และกลุ่มควบคุม และยังได้รายงานอีกว่าเพศเป็นปัจจัยที่มีผลในการร้องเรียน โดยเพศหญิงจะมีการร้องเรียนในอัตราที่สูงกว่าเพศชาย

Gobba et al. (1988) ได้ทำการศึกษาถึงความล้าทางสายตาในกลุ่มผู้หญิงที่ทำงานป้อนข้อมูลเป็นประจำ โดยจะพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ความส่องสว่าง ความเข้มของแสง และการออกแบบสถานีงาน โดยจะประเมินความล้าด้วยการใช้แบบสอบถาม และตรวจสอบสายตาโดยวิธี Objective Measurement ก่อนและหลังทำงานด้วยการวัดค่า Refractive Power จากเครื่อง Autorefractometer การเปลี่ยนแปลงค่า Refractive Power จากการทำงานกับ VDT จะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับข้อร้องเรียนในเรื่องสายตา และสภาวะการณ์ในสถานีงาน ผลการวิจัยได้ยืนยันว่า งานป้อนข้อมูลสามารถจะทำให้เกิดภาวะสายตาสั้นได้ สิ่งที่ควรจะพิจารณาในการเกิดอาการล้าทางสายตา ก็คือ ความส่องสว่าง ความเข้มของแสง ความผิดแผก (Contrast) และการออกแบบสถานีงาน ถ้าการออกแบบถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ความผิดปกติของร่างกายก็จะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ในงานวิจัยนี้ยังได้เสนออีกว่า การวัดค่า Refractive Power จากเครื่อง Autorefractometer นี

นับว่าเป็นตัวดรรชนีที่ดีในการหาความล้าทางสายตาที่เกิดจากการทำงาน VDT และการศึกษานี้ยังพิสูจน์ได้ว่าค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับสภาวะการณ์ของสถานีงาน อย่างมีนัยสำคัญ

Saito et al. (1994) ได้ทำการศึกษาถึงการตอบสนองของปรับขยายของเลนส์ตา และรูม่านตา เมื่อร่างกายเกิดความล้าทางสายตา หลังจากทำงาน VDT โดยได้ทำการศึกษากับกลุ่มนักศึกษาจำนวน 5 คน อายุเฉลี่ย 22.6 ปี โดยตอนแรกได้ทำการวัด Near-Reflex พบว่าหลังจากทำงาน VDT แล้วค่า Amplitude และ Velocity ของ Accommodation Function ลดลง และตอนที่สองได้ทำการวัด Light-Reflex พบว่าค่า Amplitude ของ Reflex เพิ่มขึ้น และขนาดของรูม่านตา (Pupil Size) จะลดลง หลังทำงาน VDT และได้สรุปไว้ว่าทั้ง Accommodation Function และ Pupil Size เป็นตัวสำคัญอย่างหนึ่งที่ชี้ให้เห็นถึงการประเมินความล้าทางสายตา

Taptagaporn และ Saito (1993) ได้ทำการศึกษาถึงสภาวะพักของตา เพื่อให้เกิดความสบายในการทำงานกับ VDT โดยได้ทำการศึกษาสภาวะพักเป็น 3 ระบบ คือ 1) Pupil System 2) Vergence System 3) Accommodation System โดยใช้ผู้ทดสอบแตกต่างกันทั้ง 3 การทดลอง ได้ผลการทดลองสรุปได้ว่า

1. ควรต้องปรับระยะความสูงของจอภาพ เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน
2. ปรับจอภาพให้เป็นมุมต่ำระหว่างสายตากับจอภาพ
3. ระยะการมองจากตาถึงจอภาพ แป้นพิมพ์ และแท่นวางเอกสาร หรือเรียกว่า Viewing Distance เป็นระยะ 50-70 เซนติเมตร
4. ควรใช้จอภาพชนิด Positive (ตัวอักษรมืดบนพื้นสว่าง)
5. ความส่องสว่าง 500 ลักส์

Grandjean et.al (1980) ศึกษาถึงการปรับปรุงท่าทางการทำงานกับ VDT เพื่อลดการเกิดความไม่สบายกาย และได้กำหนดเป็นมาตรฐานขึ้น โดยได้ออกแบบสถานีงานที่สามารถปรับได้ และทำการทดลองกับกลุ่มที่ทำงานกับ VDT จำนวน 68 คน และหาตำแหน่งโดยการปรับระยะสถานีงานคือ ปรับที่จอภาพ เก้าอี้ แป้นพิมพ์ เพื่อหาระยะที่เกิด
ความสบายมากที่สุด โดยสามารถออกแบบท่าทางและสถานีงานให้กับผู้ที่ทำงานกับ VDT ที่ใช้ในสำนักงานขนาดเล็ก ได้ดังนี้

1. การปรับแต่งสถานีงาน

ความสูงของแป้นพิมพ์ (จากแถวกลางของแป้นพิมพ์ถึงพื้น)	70-85 ซม.
จุดศูนย์ศูนย์กลางจอภาพถึงพื้น	90-115 ซม.
จอภาพเอียงทำมุมกับแกนนอน	88-105 องศา
จากขอบโต๊ะถึงกึ่งกลางแป้นพิมพ์	10-20 ซม.
ระยะทางจากจอภาพถึงขอบโต๊ะ	50-75 ซม.

2. การปรับของมิติการทำงาน

การปรับแต่งควรให้เกิดความคล่องตัวในการทำงาน

3. ที่ว่างสำหรับขา

ที่นั่งควรมีช่องว่างจากหัวเข่าไปถึงขอบโต๊ะไม่น้อยกว่า 60 ซม.

4. เบาะนั่ง

ควรมีพนักพิงด้านหลังที่มีความโค้งมนเข้ารูปเพื่อความผ่อนคลายของกล้ามเนื้อหลังและลดภาระหนักที่เกิดขึ้นกับหมอนรองกระดูก เก้าอี้ที่มีพนักพิงขนาดเล็กไม่ควรนำมาใช้ ควรมีความกว้าง 50 ซม. และมีการปรับเอียงได้ และควรมีความโค้งเว้าสำหรับหนุนหลังโดยมีความหนาประมาณ 10-20 ซม

Lie และ Watlen (1994) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความล้าทางสายตา จากการทำงานเกี่ยวกับ VDT พบว่า การทำงานเกี่ยวกับ VDT ติดต่อกันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะทำให้เกิดการการล้าทางสายตา และกล้ามเนื้อส่วนหัวคอ และหลังส่วนบน

Ostberg (1980) ได้กล่าวว่า การใช้เครื่องมือวัดสายตา Autorefractometer กับผู้ที่ทำงานกับ VDT จะมีผลต่อระบบการปรับขยายระยะโฟกัส (Accomodation System) และเป็นการเชื่อได้ว่าการใช้เครื่องมือชนิดนี้ จะเป็นตัววัดความล้าทางสายตาได้

Saito, Sotoyama และ Taptagaporn (1994) ได้เสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง ปฏิกิริยายาโต้ตอบของรูม่านตาและการตอบสนองของการปรับกำลังขยายของตา (Pupillary Reflexesand Accommodative Responses) ในความล้าของตาที่เกิดขึ้นกับการทำงานกับ VDT เป็นเวลาติดต่อกัน 4 ชั่วโมง โดยได้ทำการทดลองกับนักเรียน 5 คนที่มีอายุเฉลี่ย 22.6 ปี ซึ่งแบ่งการวัดเป็น 2 อย่าง อันแรกจะวัดปฏิกิริยาโต้ตอบเมื่อมองใกล้ (Near Reflex Measurement) พบว่า Amplitude และ Velocity ของปัจจัยในการปรับกำลังขยายของตาลดลงหลังจากทำงานที่เกี่ยวกับสายตา

(Visual Task) อันที่สอง การวัด Light-Reflex Measurement ได้แสดงให้เห็นปฏิกิริยาโต้ตอบจะช้าลง Amplitude ของการปฏิกิริยาโต้ตอบจะสูงขึ้น และขนาดของรูม่านตา (Pupil) จะลดลง หลังจากทำงานที่เกี่ยวกับสายตานานๆ

Bergqvist และ Knave (1994) ได้ทำการวิจัยหาความสัมพันธ์ระหว่าง ลักษณะบ่งชี้ถึงอาการทางสายตากับการทำงานในสำนักงานที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับ VDT เป็นประจำ วิธีการทดลองโดยการไปใช้แบบสอบถามกับพนักงานจำนวน 327 คน ผลก็คือ อาการทางสายตาจะแย่ลงถ้าหากต้องทำงานกับ VDT เป็นเวลานานๆ อาการที่แสดงออก อีกหลายอย่างก็คือการต้องใส่แว่นตาขณะทำงานกับ VDT อายุ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับกระเพาะอาหาร และระยะทางระหว่างตากับวัตถุที่ต้องมองขณะทำงาน และตำแหน่งการวางเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็เป็นตัวบอกอาการอีกตัวหนึ่งเช่นกัน

Gur และ Ron (1992) ได้สรุปผลงานวิจัยว่า ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับ VDU (Visual Display Unit จะเกิดความล่าช้าทางสายตาและเกิดความเค้นทางสายตาด้วย ในระหว่างหลังจากหยุดงาน การศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน ในส่วนที่ 1 จะทดลองกับกลุ่มทำงานกับ VDT ที่มีสายตาปกติ และส่วนที่ 2 จะทดลองกับกลุ่มที่ต้องปรับสายตาให้เท่ากับปกติ ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันแรกจนถึงวันสุดท้ายของการทำงานในสัปดาห์ พบว่าผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับ VDT จะมีการปรับขยายของตา (Accommodation) ลดลง และมีค่าดรรชนีการหักเหระหว่าง 0-1.0 D ในขณะที่ผู้ไม่ได้ทำงานเกี่ยวกับ VDT 77% จะมีค่าระหว่าง 0-0.25 D