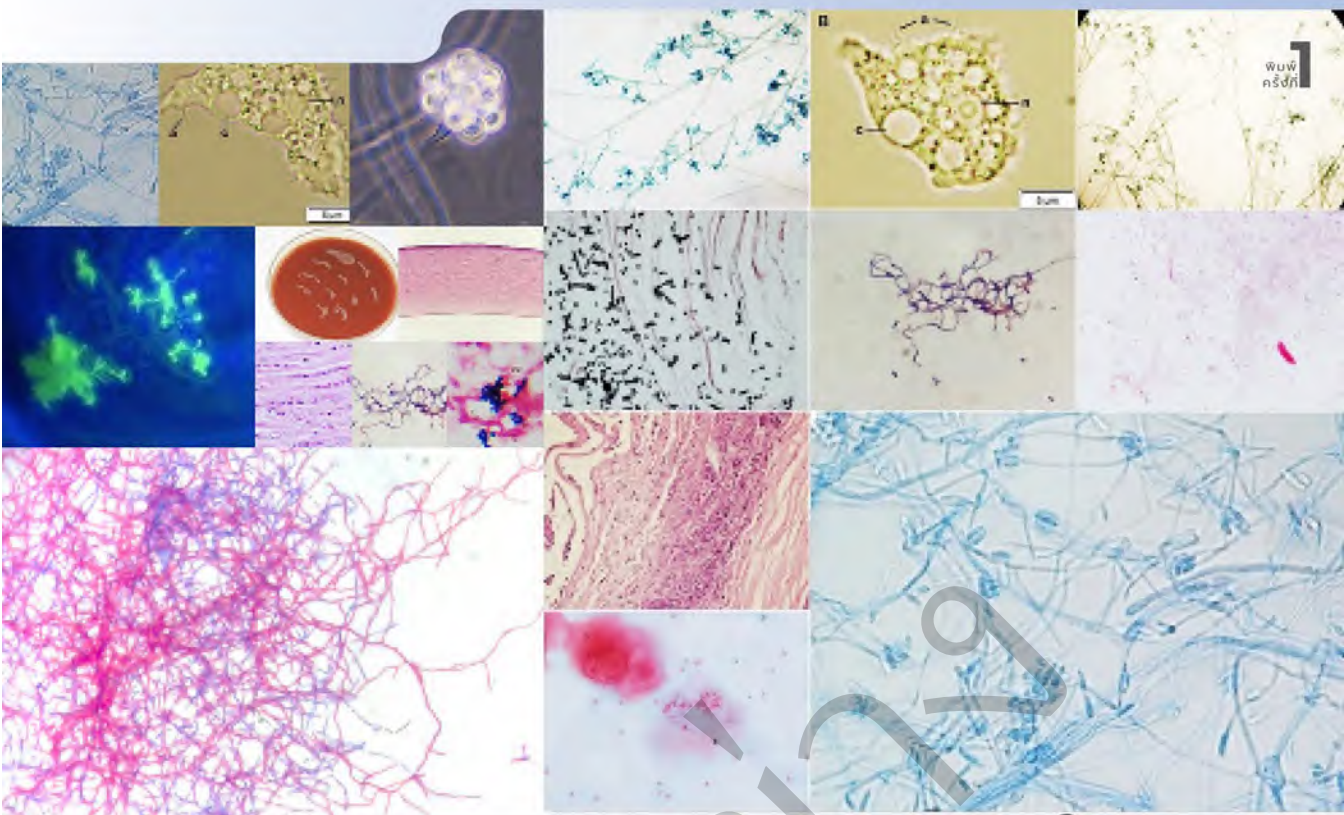
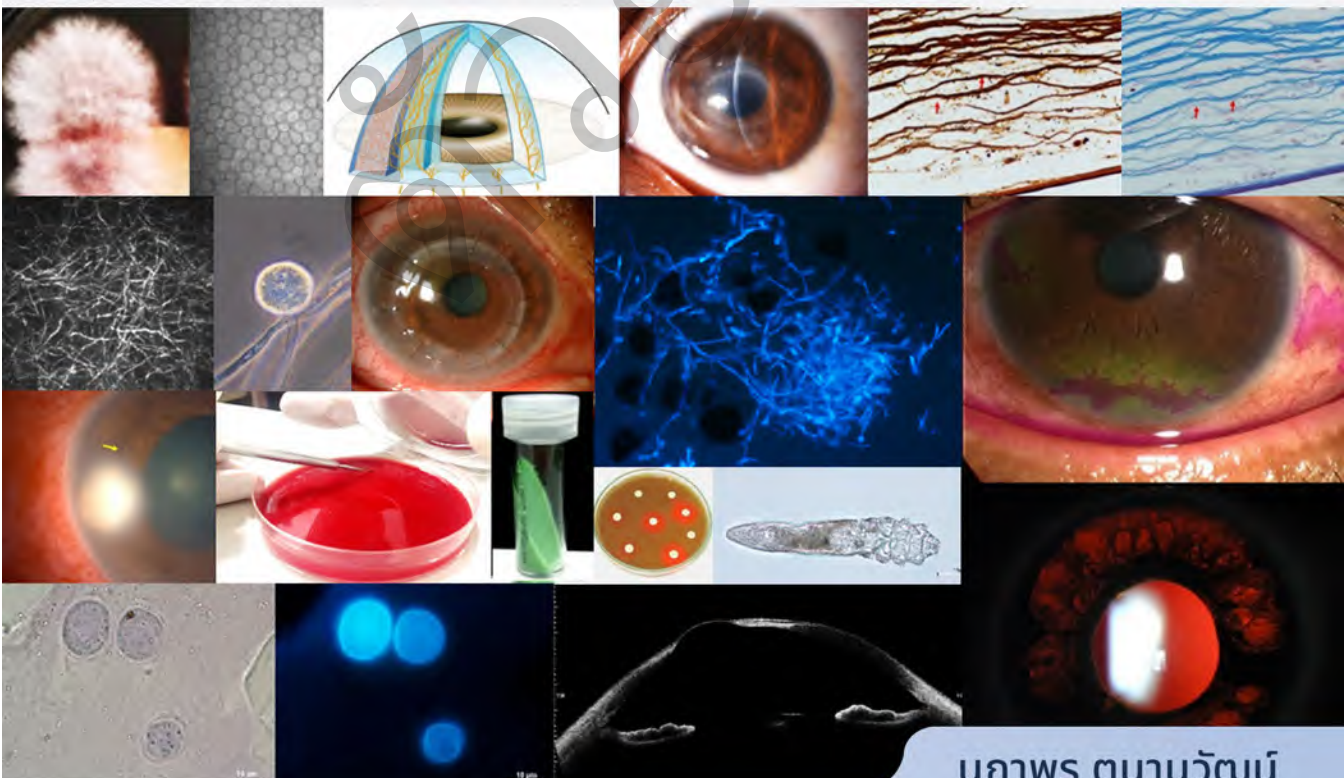




กระจกตาอักเสบติดเชื้อ

INFECTIOUS KERATITIS



นภาพร ตานานุวัฒน์
บรรณาธิการ

กระจกตา อักเสบติดเชื้อ

INFECTIOUS KERATITIS



คำอธิบาย



นภาพร ตานนุวัฒน์

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

“กระจกตาอักเสบติดเชื้อ (Infectious keratitis)” ถือเป็นการติดเชื้อที่รุนแรงของดวงตา จากรายงานขององค์การอนามัยโลกพบว่าการติดเชื้อที่กระจกตาเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของภาวะสายตาสั้นหรือตาบอด ถือเป็นโรคระบาดเงียบ (silent epidemic) ในประเทศกำลังพัฒนา และเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นรุนแรง หรือได้รับการรักษาล่าช้า ซึ่งอาจได้ผลลัพธ์ในการรักษาที่ไม่น่าพอใจ ผลกระทบที่ตามมาไม่เพียงแต่อาจสูญเสียการมองเห็นหรือดวงตา หากยังส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยในหลายด้าน ทั้งค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล โอกาสในการหารายได้ รวมถึงคุณภาพชีวิตและสภาพจิตใจ

หนังสือ “กระจกตาอักเสบติดเชื้อ” ได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ สำหรับจักษุแพทย์ แพทย์ทั่วไป แพทย์ประจำบ้าน นักศึกษาแพทย์ บุคลากรทางการแพทย์ และผู้ที่สนใจ โดยเนื้อหาประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานของกระจกตาและดวงตา พยาธิกำเนิด ระบาดวิทยา ลักษณะทางคลินิก จากเชื้อก่อโรคต่าง ๆ แนวทางการวินิจฉัยและการรักษา ตลอดจนผลการศึกษาและนวัตกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับโรค “กระจกตาอักเสบติดเชื้อ” โดยครอบคลุมถึงการติดเชื้อที่ผิดปกติ (atypical infection) หรือโรคอุบัติใหม่ เพื่อลดข้อผิดพลาดในการรักษาพยาบาล โดยผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาให้อ่านและเข้าใจง่าย จากความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรม ผลการวิจัยและประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วย สำหรับรูปภาพประกอบหนังสือที่ไม่ได้ระบุที่มาเป็นของผู้เขียนทั้งหมด

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ในด้านการศึกษา การดูแลผู้ป่วยแบบบูรณาการ ตลอดจนการป้องกันโรคซึ่งถือเป็นสาเหตุของตาบอดที่สามารถป้องกันได้ หวังว่าผู้เขียนขออุทิศคุณประโยชน์ของหนังสือเล่มนี้ ให้แก่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ ครอบครัว และผู้สนับสนุนที่มีส่วนในการจัดทำหนังสือ ตลอดจนผู้ป่วยโรคกระจกตาอักเสบติดเชื้อทุกท่าน

แพทย์หญิง นภาพร ตนานุวัฒน์
บรรณาธิการ

สารบัญ

คำนิยม	iii
คำนำ	v
กิตติกรรมประกาศ	vi
สารบัญ	vii
สารบัญภาพ	xiii
สารบัญตาราง	xx



โครงสร้างและหน้าที่ของตาภายนอกและกระจกตา (Structure and Function of the External Eye and Cornea)

1

• บทนำ	1
• โครงสร้างและหน้าที่ของลูกตาและตาภายนอก	2
◦ เปลือกตา (Eyelids)	3
◦ เยื่อบุตา (Conjunctiva)	4
◦ ตาขาว (Sclera)	5
◦ กระจกตา (Cornea)	6
◦ ลิมบัส (Limbus)	12
• น้ำตา (Tears)	13
◦ องค์ประกอบของน้ำตา (Tear composition)	13
◦ สภาวะสมดุลของฟิล์มน้ำตา (Tears film homeostasis)	15
• กลไกป้องกันตนเองของตาภายนอกและกระจกตา	17
• บทสรุป	18
• เอกสารอ้างอิง	19



พยาธิกำเนิดและระบาดวิทยาของโรคกระจกตาอักเสบติดเชื้อ (Pathogenesis and Epidemiology of Infectious Keratitis)

21

• บทนำ	21
• คำจำกัดความ	22
• เชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่น	23
• พยาธิกำเนิดของการติดเชื้อที่กระจกตา	24
• ปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่กระจกตา	25
• ระบาดวิทยา	27
◦ อุบัติการณ์	27

o อายุและเพศ	28
o สังคม เศรษฐฐานะ และการศึกษา	28
o เชื้อที่เป็นสาเหตุ	28
o ปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่พบบ่อยในทางระบาดวิทยา	30
o ระบาดวิทยาของโรคกระจกตาอักเสบติดเชื้อในเอเชีย	34
• ภาวะเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะ (Antimicrobial resistance)	36
• บทสรุป	37
• เอกสารอ้างอิง	38



การวินิจฉัยโรค (Diagnosis) 45

• บทนำ	45
• การเก็บตัวอย่างสิ่งส่งตรวจ (Specimen collection)	46
o การขูดกระจกตา (Corneal scraping)	46
o การตัดชิ้นเนื้อกระจกตา (Corneal biopsy)	48
o ตัวอย่างสิ่งส่งตรวจอื่น ๆ	48
• การตรวจวินิจฉัยหาเชื้อโดยวิธีทั่วไป (Conventional microbiological investigations)	49
o การตรวจหาเชื้อด้วยวิธีการย้อมสี (Microscopic examination with staining)	49
o การเพาะเลี้ยงเชื้อและทดสอบความไวต่อยา (Culture and sensitivity testing)	50
• การตรวจวินิจฉัยวิธีอื่น ๆ	52
o การถ่ายภาพของกระจกตาและตาส່วนหน้า (Anterior segment imaging)	52
o วิธีตรวจวินิจฉัยโมเลกุล (Molecular methods)	54
o การตรวจวิเคราะห์สารโปรตีน	55
o การตรวจทางเซลล์วิทยา	55
• ทิศทางในอนาคต	55
o Smart probe	55
o Metagenomic deep sequencing	56
o นวัตกรรมในการวินิจฉัยโรค	56
• บทสรุป	57
• เอกสารอ้างอิง	58



กระจกตาอักเสบติดเชื้อแบคทีเรีย (Bacterial Keratitis)

61

- บทนำ 61
- ชีววิทยาของเชื้อแบคทีเรีย 62
- พยาธิกำเนิด 63
- ปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อ 63
- ระบาดวิทยา 64
- ลักษณะทางคลินิก 65
- การวินิจฉัย 72
- การวินิจฉัยแยกโรค 76
- การรักษา 78
- การพยากรณ์โรค 85
- การฟื้นฟูการมองเห็น (Visual rehabilitation) 85
- การป้องกัน 85
- บทสรุป 86
- เอกสารอ้างอิง 88



กระจกตาอักเสบติดเชื้อแบคทีเรียที่ผิดปกติ (Atypical Bacterial Keratitis)

93

- บทนำ 93
- กระจกตาอักเสบติดเชื้อ Non-tuberculous *Mycobacteria* 94
 - ชีววิทยาของเชื้อ Non-tuberculous *Mycobacteria* 94
 - ปัจจัยเสี่ยงและระบาดวิทยา 95
 - ลักษณะทางคลินิก 96
 - การวินิจฉัย 98
 - การรักษา 100
- กระจกตาอักเสบติดเชื้อ *Nocardia* 102
 - ชีววิทยาของเชื้อ *Nocardia* 102
 - ปัจจัยเสี่ยงและระบาดวิทยา 102
 - ลักษณะทางคลินิก 103
 - การวินิจฉัย 104
 - การรักษา 106
- บทสรุป 106
- เอกสารอ้างอิง 107



กระจกตาอักเสบติดเชื้อรา (Fungal Keratitis)

109

- บทนำ 109
- ชีววิทยาของเชื้อรา 110
- ปัจจัยเสี่ยงและระบาดวิทยา 110
- ลักษณะทางคลินิก 112
- การวินิจฉัย 115
- การรักษา 123
- ภาวะแทรกซ้อน 131
- บทสรุป 132
- เอกสารอ้างอิง 133



กระจกตาอักเสบติดเชื้อพืเทียม (Pythium Keratitis)

139

- บทนำ 139
- ชีววิทยาของเชื้อพืเทียม 139
- ปัจจัยเสี่ยงและระบาดวิทยา 140
- ลักษณะทางคลินิก 141
- การวินิจฉัย 142
- การรักษา 145
- บทสรุป 147
- เอกสารอ้างอิง 148



กระจกตาอักเสบติดเชื้อไวรัส (Viral Keratitis)

151

- บทนำ 151
- กระจกตาอักเสบติดเชื้อไวรัสเริม (Herpes simplex keratitis) 152
 - การติดเชื้อเริมปฐมภูมิที่ตา 153
(Primary ocular herpes simplex infection)
 - การติดเชื้อเริมซ้ำที่ตา 155
(Recurrent ocular herpes simplex infection)
 - Herpetic Eye Disease Study (HEDS) 163
- กระจกตาอักเสบติดเชื้อไวรัสสุกซ์ (Varicella-zoster virus) 169
- กระจกตาอักเสบติดเชื้อไซโตเมกะโลไวรัส (Cytomegalovirus) 178

• กระจกตาอักเสบติดเชื้อไวรัสแอสไทม์บาร์ (Epstein-Barr virus)	184
• กระจกตาอักเสบติดเชื้อไวรัสอื่น ๆ	185
◦ กระจกตาและเยื่อบุตาอักเสบจากเชื้ออะดีโนไวรัส (Adenovirus keratoconjunctivitis)	185
◦ กระจกตาอักเสบจากโรคโคโรนาไวรัส 2019 (COVID-19)	187
◦ กระจกตาอักเสบติดเชื้อไวรัสในวงศ์ Paramyxovirus	188
• บทสรุป	189
• เอกสารอ้างอิง	190



กระจกตาอักเสบติดเชื้อปรสิต (Parasitic Keratitis)

197

• บทนำ	197
• กระจกตาอักเสบติดเชื้ออะแคนตามีบา (<i>Acanthamoeba keratitis</i>)	198
◦ ชีววิทยาของเชื้ออะแคนตามีบา	198
◦ พยาธิกำเนิด	201
◦ ปัจจัยเสี่ยงและระบาดวิทยา	202
◦ ลักษณะทางคลินิก	202
◦ การวินิจฉัย	204
◦ การรักษา	211
• กระจกตาอักเสบติดเชื้อไมโครสปอริเดีย (<i>Microsporidial keratitis</i>)	215
◦ ชีววิทยาของเชื้อไมโครสปอริเดีย	215
◦ พยาธิกำเนิด	215
◦ ปัจจัยเสี่ยงและระบาดวิทยา	216
◦ ลักษณะทางคลินิก	217
▪ Microsporidial Keratoconjunctivitis	217
▪ Microsporidial Stromal Keratitis	218
◦ การวินิจฉัย	220
◦ การรักษา	223
• โรคพยาธิตาบอด หรือออนโคเซอร์โคอาซิส (<i>Onchocerciasis</i>)	225
• กระจกตาอักเสบจากเชื้อปรสิตชนิดอื่น ๆ	225
• บทสรุป	227
• เอกสารอ้างอิง	228



การผ่าตัดรักษาในโรคกระจกตาอักเสบติดเชื้อ (Surgical Management in Infectious Keratitis)

233

- บทนำ 233
- การผ่าตัดเพื่อการวินิจฉัย (Surgery to establish diagnosis) 234
 - การขูดกระจกตา/การผ่าตัดผิวหน้ากระจกตา (Debridement/superficial keratectomy) 234
 - การตัดชิ้นเนื้อกระจกตา (Corneal biopsy) 234
- การผ่าตัดเพื่อช่วยการสมานแผล 235
 - (Surgery to promote wound healing)
 - การเย็บเปลือกตาดิดกัน (Tarsorrhaphy) 235
 - การทำให้เปลือกตาดกด้วยสาร botulinum (Botulinum toxin-induced ptosis) 237
 - การผ่าตัดย้ายเยื่อぶตา (Conjunctival flap) 239
 - การผ่าตัดปลูกถ่ายเยื่อหุ้มรก (Amniotic membrane transplantation) 240
- การผ่าตัดเพื่อเสริมความแข็งแรงของกระจกตา 242
 - (Surgery to strengthen cornea)
 - Corneal collagen crosslinking 242
- การผ่าตัดเพื่อให้ดวงตาคงรูปร่างเดิม 244
 - (Surgery to restore globe integrity)
 - การสมานเนื้อเยื่อ (Tissue adhesive หรือ corneal gluing) 244
 - การผ่าตัดปลูกถ่ายเยื่อตาขาว (Scleral patch graft) 247
 - การผ่าตัดปลูกถ่ายกระจกตาเพื่อการรักษา (Therapeutic/tectonic keratoplasty) 249
- บทสรุป 252
- เอกสารอ้างอิง 254



ภาคผนวก

259

- ภาคผนวก 1 รหัสโรคที่เกี่ยวข้องกับกระจกตาอักเสบติดเชื้อ 260
- ภาคผนวก 2 การเตรียมยาปฏิชีวนะในรูปหยอดตา 263

ดัชนี 267

Index 274

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1	โครงสร้างของลูกตาแบบตัดขวางในแนวตั้ง (ในภาพแสดงค่าโดยประมาณของขนาดลูกตาในวัยผู้ใหญ่)	2
ภาพที่ 1.2	โครงสร้างบริเวณขอบเปลือกตา	4
ภาพที่ 1.3	กายวิภาคของเยื่อบุตา (Conjunctiva)	5
ภาพที่ 1.4	โครงสร้างของตาขาว (sclera)	6
ภาพที่ 1.5	ลักษณะทางจุลกายวิภาคของกระจกตา	7
ภาพที่ 1.6	เส้นประสาทกระจกตา	7
ภาพที่ 1.7	Corneal endothelial cells	10
ภาพที่ 1.8	ภาพถ่ายจากเครื่อง specular microscope แสดงลักษณะ endothelial cells ที่ผิดปกติ	11
ภาพที่ 1.9	Palisades of Vogt	12
ภาพที่ 1.10	เซลล์ต้นกำเนิดของเยื่อบุผิวกระจกตาที่บริเวณลิมบัส (Limbal epithelial stem cells)	13
ภาพที่ 1.11	องค์ประกอบหลักของฟิล์มน้ำตา	14
ภาพที่ 1.12	ระบบประสาทที่ควบคุมการสร้าง การหลั่ง การกระจายตัว และการระบายน้ำตา	16
ภาพที่ 1.13	Lacrimal functional unit	16
ภาพที่ 2.1	กระจกตาอักเสบติดเชื้อหลังการบาดเจ็บที่มีสิ่งแปลกปลอมฝังอยู่ ในกระจกตา	26
ภาพที่ 2.2	ภาวะหลับตาไม่สนิท (Lagophthalmos) ที่เกิดหลังการผ่าตัดตกแต่ง เปลือกตา (A) ทำให้เกิดแผลกระจกตาอักเสบ (B) และภาพหลังรักษา (C)	27
ภาพที่ 2.3	กระจกตาอักเสบจากการติดเชื้อแบคทีเรีย <i>Pseudomonas</i> และเชื้อรา <i>Paecilomyces</i> spp. ในผู้ป่วยที่ใส่เลนส์สัมผัสไม่ถูกวิธี	30
ภาพที่ 2.4	กระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Corynebacterium</i> หลังการผ่าตัดปลูกถ่าย กระจกตา ที่สัมพันธ์กับไหมเย็บ	32
ภาพที่ 2.5	การอักเสบติดเชื้อของกระจกตาและตาขาวจากเชื้อ <i>Pseudomonas</i> หลังการผ่าตัดต้อเนื้อ	33
ภาพที่ 2.6	เยื่อบุผิวกระจกตาอักเสบจากเชื้อไวรัส herpes บนกระจกตาที่ปลูกถ่าย	33
ภาพที่ 3.1	ชุดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขูดกระจกตา	47
ภาพที่ 3.2	เทคนิคการขูดกระจกตา (corneal scraping) และการเพาะเชื้อ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ	48

ภาพที่ 3.3	เชื้อที่พบโดยการตรวจย้อมสีต่าง ๆ	50
ภาพที่ 3.4	เชื้อ <i>S. pneumoniae</i> ที่พบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (A) และการทดสอบความไวต่อยาของเชื้อ (B)	51
ภาพที่ 3.5	อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่าง ๆ	51
ภาพที่ 3.6	ภาพถ่ายกระจกตาจากกล้องจุลทรรศน์ชนิด confocal แสดงสายเชื้อรา (A) และซิสต์ของเชื้ออะแคนทามีบา (B)	53
ภาพที่ 4.1	ผลกระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i>	66
ภาพที่ 4.2	ผลกระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Streptococcus pneumoniae</i>	66
ภาพที่ 4.3	ผลกระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Pseudomonas</i>	69
ภาพที่ 4.4	ผลกระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Pseudomonas</i> ที่มีการทะลุของแผล	69
ภาพที่ 4.5	กระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Moraxella</i>	70
ภาพที่ 4.6	ผลกระจกตาจากเชื้อ <i>Klebsiella oxytoca</i> ในผู้ป่วยที่ใส่เลนส์สัมผัสไม่ถูกวิธี	70
ภาพที่ 4.7	กระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Serratia</i> ที่สัมพันธ์กับสิ่งแปลกปลอมที่กระจกตา	70
ภาพที่ 4.8	เยื่อบุตาและกระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Neisseria gonorrhea</i>	71
ภาพที่ 4.9	ผลติดเชื้อกระจกตาที่ทะลุ	73
ภาพที่ 4.10	ผลติดเชื้อกระจกตาที่ทะลุ พบมีการต้นลงของช่องหน้าม่านตา และวิดีโอแสดงการตรวจ seidel test (สแกน QR code)	73
ภาพที่ 4.11	ลักษณะกระจกตาที่มีความบางมากและโป่งออกมา หรือ Descemetocoele	76
ภาพที่ 4.12	กระจกตาอักเสบชนิด Phlyctenular keratitis	77
ภาพที่ 4.13	แผลอักเสบบริเวณขอบกระจกตาที่ไม่ได้เกิดจากการติดเชื้อ (Peripheral ulcerative keratitis) (A) และ Mooren ulcer (B)	77
ภาพที่ 4.14	Shield ulcer (A) และ giant papillae (B) ในโรค vernal keratoconjunctivitis	78
ภาพที่ 5.1	กระจกตาอักเสบจากเชื้อ NTM ที่สัมพันธ์กับการบาดเจ็บทางตา	97
ภาพที่ 5.2	ผลกระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Mycobacterium abscessus</i>	98
ภาพที่ 5.3	ลักษณะของเชื้อ Non-tuberculous mycobacteria ซึ่งย้อมติดสี acid fast จากตัวอย่างที่ได้จากการขูดกระจกตา	99
ภาพที่ 5.4	ลักษณะทางพยาธิสภาพของชิ้นเนื้อกระจกตาจากการผ่าตัดปลูกถ่ายกระจกตาจากการย้อม Hematoxylin & Eosin (A) และการย้อม acid fast (B)	99

ภาพที่ 5.5	ภาพถ่ายหลังผ่าตัดปลูกถ่ายกระจกตาเพื่อการรักษา	101
ภาพที่ 5.6	กระจกตาอักเสบจากเชื้อ <i>Nocardia</i> ในผู้ป่วยที่มีประวัติสัมผัสกับการบาดเจ็บทางตา	103
ภาพที่ 5.7	การอักเสบที่กระจกตาจากเชื้อ <i>Nocardia</i> พบเป็น patchy anterior stromal infiltrates ลักษณะเป็นวงคล้ายพวงหรีด (wreath pattern)	104
ภาพที่ 5.8	ลักษณะของเชื้อ <i>Nocardia</i> จากการย้อมสีกรัม (A) และการย้อม modified acid fast (B)	105
ภาพที่ 5.9	โคโลนีสีขาวของเชื้อ <i>Nocardia</i> ที่ขึ้นบน chocolate agar (A) และ Lowenstein-Jansen media (B)	105
ภาพที่ 6.1	กระจกตาอักเสบจากเชื้อรา <i>Fusarium</i>	113
ภาพที่ 6.2	กระจกตาอักเสบจากเชื้อรา <i>Aspergillus</i>	113
ภาพที่ 6.3	กระจกตาอักเสบจากเชื้อราดำ <i>Fonsecaea pedrosoi</i>	113
ภาพที่ 6.4	กระจกตาอักเสบจากเชื้อราดำ	114
ภาพที่ 6.5	กระจกตาอักเสบจากเชื้อรา <i>Cladosporium</i>	114
ภาพที่ 6.6	กระจกตาอักเสบจากเชื้อราอีสต์ <i>Rhodotorula</i> spp. ในผู้ป่วยหลังผ่าตัดปลูกถ่ายกระจกตาและใช้ยาหยอดตาสเตียรอยด์	115
ภาพที่ 6.7	ลักษณะ hyphae ของเชื้อรา <i>Aspergillus</i> spp. ตัวอย่างจากการขูดกระจกตาและย้อมด้วยวิธี Calcofluor white รูปถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ทั่วไป (A) และภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ (B)	116
ภาพที่ 6.8	ลักษณะของเชื้อราอีสต์ ตัวอย่างจากการขูดกระจกตาและย้อมด้วยวิธี Calcofluor white ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ทั่วไป (A) ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ (B)	117
ภาพที่ 6.9	ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา <i>Fusarium</i> ที่ขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ	117
ภาพที่ 6.10	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงสปอร์และสายราของเชื้อ <i>Fusarium</i> ที่เพาะขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (A, B)	118
ภาพที่ 6.11	ลักษณะโคโลนีสีเข้มของเชื้อราดำ <i>Fonsecaea pedrosoi</i> บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (A) และภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงสายราและสปอร์ของเชื้อ (B)	118
ภาพที่ 6.12	ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของชิ้นเนื้อกระจกตาจากติดเชื้อราดำ <i>Bipolaris</i> spp. ชิ้นเนื้อจากการผ่าตัดปลูกถ่ายกระจกตา	119
ภาพที่ 6.13	ภาพถ่ายจากกล้อง IVCM แสดงลักษณะ hyperreflective elements ของสายรา (hyphae) จำนวนมากในกระจกตา	120
ภาพที่ 6.14	ภาพถ่ายกระจกตาอักเสบติดเชื้อรา และภาพถ่ายจากกล้อง AS-OCT	121

ภาพที่ 6.15	กระจกตาอักเสบจากเชื้อรา <i>Fusarium</i> ที่รักษาด้วยยาหยอดตา natamycin โดยพบการอักเสบของเยื่อぶตาทางด้านล่าง พบคราบยาสีขาว เกาะอยู่ที่ผิวตาและขอบเปลือกตา (A) และภาพแสดงแผลกระจกตาและเยื่อぶตาที่ย้อมติดสีฟลูออเรสซิน (B)	125
ภาพที่ 6.16	ภาพแสดงกระจกตาอักเสบติดเชื้อราที่ลูกกลมเล็ก โดยพบลักษณะการอักเสบที่ด้านหลังของกระจกตา (endothelial plaque) (A) และภาพถ่ายหลังรักษาด้วยการฉีดยา intracameral amphotericin B (B)	127
ภาพที่ 6.17	กระจกตาอักเสบติดเชื้อราที่เกิดหลังการผ่าตัดโรคต้อหิน ซึ่งมีความรุนแรงและไม่ได้ผลด้วยยา จึงได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัด therapeutic penetrating keratoplasty ภาพก่อนผ่าตัด (A) และภาพหลังผ่าตัด (B)	131
ภาพที่ 6.18	กระจกตาอักเสบจากเชื้อราที่รุนแรง (A) และรอยขุ่นฝ้าจากแผลเป็นที่กระจกตาหลังควบคุมการติดเชื้อได้ (B)	132
ภาพที่ 7.1	กระจกตาอักเสบจากเชื้อฟิเทียมในผู้ป่วยที่ภูมิคุ้มกันบกพร่อง	141
ภาพที่ 7.2	กระจกตาอักเสบจากเชื้อฟิเทียมที่เป็นรุนแรงแม้จะได้รับการรักษา	142
ภาพที่ 7.3	ลักษณะของเชื้อฟิเทียมจากการย้อมสี lactophenol blue พบลักษณะของเส้นใยคล้ายสาหร่าย (hyphae) ขนาดใหญ่และไม่มีผนังกัน	144
ภาพที่ 7.4	โคโลนีสีขาวและบริเวณขอบมีลักษณะเป็นแฉก ๆ ของเชื้อฟิเทียมที่ขึ้นในอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ Sabouraud glucose agar	144
ภาพที่ 7.5	ลักษณะของเชื้อฟิเทียมจากการเพาะเลี้ยงเชื้อ แสดงลักษณะของเส้นใยคล้ายสาหร่าย (hyphae) ขนาดใหญ่ (A) และภาพแสดง zoospore (ลูกศร) จำนวนมากของเชื้อฟิเทียม (B)	145
ภาพที่ 7.6	ลักษณะของ sporangium ในระยะต้น (immature) (A) และระยะสมบูรณ์ (mature sporangium) (B) ที่มี vesicles เล็ก ๆ อยู่ภายใน ซึ่งจะกลายเป็น zoospore ต่อไป	145
ภาพที่ 8.1	ลักษณะรอยโรคที่ผิวหนังบริเวณเปลือกตา ในผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อเริ่มชนิดปฐมภูมิบริเวณเปลือกตา (primary herpes simplex blepharitis)	154
ภาพที่ 8.2	การอักเสบของเยื่อぶผิวกระจกตาจากการติดเชื้อไวรัสเริม (Epithelial HSK)	157
ภาพที่ 8.3	การอักเสบของเยื่อぶผิวกระจกตาจากการติดเชื้อไวรัสเริม (Epithelial HSK) ในตาสองข้าง ของผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องจากโรคทางร่างกาย	158
ภาพที่ 8.4	การอักเสบของกระจกตาที่ลักษณะคล้ายวงแหวน (immune ring) หรือ Wessely ring	159
ภาพที่ 8.5	Lipid keratopathy	159

ภาพที่ 8.6	Necrotizing stromal keratitis ในผู้ป่วยที่เป็นซ้ำหลายครั้ง (A) และพบพองอากาศในช่องหน้าม่านตาหลังจากวัดความดันลูกตาแบบใช้ลมเป่า (air puff tonometer) บ่งบอกว่าการทะลุของกระจกตา (B)	160
ภาพที่ 8.7	Endotheliitis หรือ disciform keratitis	161
ภาพที่ 8.8	ม่านตาอักเสบจาก HSV (A) และหย่อมของม่านตาที่ฝ่อตัว (patchy iris atrophy) (B)	162
ภาพที่ 8.9	Neurotrophic keratopathy	167
ภาพที่ 8.10	ผื่นผิวหนังในโรคงูสวัดที่เกิดตามแนวของเส้นประสาท Ophthalmic (Herpes zoster ophthalmicus) และโรคงูสวัดที่เกิดตามแนวเส้นประสาท Maxillary	172
ภาพที่ 8.11	Pseudodendrite บริเวณผิวกระจกตาใน Herpes zoster ophthalmicus	173
ภาพที่ 8.12	Diffused iris transillumination defect ที่พบตามหลังม่านตาอักเสบจาก VZV	174
ภาพที่ 8.13	Scleritis ที่พบหลังจาก HZO	175
ภาพที่ 8.14	CMV endotheliitis	180
ภาพที่ 8.15	ลักษณะ coin-like keratic precipitate ที่พบใน CMV endotheliitis	181
ภาพที่ 8.16	CMV epithelial keratitis ในผู้ป่วยภูมิคุ้มกันปกติ	181
ภาพที่ 8.17	ภาพถ่ายเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิด confocal ในผู้ป่วย CMV endotheliitis	182
ภาพที่ 8.18	การผ่าตัด Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty ร่วมกับการผ่าตัดต่อกระจกในผู้ป่วย CMV endotheliitis	184
ภาพที่ 8.19	Adenoviral keratoconjunctivitis	186
ภาพที่ 9.1	วงจรชีวิตของเชื้ออะแคนทามีบา	199
ภาพที่ 9.2	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง แสดงโทรโฟชอยต์ในสเมียร์สด	200
ภาพที่ 9.3	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง แสดงซิสต์ที่สมบูรณ์ของอะแคนทามีบา	200
ภาพที่ 9.4	กลไกการก่อโรคกระจกตาอักเสบของเชื้ออะแคนทามีบา	201
ภาพที่ 9.5	กระจกตาอักเสบติดเชื้ออะแคนทามีบา ในผู้ป่วยที่ไม่มีประวัติการใส่เลนส์สัมผัส	204
ภาพที่ 9.6	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (A) และกล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์ (B) แสดงลักษณะซิสต์ของอะแคนทามีบา ด้วยวิธีการย้อมสี Calcofluor white	206

ภาพที่ 9.7	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (A) และกล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์ (B) แสดงลักษณะซิสต์ของอะแคนทามีบาด้วยวิธีการย้อมสี Calcofluor white	206
ภาพที่ 9.8	เชื้ออะแคนทามีบาในระยะโทรโฟซอइटที่ขึ้นในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีเชื้อ <i>E. coli</i> ฉาบที่ผิว	207
ภาพที่ 9.9	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงโทรโฟซอइटที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบวุ้นที่เลี้ยงร่วมกับแบคทีเรีย (monoxenic culture)	207
ภาพที่ 9.10	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิด Confocal แสดงซิสต์ของเชื้ออะแคนทามีบา	208
ภาพที่ 9.11	ภาพแสดงการแยก DNA ภายใต้สนามไฟฟ้า (agarose gel electrophoresis) หลังการทำ PCR เพื่อเพิ่มปริมาณ 18S rRNA gene ของเชื้ออะแคนทามีบา	210
ภาพที่ 9.12	ผลกระจกตาอักเสบติดเชื้ออะแคนทามีบาในผู้ป่วยที่ไม่มีประวัติใส่เลนส์สัมผัส (A) และภาพหลังการผ่าตัด therapeutic penetrating keratoplasty (B)	214
ภาพที่ 9.13	วงจรชีวิตของเชื้อไมโครสปอริเดีย	216
ภาพที่ 9.14	Microsporidial keratoconjunctivitis	218
ภาพที่ 9.15	Microsporidial stromal keratitis	219
ภาพที่ 9.16	กระจกตาอักเสบติดเชื้อไมโครสปอริเดียแบบ combined stromal-epithelial keratitis	219
ภาพที่ 9.17	สปอร์ของเชื้อไมโครสปอริเดียจากการย้อมวิธี modified trichrome	221
ภาพที่ 9.18	ลักษณะพยาธิสภาพของกระจกตาอักเสบจากเชื้อไมโครสปอริเดียโดยการย้อมสี Masson trichrome	222
ภาพที่ 9.19	ลักษณะพยาธิสภาพของกระจกตาอักเสบจากเชื้อไมโครสปอริเดียโดยการย้อมสี Warthin Starry	222
ภาพที่ 9.20	ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะเชื้อไร <i>Demodex</i>	226
ภาพที่ 10.1	การเย็บเปลือกตาติดกันชั่วคราว (Temporary tarsorrhaphy)	237
ภาพที่ 10.2	การเย็บเปลือกตาติดกันถาวร (Permanent tarsorrhaphy)	237
ภาพที่ 10.3	วิธีการฉีดสาร botulinum toxin A ผ่านผิวหนังเพื่อให้เปลือกตาดก	238
ภาพที่ 10.4	Partial conjunctival pedicle flap	240
ภาพที่ 10.5	Total conjunctival flap หรือ Gunderson flap	240
ภาพที่ 10.6	Amniotic membrane patch graft ในผู้ป่วยกระจกตาอักเสบจากเชื้อริเม	242

ภาพที่ 10.7	ขั้นตอนของ CXL	244
ภาพที่ 10.8	วิธีการปิดรอยร้าวที่กระจกตาด้วยกาว cyanoacrylate	246
ภาพที่ 10.9	การปิดแผลกระจกตาที่ทะลุด้วยกาว CTA	246
ภาพที่ 10.10	การผ่าตัด scleral patch graft ในแผลกระจกตาที่ทะลุ (A) และต่อมาได้รับการผ่าตัดปลูกถ่ายกระจกตาเพื่อฟื้นฟูการมองเห็น (B)	248
ภาพที่ 10.11	การผ่าตัด corneal button patch graft ในแผลกระจกตาทะลุ	248
ภาพที่ 10.12	Therapeutic penetrating keratoplasty ในแผลกระจกตาอักเสบติดเชื้อ <i>Pseudomonas</i> ที่เป็นรุนแรงและมีกระจกตาบางเปื่อย	252
ภาพที่ 10.13	Therapeutic penetrating keratoplasty ในกระจกตาอักเสบติดเชื้อราที่ไม่ตอบสนองด้วยยา	252

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	ตัวชี้วัดของเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตา	10
ตารางที่ 2.1	ข้อแตกต่างระหว่างกระจกตาอักเสบติดเชื้อ กับกระจกตาอักเสบที่ไม่ได้เกิดจากการติดเชื้อ	23
ตารางที่ 2.2	เชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่นบริเวณเยื่อบุตาและเปลือกตา	24
ตารางที่ 2.3	ปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่กระจกตา	26
ตารางที่ 2.4	กลุ่มประชากร ปัจจัยเสี่ยง และเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคกระจกตาอักเสบติดเชื้อในเอเชีย	35
ตารางที่ 3.1	แนวทางการเลือกวิธีการย้อมและอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับเชื้อแต่ละชนิดจากแผลที่กระจกตา	52
ตารางที่ 4.1	เชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่กระจกตา	63
ตารางที่ 4.2	ความรุนแรงของกระจกตาอักเสบ	74
ตารางที่ 4.3	แนวทางการเลือกยาปฏิชีวนะสำหรับรักษาโรคกระจกตาอักเสบติดเชื้อแบคทีเรีย	80
ตารางที่ 5.1	Classification of Nontuberculous <i>Mycobacterium</i>	95
ตารางที่ 5.2	การเปรียบเทียบลักษณะทางคลินิกของผู้ป่วยโรคกระจกตาอักเสบจากเชื้อ NTM ในกลุ่มที่เกิดการติดเชื้อหลังผ่าตัดแก้ไขสายตา (post-LASIK) และกลุ่มที่ไม่ได้เกิดหลังผ่าตัด (non-LASIK)	97
ตารางที่ 5.3	ลักษณะทางจุลชีววิทยาที่แตกต่างระหว่างเชื้อ <i>Mycobacterium</i> และ <i>Nocardia</i>	106
ตารางที่ 6.1	ชนิดของเชื้อราก่อโรคที่กระจกตาและปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรค	112
ตารางที่ 6.2	ยาด้านเชื้อรา	127
ตารางที่ 8.1	ยาด้านไวรัสสำหรับการติดเชื้อเริม (herpes simplex virus) ที่กระจกตาและตาส่วนนอก	155
ตารางที่ 8.2	ชนิดของกระจกตาอักเสบจากเชื้อไวรัสเริม	156
ตารางที่ 8.3	Herpetic Eye Disease Study (HEDS)	168
ตารางที่ 8.4	ลักษณะทางคลินิกที่แตกต่างระหว่างการติดเชื้อไวรัสเริม (HSV) และเชื้อไวรัสสุสวัด (VZV)	176
ตารางที่ 9.1	ยาด้านเชื้ออะแคนทามีบาในกลุ่มต่าง ๆ และขนาดยา	212
ตารางที่ 9.2	ลักษณะทางคลินิกของกระจกตาอักเสบติดเชื้อไมโครสปอริเดีย ชนิด keratoconjunctivitis และ stromal keratitis	220

รายการคำย่อ

ACAID	Anterior chamber-associated immune deviation
ACSIKS	Asia Cornea Society Infectious Keratitis study
ACV	Acyclovir
AI	Artificial intelligence
AM	Amniotic membrane
AMPs	Antimicrobial peptides
APC	Antigen presenting cells
AS-OCT	Anterior segment optical coherence tomography
AUC	Area under the receiver operating characteristic curve
BCL	Bandage contact lens
BM	Basement membrane
CA	Cell area
CD	Cell density
CDC	Center for Disease Control
CFW	Calcofluor white
CN VII	Facial nerve
CMV	Cytomegalovirus
COVID-19	Coronavirus disease 2019
CoNS	Coagulase negative <i>Staphylococci</i>
CTA	Cyanoacrylate tissue adhesive
CXL	Corneal collagen crosslinking
CV	Coefficient of variation in average cell size
DALK	Deep anterior lamellar keratoplasty
DL	Deep learning
DNA	Deoxyribonucleic acid
EBV	Epstein-Barr virus
EKC	Epidemic keratoconjunctivitis
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assays
GMS	Gomori methenamine silver
Gwc	Goldmann-Witmer coefficient
HEDS	Herpetic Eye Disease Study

HEDS-RF	Herpetic eye disease- risk factor study
HSK	Herpes simplex keratitis
HSV	Herpes simplex virus
HZO	Herpes zoster ophthalmicus
HZV	Herpes zoster virus
ICK	Infectious crystalline keratopathy
IK	Interstitial keratitis
IVCM	In vivo confocal microscopy
KP	Keratic precipitate
LPCB	Lactophenol cotton blue
LASIK	Laser-assisted in situ keratomileusis
LSC	Limbal epithelial stem cells
NGS	Next generation sequencing
NSAIDs	Non-steroidal anti-inflammatory drugs
NTM	Non-tuberculous <i>Mycobacteria</i>
MALDI-TOF MS	Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry
MBP	Mannose-binding protein
MDS	Metagenomic deep sequencing
MMP	Matrix metalloproteinase
MRSA	Methicillin resistant <i>Staphylococcus aureus</i>
MKC	Microsporidial keratoconjunctivitis
MSK	Microsporidial stromal keratitis
MIC	Minimal inhibitory concentration
MALT	Mucosal-associated lymphoid tissue
MUTT I	Mycotic ulcer treatment trial I
MUTT II	Mycotic ulcer treatment trial II
CN V1	Ophthalmic nerve
PACK-CXL	Photoactivated chromophore for infectious keratitis-CXL
PCR	Polymerase chain reaction
PEE	Punctate epithelial erosion
PEK	Punctate epithelial keratitis
PK	Penetrating keratoplasty

PHMB	Polyhexamethylene biguanide
PHN	Postherpetic neuralgia
RCT	Randomized control trial
RGM	Rapidly growing <i>mycobacteria</i>
rhNGF	Recombinant human nerve growth factor
RNA	Ribonucleic acid
SAR-Co-V-2	Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2
SCUT	Steroids for Corneal Ulcers Trial
SDA	Sabouraud dextrose agar
SGM	Slowly growing <i>mycobacteria</i>
SMILE	Small incision lenticule extraction
TFT	Trifluridine
TPK	Therapeutic penetrating keratoplasty
TEM	Transmission electron microscopy
TK	Tectonic keratoplasty/therapeutic keratoplasty
UVA	Ultraviolet A
V2	Maxillary nerve
V3	Mandibular nerve
VA	Visual acuity
VZV	Varicella-zoster virus
ZEDS	Zoster Eye Disease Study

“กระจกตาอักเสบติดเชื้อ (Infectious keratitis)” เป็นการติดเชื้อที่รุนแรงของดวงตา จากรายงานขององค์การอนามัยโลก การติดเชื้อที่กระจกตาเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของภาวะสายตาสั้นหรือตาบอดถือเป็นโรคระบาดเงียบ (silent epidemic) ในประเทศกำลังพัฒนา และเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นรุนแรง หรือได้รับการรักษาล่าช้า ผลกระทบที่ตามมาไม่เพียงแต่สูญเสียการมองเห็น หากยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและจิตใจของผู้ป่วย

หนังสือ “กระจกตาอักเสบติดเชื้อ” ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับ จักษุแพทย์ แพทย์ทั่วไป แพทย์ประจำบ้าน นักศึกษาแพทย์ บุคลากรทางการแพทย์ และผู้ที่สนใจ โดยเนื้อหาประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานของกระจกตาและดวงตา พยาธิกำเนิด ระบาดวิทยา ลักษณะทางคลินิก แนวทางการวินิจฉัยและการรักษา รวมถึงผลการวิจัยและนวัตกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับ “กระจกตาอักเสบติดเชื้อ” โดยครอบคลุมถึงการติดเชื้อที่พบไม่บ่อยหรือโรคอุบัติใหม่ เพื่อลดข้อผิดพลาดในการรักษาพยาบาล โดยผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาให้อ่านและเข้าใจง่าย มีข้อมูลที่ทันสมัยและสามารถอ้างอิงได้เพื่อให้หนังสือเล่มนี้เกิดประโยชน์ในด้านการศึกษา การดูแลผู้ป่วยแบบบูรณาการ ตลอดจนการป้องกันโรคซึ่งถือเป็นสาเหตุของตาบอดที่ป้องกันได้



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS



9 786163 989109

ราคา 393.- บาท



โครงสร้างและหน้าที่ ของตาภายนอกและกระจกตา

(Structure and Function of the External Eye and Cornea)

พ.ญ. นภาพร ตนานุวัฒน์, พ.บ.

เนื้อหา

- โครงสร้างและหน้าที่ของลูกตาและตาภายนอก
 - เปลือกตา (Eyelids)
 - เยื่อบุตา (Conjunctiva)
 - ตาขาว (Sclera)
 - กระจกตา (Cornea)
 - ลิมบัส (Limbus)
- น้ำตา (Tears)
 - องค์ประกอบ (Tear composition)
 - สภาวะสมดุลของฟิล์มน้ำตา (Tears film homeostasis)
- กลไกป้องกันตนเองของกระจกตาและตาภายนอก

บทนำ

ดวงตาเป็นอวัยวะที่ใช้ในการมองเห็นซึ่งถือเป็นประสาทสัมผัสที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ โดยกลไกการมองเห็นเริ่มต้นจากแสงผ่านเข้ามาทางกระจกตาซึ่งเป็นโครงสร้างด้านหน้าของดวงตา และทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้แสงหักเหผ่านเข้าไปในตา อีกทั้งยังเป็นผนังด้านหน้าของตาที่ปกป้องส่วนด้านในลูกตา ความเข้าใจถึงกายวิภาคสรีรวิทยา และหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของดวงตา รวมถึงโครงสร้างของตาภายนอก ได้แก่ เปลือกตา เยื่อบุตา และชั้นน้ำตา ช่วยให้เข้าใจถึงกลไกการมองเห็น รวมถึงกลไกในการป้องกันอันตรายต่อดวงตาจากการบาดเจ็บ หรือการติดเชื้อที่อาจเกิดกับกระจกตา นำไปสู่โรคกระจกต้ออักเสบติดเชื้อซึ่งอาจรุนแรงถึงขั้นสูญเสียการมองเห็นได้

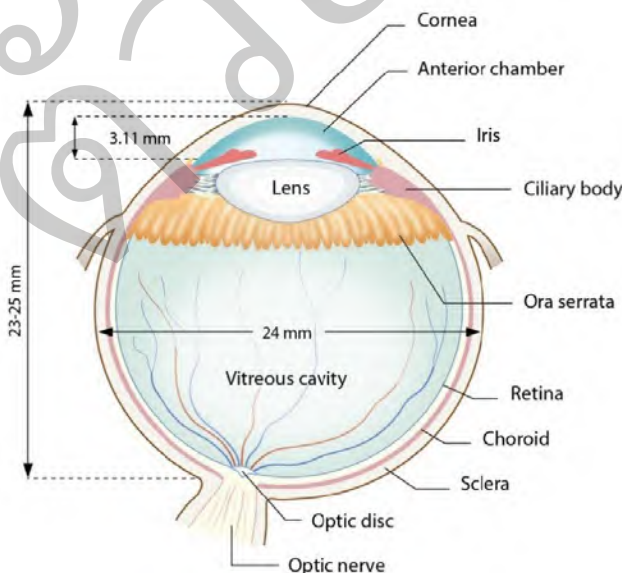


โครงสร้างและหน้าที่ของลูกตาและตาภายนอก

ดวงตาหรือลูกตา (Eye ball) เป็นอวัยวะที่มีรูปร่างทรงกลม (ภาพที่ 1.1) โดยส่วนด้านหน้าสุดเป็น กระจกตา (cornea) ซึ่งเป็นส่วนที่มีลักษณะโค้ง โส รูปร่างวงกลมอยู่ตรงกลาง ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้แสงหักเหผ่านเข้าไปด้านในตา โดยกระจกตามีความโค้งนูนมากกว่าตาขาว (sclera) ทำให้ลูกตาไม่ได้มีรูปร่างทรงกลมที่เท่ากัน ลูกตามีความยาวด้านหน้าถึงด้านหลัง (anteroposterior diameter) ประมาณ 23-25 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง (transverse diameter) ประมาณ 24 มิลลิเมตร

โครงสร้างด้านในลูกตาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (compartments) ได้แก่ 1) ช่องหน้าม่านตา (anterior chamber) 2) ช่องหลังม่านตา (posterior chamber) และ 3) ช่องวุ้นตา (vitreous cavity) ช่องหน้าม่านตาเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างกระจกตาและม่านตา ภายในมีสารน้ำ (aqueous fluid) มีความลึกแตกต่างกันตามช่วงอายุและเชื้อชาติ โดยเฉลี่ยความลึกอยู่ที่ 3.11 มิลลิเมตรช่องหลังม่านตาเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างม่านตาและส่วนหน้าของเลนส์ตาและน้ำวุ้นตา ภายในมี aqueous และมีความจุน้อยกว่าช่องหน้าม่านตา ส่วนช่องวุ้นตาเป็นส่วนที่มีปริมาตรมากที่สุดประมาณ 2 ใน 3 ของความจุของลูกตา (5-6 มิลลิตร) ภายในมีน้ำวุ้นตาที่มีลักษณะเป็นเจลใส

ผนังของลูกตามีสามชั้น ได้แก่ 1) ผนังชั้นนอกสุดประกอบด้วย กระจกตาทางด้านหน้า ส่วนที่เหลือเป็นตาขาว บริเวณรอยต่อระหว่างกระจกตาและตาขาวเรียกว่า ลิมบัส (limbus) 2) ผนังชั้นกลางเป็นเนื้อเยื่อเยื่อวุ้น (uvea) ประกอบด้วย ม่านตา (iris) ซิลิอารีบอดี (ciliary body) และ choroid โดยเป็นชั้นที่มีหลอดเลือดมาเลี้ยงมากเพื่อช่วยให้อาหารแก่ส่วนที่อยู่ด้านใน และ 3) ผนังชั้นในสุดเป็นจอตา (retina) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์รับแสง (photoreceptors) และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ช่วยส่งสัญญาณภาพไปยังระบบประสาทส่วนกลาง



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างของลูกตาแบบตัดขวางในแนวตั้ง
(ในภาพแสดงค่าโดยประมาณของขนาดลูกตาในวัยผู้ใหญ่)

โครงสร้างของตาภายนอก (External eye) ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เปลือกตา เยื่อบุตา และฟิล์มน้ำตา ซึ่งมีความสำคัญต่อดวงตาทั้งในด้านการมองเห็น และช่วยป้องกันอันตรายต่าง ๆ ที่อาจเกิดกับดวงตา

เปลือกตา (Eyelids)

เปลือกตามีหน้าที่สำคัญในการปกป้องดวงตา บริเวณขอบตามีขนตา (eyelashes) ซึ่งช่วยดักสิ่งแปลกปลอมหรือฝุ่นละอองไม่ให้เข้าตา นอกจากนี้ขนตายังเป็นตัวรับความรู้สึกที่กระตุ้นให้มีการหลับตาหรือกระพริบตา พร้อมกับกระตุ้นการหลั่งน้ำตา ในภาวะปกติคนเรามีการกระพริบตาประมาณ 10-15 ครั้งต่อนาที โดยอาจลดลงเหลือ 5 ครั้ง/นาที ในขณะที่ตั้งใจทำงานบางอย่าง เช่น การอ่าน¹

กายวิภาคของเปลือกตา เรียงจากด้านนอกไปด้านใน (ภาพที่ 1.2) ได้ดังนี้

1. ผิวหนัง เป็นส่วนของผิวหนังที่บางที่สุด ประกอบด้วย เส้นขน ต่อมไขมัน (holocrine glands) และต่อมเหงื่อ (eccrine sweat glands) บริเวณขอบเปลือกตาดังกล่าวจะมีต่อมเหงื่อ (apocrine sweat glands) ชื่อ glands of Moll และต่อมไขมัน ชื่อ glands of Zeis

2. ชั้นใต้ผิวหนัง ประกอบด้วย เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ที่อยู่หลวม ๆ เมื่อมีเลือดหรือของเหลวสะสมมักเกิดการบวมได้ง่าย

3. กล้ามเนื้อ Orbicularis เป็นกล้ามเนื้อที่มีใยกล้ามเนื้อ (fiber) เป็นวง ทำหน้าที่ปิดเปิดตา รวมถึงช่วยปัมน้ำตาให้ระบายออกทางระบายน้ำตา โดยมีเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 (Facial nerve) ควบคุมการทำงาน ส่วนหนึ่งของกล้ามเนื้อมีไฟเบอร์ไปยึดที่ขอบเปลือกตาเรียงตัวเป็นแนว gray line เรียกว่า กล้ามเนื้อ Riolan

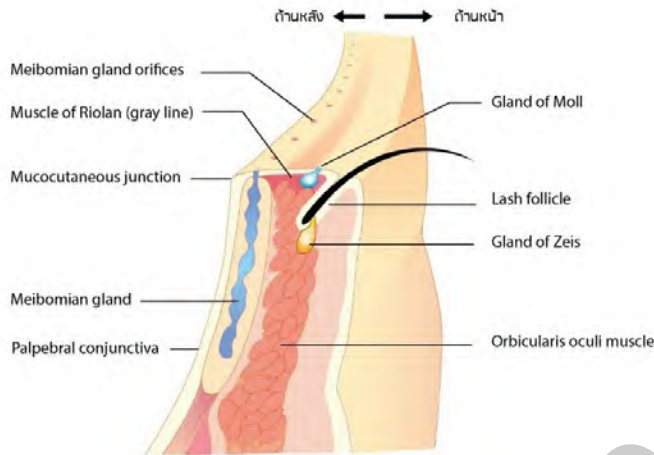
4. กล้ามเนื้อ Levator palpebrae superioris ทำหน้าที่ยกเปลือกตาบน มีใยกล้ามเนื้อไปยึดที่ tarsus และผิวหนังทำให้เกิดชั้นของเปลือกตา (eyelid fold) โดยมีเส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 (Oculomotor nerve) แขนงบน (superior division) ควบคุมการทำงาน

5. กล้ามเนื้อ Müller เป็นกล้ามเนื้อเรียบ อยู่ด้านบนของ tarsus ทำหน้าที่ยกเปลือกตาบน ขึ้นประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ถูกควบคุมโดยเส้นประสาท sympathetic สำหรับเปลือกตาล่างจะมีกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่คล้ายกันเรียกว่า Inferior tarsal muscle

6. Tarsus หรือ tarsal plate เป็น dense connective tissue หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 29 มิลลิเมตร มีทั้งเปลือกตาบนและล่าง โดยด้านบนจะกว้างประมาณ 11 มิลลิเมตร ส่วนด้านล่างกว้างประมาณ 4 มิลลิเมตร ภายในมีต่อมไขมัน Meibomian glands ซึ่งผลิตชั้นไขมัน ซึ่งเป็นชั้นบนสุดของน้ำตา

7. เยื่อบุตาส่วน palpebral ซึ่งต่อมาจากส่วน fornix และส่วน bulbar ที่คลุมลูกตาทางด้านหน้า

ส่วนขอบเปลือกตา (Eyelid margin) ประกอบด้วยขนตาที่เรียงเป็นแถวอยู่ด้านหน้า ถัดเข้าไปเป็นแนว gray line จากนั้นเป็นรูเปิดของต่อมไขมัน Meibomian ซึ่งเรียงเป็นแถวอยู่หน้ารอยต่อของผิวหนังและเยื่อบุตา (mucocutaneous junction) ซึ่งเป็นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเยื่อบุชนิด keratinized squamous epithelium ไปเป็น non-keratinized squamous epithelium²



ภาพที่ 1.2 โครงสร้างบริเวณขอบเปลือกตา

เยื่อบุตา (Conjunctiva)

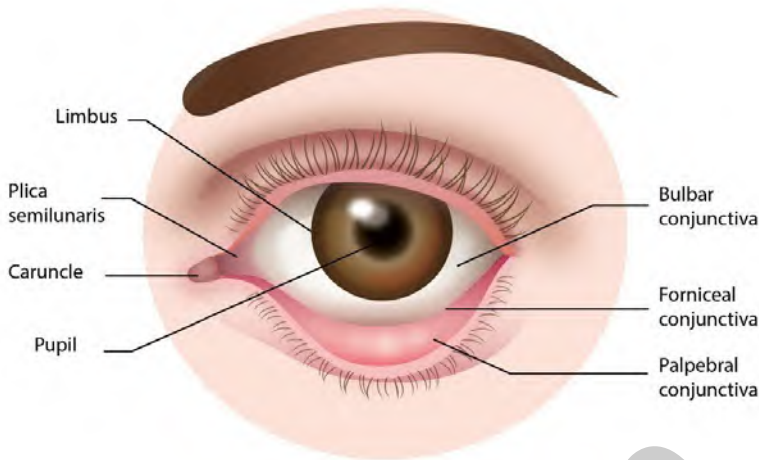
เยื่อบุตาแบ่งออกได้เป็นสามส่วน (ภาพที่ 1.3) ได้แก่

1. **Palpebral หรือ tarsal conjunctiva** เริ่มจาก mucocutaneous junction บริเวณขอบเปลือกตาบนและล่าง ปกคลุมด้านในของเปลือกตา เยื่อบุตาส่วนนี้มีการยึดติดแน่นกับ tarsus
2. **Bulbar conjunctiva** เป็นส่วนที่ปกคลุมส่วนของลูกตาด้านหน้า ยึดติดกับเนื้อเยื่อ tenon ที่อยู่ข้างใต้อย่างหลวม ๆ เยื่อบุตาส่วนนี้ไปยึดติดกับกระจกตาที่บริเวณลิมบัส (limbus)
3. **Forniceal conjunctiva** เป็นส่วนที่รอยต่อระหว่าง bulbar กับ tarsal conjunctiva ที่ปกคลุมบริเวณ fornix

สำหรับ plica semilunaris เป็นเยื่อบุตาที่หนาตัว รูปร่างคล้ายเสี้ยวพระจันทร์อยู่ที่บริเวณด้านในของตา ส่วนมุมในสุดเป็น caruncle มีลักษณะเป็นเนื้อนุ่มและมียอดประกอบหลายอย่าง ได้แก่ goblet cells ขน ต่อมไขมัน และต่อมเหงื่อ

เซลล์เยื่อบุผิวของเยื่อบุตา (Conjunctival epithelium) เป็นเซลล์หลาย ๆ ชั้นและมีลักษณะต่างกันในแต่ละบริเวณ โดยส่วน palpebral จะเป็น cuboidal epithelium ส่วน fornix จะเป็นชนิด columnar epithelium และส่วน bulbar จะเป็น squamous epithelium นอกจากนี้ยังพบ goblet cells กระจายอยู่ทั่ว ๆ ประมาณร้อยละ 10 ของ conjunctival epithelium ถัดจากชั้นเซลล์เยื่อบุเป็นชั้น substantia propria ซึ่งประกอบด้วย connective tissue ที่ยึดกันหลวม ๆ

เลือดที่มาเลี้ยงบริเวณ palpebral conjunctiva มาจากหลอดเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณเปลือกตา ส่วน bulbar conjunctiva มีหลอดเลือดแดง anterior ciliary ซึ่งเป็นแขนงของ Ophthalmic artery โดยหลอดเลือดฝอย (capillaries) ที่บริเวณเยื่อบุตามีลักษณะ fenestrated ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่มีการรั่วของสารน้ำได้ ทำให้เกิดการบวมของเยื่อบุตา (chemosis) หากมีการอักเสบหรือการแพ้^{1,3}



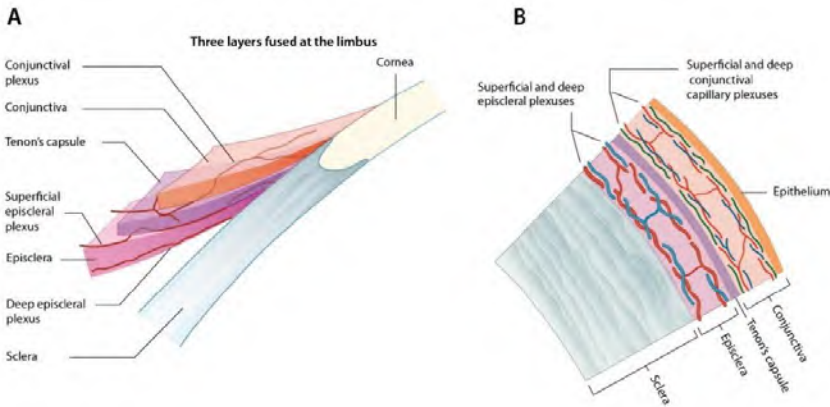
ภาพที่ 1.3 กายวิภาคของเยื่อตา (Conjunctiva)

ตาขาว (Sclera)

เป็นผนังชั้นนอกส่วนใหญ่ของลูกตามีสีขาวที่บอยู่ถัดจากกระจกตา (cornea) ทางด้านหน้าไปจนถึงเส้นประสาทตาทางด้านหลัง โดยตาขาวจะสมานไปกับเยื่อหุ้มเส้นประสาทตา (dura) ตาขาวแบ่งออกได้เป็น สามชั้น เรียงจากด้านนอกไปด้านใน ได้แก่ episcleral, stroma และ lamina fusca ส่วนชั้นโครงของตาขาว (scleral stroma) ประกอบด้วยคอลลาเจนที่มีใยไฟเบอร์ขนาดต่าง ๆ และมีการเรียงตัวหลากหลาย ทำให้ตาขาวมีลักษณะขุ่นขาว ส่วนบางที่สุดของตาขาวอยู่หลังต่อบริเวณที่กล้ามเนื้อตายึดเกาะ (0.3 มิลลิเมตร) และส่วนหนาที่สุดอยู่บริเวณด้านหลังรอบ ๆ เส้นประสาทตา (1 มิลลิเมตร) บริเวณ equator หนาประมาณ 0.4-0.5 มิลลิเมตร ด้านหน้าของตาขาวและกล้ามเนื้อตาถูกปกคลุมด้วยเนื้อเยื่อทีนอน (tenon) โดยมีเยื่อตาอยู่ถัดออกมาทางด้านนอกทั้งเนื้อเยื่อทีนอนและเยื่อตาจะรวมกันบริเวณใกล้ลิมบัส

ตาขาวเป็นเนื้อเยื่อที่ไม่มีเส้นเลือดเช่นเดียวกับกระจกตา ยกเว้นบริเวณใกล้ลิมบัสที่พบหลอดเลือด intrascleral vascular plexus และบริเวณเนื้อเยื่อด้านบนตาขาว (episclera) ที่มีร่างแหของหลอดเลือด แบ่งเป็น superficial episcleral plexus ทางด้านบนใต้เนื้อเยื่อทีนอน เรียงตัวเป็นแนวรัศมี ซึ่งจะขยายตัวหากมีการอักเสบบริเวณดังกล่าว (episcleritis) และ deep episcleral plexus เป็นร่างแหหลอดเลือดที่อยู่บนผิวตาขาว (ภาพที่ 1.4) ซึ่งจะขยายตัวหากมีการอักเสบของตาขาว (scleritis) โดยหลอดเลือดดังกล่าวเป็นแขนงของหลอดเลือดแดง anterior และ posterior ciliary ส่วนเลือดดำระบายออกผ่านทาง vortex veins และมีเส้นประสาทที่รับความรู้สึกผ่านทาง ciliary nerve ซึ่งเป็นแขนงแรกของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 (V1)^{1,4}

ในกรณีที่ลูกตาได้รับบาดเจ็บแบบถูกกระแทก (blunt trauma) ส่วนของ sclera ที่ฉีกขาดได้ง่าย ได้แก่ บริเวณหลังต่อส่วนที่กล้ามเนื้อตาไปยึดซึ่งมีความบางที่สุด และบริเวณลิมบัสเนื่องจากเป็นส่วนรอยต่อของ sclera กับกระจกตา



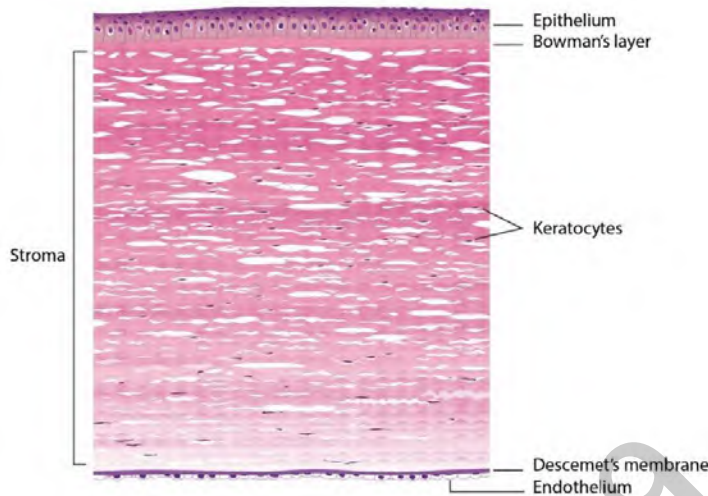
ภาพที่ 1.4 โครงสร้างของตาขาว (sclera) ซึ่งไม่มีหลอดเลือด แต่มีร่างแหหลอดเลือดในชั้น episclera อยู่ด้านบน แบ่งเป็น superficial และ deep episcleral plexuses ในภาพแสดงถึงร่างแหหลอดเลือดและหลอดน้ำเหลือง (สีเขียว) ของชั้นเยื่อตา

กระจกตา (Cornea)

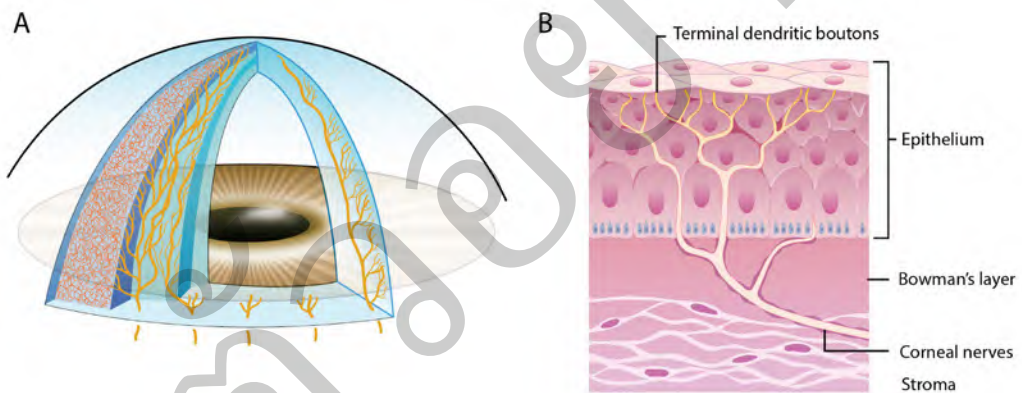
กระจกตาเป็นส่วนด้านหน้าสุดของลูกตา มีรูปร่างกลม ลักษณะโค้งนูนและใส ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้แสงหักเหผ่านเข้าไปในลูกตา โดยมีดัชนีการหักเหแสง 1.376 รัศมีความโค้งประมาณ 7.8 มิลลิเมตร คิดเป็นกำลังในการหักเหแสง 43.25 ไดออปเตอร์ หรือประมาณร้อยละ 74 ของกำลังในการหักเหแสงของลูกตา (58.60 ไดออปเตอร์) โครงสร้างหลักของกระจกตามี 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นเซลล์เยื่อบุผิว (epithelium) ชั้น Bowman ชั้นโครงกระจกตา (stroma) ชั้น Descemet membrane และชั้นเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตา (endothelium) (ภาพที่ 1.5)

ในวัยผู้ใหญ่กระจกตามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในแนวนอนประมาณ 11-12 มิลลิเมตร และในแนวตั้ง 10-11 มิลลิเมตร ทำให้กระจกตามีรูปร่างกลมรีเล็กน้อย ส่วนกลางกระจกตามีความหนาประมาณ 500-600 ไมโครเมตร (0.5-0.6 มิลลิเมตร) ซึ่งจะค่อย ๆ หนามากขึ้นจนถึงบริเวณขอบกระจกตาจะหนาประมาณ 700 ไมโครเมตร (0.7 มิลลิเมตร)

กระจกตาไม่มีหลอดเลือดมาเลี้ยง จึงอาศัยสารอาหาร น้ำตาลกลูโคส และสารอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อเซลล์ผ่านทางสารน้ำในช่องหน้าม่านตา (aqueous humor) และได้รับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในชั้นน้ำตาบนผิวกระจกตา นอกจากนี้กระจกตายังได้รับสารอาหารบางส่วนผ่านจากหลอดเลือดบริเวณลิมบัส กระจกตาดือเป็นส่วนที่มีเส้นประสาทรับความรู้สึกหนาแน่นมากที่สุดส่วนหนึ่งของร่างกาย โดยมากกว่าเยื่อบุตาประมาณ 100 เท่า เส้นประสาทรับความรู้สึกที่กระจกตาเป็นแขนงของเส้นประสาท Long ciliary ที่มาจากเส้นประสาท Ophthalmic (CN V1) ซึ่งเป็นแขนงแรกของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 (Trigeminal nerve) โดยเส้นประสาทกระจกตาจะผ่านเข้าไปในกระจกตาบริเวณลิมบัสส่วนที่ลึกของโครงกระจกตา (corneal stroma) จากนั้นจะแตกเป็นร่างแหประสาทใต้เยื่อบุผิวกระจกตา (subepithelial nerve plexus) (ภาพที่ 1.6)



ภาพที่ 1.5 ลักษณะทางจุลกายวิภาคของกระจกตา จากการย้อมสี Hematoxylin & Eosin (ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.นพ.พงษ์ศักดิ์ มหามานภาพ)



ภาพที่ 1.6 เส้นประสาทกระจกตา ซึ่งผ่านเข้าไปในกระจกตาบริเวณลิมบัส (A) จากนั้นจะแตกแขนงเป็นร่างแหใต้เยื่อบุผิวกระจกตา (B)

รายละเอียดของโครงสร้างชั้นต่าง ๆ ของกระจกตา มีดังนี้

1. ชั้นเซลล์เยื่อบุผิวกระจกตา (Corneal epithelium)

เซลล์เยื่อบุผิวกระจกตามีความหนาประมาณ 40-50 ไมโครเมตร ประกอบด้วยเซลล์ประมาณ 4-6 ชั้น ได้แก่ ชั้นผิวบนสุด 1-2 ชั้น เป็น squamous cells ชั้นกลาง 2-3 ชั้น เป็น wing cells และชั้นล่างสุดเป็น columnar basal cells เซลล์เยื่อบุผิวกระจกตาและชั้นน้ำตาที่เคลือบอยู่จะรวมกันเป็นพื้นผิวรับแสงที่เรียบ (optical smooth surface) มี tight junction ระหว่างเซลล์ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในโครงสร้างกระจกตา เซลล์ต้นกำเนิดของเยื่อบุผิวกระจกตาอยู่ที่บริเวณลิมบัส ซึ่งจะแบ่งตัวและเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์เยื่อบุผิวที่มีขนาดเล็ก ๆ (microvilli) บริเวณผิวซึ่งจะเปลี่ยนผิวเซลล์ที่



ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic epithelial) ให้สามารถอุ้มน้ำได้โดยอาศัยเมือก (mucin) บน microvilli หรือ glycocalyx ที่ยื่นเข้าไปในชั้นน้ำตา ผิวกระจกตามีการผลิตเซลล์โดยเซลล์ด้านบนจะหลุดออกไป ขบวนการสร้างเซลล์ใหม่จนเซลล์หลุดออกไปใช้เวลา 7-14 วัน เซลล์ชั้นล่างสุดจะสร้างชั้นเยื่อฐาน (basement membrane) หนาประมาณ 50 นาโนเมตร ประกอบด้วยคอลลาเจน ชนิดที่ 4 (collagen type IV), laminin และโปรตีนอื่น ๆ ความใสของกระจกตาส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากเซลล์เยื่อบุผิวกระจกตามีการเรียงตัวที่แน่นและเป็นระเบียบ ทำให้เกิดตัวกลางที่มีดัชนีการหักเหแสงคงที่ จึงมีการกระจายของแสงที่ตกกระทบผ่านเข้ามาน้อยมาก

2. ชั้น Bowman (Bowman's layer)

เป็นชั้นถัดจากเซลล์เยื่อบุผิวก่อนถึงชั้นโครงกระจกตา ประกอบด้วยคอลลาเจนที่มีไฟเบอร์เรียงตัวกันอย่างหนาแน่น มีความหนาประมาณ 15 ไมโครเมตร ทำหน้าที่ช่วยคงรูปร่างของกระจกตา หากมีการทำลายจะไม่มีการสร้างตัวใหม่

3. ชั้นโครงกระจกตา (Corneal stroma)

เป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางและเป็นองค์ประกอบหลักของกระจกตา คิดเป็นร้อยละ 90 ของความหนากระจกตา ประกอบไปด้วย เซลล์กระจกตา (keratocytes) เส้นใยคอลลาเจน และ extracellular matrix โดยส่วนหน้าของโครงกระจกตาจะมีความหนาแน่นของ keratocytes และเส้นใยคอลลาเจนที่ประสานกันมากกว่าส่วนหลัง ทำให้โครงกระจกตาด้านหน้ามีความแข็งแรง (tensile strength) มากกว่าด้านหลังประมาณสองเท่า จึงเป็นเหตุผลการผ่าตัดแก้ไขสายตาด้วยเลเซอร์ที่กระจกตา หากยิงเลเซอร์ลงลึกในโครงกระจกตาด้านหลังมากอาจทำให้เกิดภาวะกระจกตาบางและโป่ง (corneal ectasia) ตามมาได้

สำหรับเซลล์ keratocytes พบความหนาแน่นและขนาดที่หลากหลาย แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยของคอลลาเจนและกระจายทั่ว ๆ ในชั้นโครงกระจกตา โดยจำนวนเซลล์ลดลงตามอายุหรือหลังการผ่าตัดแก้ไขสายตาด้วยเลเซอร์ ส่วน extracellular matrix ประกอบด้วยคอลลาเจน (ชนิดที่ 1, 5 และ 6) และ สาร proteoglycans ชนิดหลัก ได้แก่ dermatan sulphate และ keratan sulphate

การเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของเซลล์ keratocytes เส้นใยคอลลาเจน และ extracellular matrix เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กระจกตามีความใส นอกจากนี้ความใสของกระจกตายังขึ้นกับปริมาณน้ำที่เหมาะสมในกระจกตา ที่ประมาณร้อยละ 78 ซึ่งการควบคุมปริมาณน้ำในกระจกตาขึ้นอยู่กับเซลล์เยื่อบุผิวและเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตาที่เรียงตัวอย่างแน่นหนา รวมถึงการทำงานของเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตาที่ทำหน้าที่ดึงน้ำออกจากโครงกระจกตาโดยการถ่ายเทประจุ (ion-transport) ซึ่งอาศัยเอนไซม์หลายอย่าง เช่น Na^+ , K^+ -ATPase

ส่วนที่อยู่สิ้นสุดของโครงกระจกตาเป็นชั้นบาง ๆ ที่ไม่มีเซลล์ อยู่ก่อนถึงชั้น Descemet membrane เรียกว่าชั้น pre-Descemet หรือ Dua layer⁵ ชั้นนี้มีความสำคัญในการผ่าตัดปลูกถ่ายกระจกตาสั้นหน้าเทคนิค deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) เนื่องจากมีความแข็งแรงมากกว่าชั้น Descemet membrane เมื่อฉีดฟองอากาศเข้าไปในโครงกระจกตาระหว่างการผ่าตัด

ทำให้เกิดการแยกชั้นของโครงสร้างกระจกตากับชั้น Dua (big bubble type 1) จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการฉีกขาดน้อยกว่าพองอากาศที่แยกชั้น Descemet membrane (big bubble type 2)

4. ชั้น Descemet (Descemet membrane)

เป็นชั้นเยื่อฐาน (basement membrane) ของเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตา มีองค์ประกอบหลักเป็นคอลลาเจนชนิดที่ 4 (type 4 collagen) เช่นเดียวกับชั้นเยื่อฐานทั่วไป มีความหนาเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยแรกเกิดหนาประมาณ 3 ไมโครเมตร ในวัยผู้ใหญ่หนาประมาณ 10-12 ไมโครเมตร ประกอบด้วยส่วนหน้าซึ่งสร้างตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดาเรียกว่า anterior banded zone และส่วนหลังที่สร้างตลอดชีวิตเรียกว่า posterior nonbanded zone บริเวณขอบของ Descemet membrane ก่อนถึง trabecular meshwork เรียกว่า Schwalbe line ซึ่งเป็นส่วนอ้างอิงที่สำคัญในการตรวจมุมตา (gonioscopy)

ที่บริเวณขอบนอกของกระจกตา (peripheral cornea) อาจพบการยื่นออกมาของ Descemet membrane ที่ชั้นเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตา เรียกว่า “Hassall- Henle warts” มักพบในคนสูงอายุ ถือเป็นความเสื่อมตามวัย หากเกิดบริเวณตรงกลางจะเรียกว่า “corneal guttae”

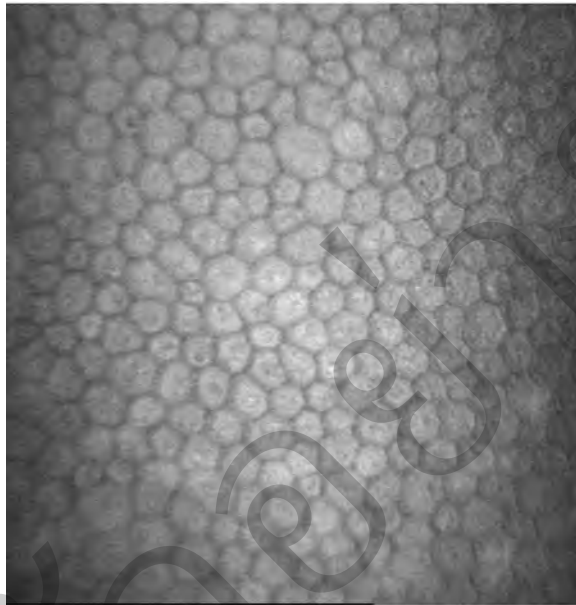
5. ชั้นเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตา (Corneal endothelium)

เป็นชั้นที่อยู่ด้านหลังสุดของกระจกตาประกอบด้วย เซลล์ชั้นเดียวรูปร่างหกเหลี่ยมที่เรียงตัวคล้ายกระเบื้องปูผนัง (mosaic pattern) (ภาพที่ 1.7) เซลล์ endothelium มีความสำคัญในการคงความใสของกระจกตา โดยทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำในกระจกตาไม่ให้มากเกินไป โดยกั้นไม่ให้ aqueous ในห้องหน้าผ่านตาผ่านเข้าไปในกระจกตาได้ง่ายและช่วยปั้มน้ำออกจากกระจกตาโดยขบวนการออสโมซิสซึ่งอาศัยการเคลื่อนประจุทำให้มีการดึงน้ำออกจากกระจกตาเข้าไปในห้องหน้าตา ในขณะเดียวกันก็ยอมให้สารอาหารจาก aqueous ผ่านเข้าไปในกระจกตาได้

เมื่อเกิดการบาดเจ็บหรือการทำลายของ endothelium เซลล์ที่อยู่ข้าง ๆ จะมีการขยายตัวแล้วเคลื่อนตัวมาปิดบริเวณที่เซลล์หายไป เชื่อกันว่าเซลล์ endothelium ไม่สามารถแบ่งตัวได้ อย่างไรก็ตามมีหลักฐานบางอย่างที่แสดงว่าเซลล์ที่อยู่บริเวณขอบ ๆ อาจมีความสามารถในการแบ่งตัวและเคลื่อนตัวมาที่ส่วนกลาง จากการศึกษาพบว่ายาในกลุ่ม Rho kinase inhibitors สามารถกระตุ้นการเจริญของ endothelial cells ได้⁶⁻⁸

การตรวจลักษณะของ endothelial cells อาศัยเครื่องมือเรียกว่า specular microscope ซึ่งสามารถประเมินความหนาแน่น รูปร่างและขนาดของ endothelial cells ได้ ความหนาแน่นของเซลล์ (cell density, CD) จะลดลงตามอายุเฉลี่ยประมาณร้อยละ 0.6 ต่อปี ภาวะปกติความหนาแน่นของเซลล์หรือ CD อยู่ที่ 2,000-3,000 เซลล์/ตารางมิลลิเมตร ในคนอายุ 15 ปี มีค่า CD ประมาณ 3,500 เซลล์/ตารางมิลลิเมตร ส่วนในคนอายุ 85 ปี CD จะลดลงเหลือประมาณ 2,300 เซลล์/ตารางมิลลิเมตร นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ ที่มีความสำคัญและบ่งบอกถึงสุขภาพของ endothelial cells ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ของความหลากหลายในขนาดของเซลล์ (coefficient of variation in average cell size, CV) ขนาดของเซลล์ (cell area, CA) และจำนวนเซลล์รูปร่าง

หกเหลี่ยม (hexagonality) โดยค่าปกติแสดงในตารางที่ 1 หากค่าเหล่านี้ผิดปกติ (ภาพที่ 1.8) จะช่วยพยากรณ์ถึงโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดภาวะกระจกตาบวมน้ำ (corneal decompensation) ได้แก่ 1) กรณีที่เซลล์มีขนาดหลากหลาย ($CV > 40\%$) หรือภาวะ “polymegethism” 2) กรณีที่เซลล์มีรูปร่างหลากหลาย (hexagonality $< 50\%$) หรือภาวะ “polymorphism” 3) หากค่า CD น้อยกว่า 500 เซลล์/ตารางมิลลิเมตร และ 4) หากทำผ่าตัดตาแบบ intraocular surgery ในผู้ป่วยที่กระจกตามีค่า CD น้อยกว่า 1,000 เซลล์/ตารางมิลลิเมตร¹



ภาพที่ 1.7 Corneal endothelial cells เป็นเซลล์ชั้นเดียวรูปร่างหกเหลี่ยมเรียงตัวเป็น mosaic pattern (ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิด confocal)

ตารางที่ 1.1 ตัวชี้วัดของเซลล์เยื่อบุโพรงกระจกตา

ลักษณะของเซลล์ endothelium	ค่าปกติ*
ความหนาแน่นของเซลล์ (Cell density, CD)	2400 (1500-3500) เซลล์/ตารางมิลลิเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ของความหลากหลายในขนาดของเซลล์ (Coefficient of variation in average cell size, CV)	น้อยกว่า 0.30
ขนาดของเซลล์ (Cell area, CA)	150-350 ตารางไมโครเมตร
จำนวนเซลล์รูปร่างหกเหลี่ยม (Hexagonality)	ร้อยละ 100

* American Academy of Ophthalmology Basic and Clinical Science Course Subcommittee. Examination of the external eye and cornea. In: Feder RS, editor. 2022-2023 Basic and clinical science course, Section 8: External disease and cornea. San Francisco, CA: American Academy of Ophthalmology; 2022. p. 40-1.