

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาสัตวศาสตร์เกษตรศาสตร์

วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



14 ต.ค. 2521

การส่งเส้นประสาทจากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อสมองส่วนนอก  
จาก GANGLION CELLS ของ RETINA และจากเซลล์ ชั้นต่าง ๆ  
ของสมองส่วน SUPERIOR COLLICULUS.

โดย

จิตร ชีตธอน

ราตรี วงศ์ลอกไม้

สุวิมล วรรณะแพทย์

สุวิทย์ วรรณะแพทย์

จำนวน ๒๕๐๗

ที่  
ที่ ๑๕  
๐๐๐๐๖



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่ <sup>จพ</sup> ๗ 15  
เลขทะเบียน ๐๐๐๐๘๓  
วัน, เดือน, ปี 14 มีฯ ๒๕๓1

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย

การส่งเส้นประสาทจากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก  
จาก GANGLION CELLS ของ RETINA และจากเซลล์ชั้นต่าง ๆ  
ของสมองส่วน SUPERIOR COLLICULUS.

โดย

จิตร สิทธีอมร

ราตรี วงศ์คอกไม้

สัจฉิ์ พรรชนะแพทย

สุทิพย์ พรรชนะแพทย

ตุลาคม ๒๕๑๘

สถาบันวิจัยประชากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนจาก เงินทุนวิจัยรัชดาภิเษก  
สมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ  
ปีการศึกษา ๒๕๑๘

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์นายแพทย์สมศักดิ์ เตชะไฉศยะ  
และศาสตราจารย์นายแพทย์บุญฤทธิ์ กาญจนะโกติน ที่กรุณาให้ยืม  
ส่วนประกอบของเครื่องตัด frozen section ที่ใช้ในการวิจัยนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย การส่งเส้นประสาทจากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหมสมองส่วนนอก จาก ganglion cells ของ retina และจากเซลล์ชั้นต่าง ๆ ของสมองส่วน superior colliculus.

ชื่อผู้วิจัย จิตร สิทธีอมร, ราตรีวงศ์คอกไม้, สุจินต์ พรพรชนะแพทย และ สหิพย พรพรชนะแพทย

เดือนและปีที่ทำวิจัยเสร็จ ตุลาคม ๒๕๑๘

### บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษการส่งเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นผิวและเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ในสุนัข ๒๐ ตัว โดยแทงขั้วไฟฟ้าขนาดเล็ก (micro-electrode) เข้าไปยังเซลล์ชั้นต่าง ๆ โดยใช้การวัด action potential ช่วยในการบอกตำแหน่งที่ขั้วไฟฟ้าไปถึง เมื่อปลาย electrode ถึงบริเวณที่ต้องการแล้ว ได้ทำลายเซลล์เหล่านั้นด้วยกระแสไฟตรงจำนวนที่เหมาะสม หลังจากนั้นก็ทิ้งให้สัตว์ทดลองมีชีวิตประมาณ ๘ - ๑๐ วัน แล้ว perfuse สมองด้วย neutral formalin ภายใต้ความดัน นำสมองที่ได้มาตัด frozen section หนา ๕๐ micra ใน plane ต่าง ๆ กัน แล้วย้อม section ที่โคควยสี Fink-Heimer หรือ cresyl violet section สลับ section. พบว่าเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปยัง pretectal nucleus, lateral geniculate nucleus และ pulvinal ส่วนเซลล์ชั้นลึกส่งเส้นประสาทไปยัง inferior colliculus, medial geniculate nucleus, midbrain and pontine reticular formation. สรุปได้ว่าเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus มีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบตา ส่วนเซลล์ชั้นลึกมีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ หลาย ๆ ระบบรวมทั้ง motor (somatic and autonomic) system ด้วย.

ก่อนการศึกษาการส่งเส้นประสาทใน superior colliculus ได้ทำการศึกษาอัตราการสลายตัวของเส้นประสาทเมื่อทำลาย retina และบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหมสมองส่วนนอกในสุนัข ๒๐ ตัว เพื่อหาข้อมูลสำหรับเลือก survival time ที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาใน superior colliculus.



สารบัญ

หน้า

บทนำ	๑
วัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย	๒
๑. ศึกษาเพื่อหาอัตราการสลายตัวของเส้นประสาทในสุนัข	๓
๒. ศึกษาเพื่อดูการส่งเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นผิวและเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus	๔
ผลของการวิจัย	
๑. อัตราการสลายตัวของเส้นประสาทระบบตาสุนัข	๖
๒. การส่งเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นผิวและเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus	๑๕
การอภิปรายผล	
๑. เวลาที่เส้นประสาทเริ่มสลายตัวเมื่อเซลล์ถูกทำลาย	๒๑
๒. อัตราการสลายตัวชนิด antegrade	๒๒
๓. การสลายตัวชนิด antegrade และ retrograde	๒๓
๔. การส่งเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นผิวและเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus	๒๕
ข้อสรุป	๒๘
บรรณานุกรม	๓๐

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายการตารางประกอบ

- |             | หน้า   |        |
|-------------|--|--------|
| ตารางที่ ๑. | แสดงดัชนีที่ใช้ในการผ่าตัดทำลายบริเวณ ๑๗ ของ<br>เนื้องอกสมองส่วนนอก                      | ๑๓     |
| ตารางที่ ๒. | แสดงตำแหน่งของกลุ่มเซลล์ที่ถูกทำลาย และตำแหน่ง<br>สมองบริเวณที่พบการสลายตัวของเส้นประสาท | ๑๖, ๑๗ |



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการภาพประกอบ



รูปที่ ๑.	แสดงวิธีการแทง microelectrode	๕
รูปที่ ๒ และ ๓.	แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus และ superior colliculus ๔ วันหลังผ่าตัดตา	๗
รูปที่ ๔ และ ๕.	แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus และ superior colliculus ๕ วันหลังผ่าตัดตา	๗
รูปที่ ๖.	แสดงการสลายตัวใน superior colliculus ๗ วันหลังผ่าตัดตา	๗
รูปที่ ๗.	แสดงการสลายตัวใน dorsal lateral geniculate nucleus ๗ วันหลังผ่าตัดตา	๗
รูปที่ ๘.	แสดงการสลายตัวใน lateral geniculate nucleus ๘ วันหลังผ่าตัดตา	๘
รูปที่ ๙.	แสดงการรวมกลุ่มของเส้นประสาทที่สลายตัวใน lateral geniculate nucleus ๘ วันหลังผ่าตัดตา	๘
รูปที่ ๑๐ และ ๑๑.	แสดงการสลายตัวใน lateral geniculate nucleus ๑๐ และ ๑๔ วันหลังผ่าตัดตา	๘
รูปที่ ๑๒.	แสดงการสลายตัวใน superior colliculus ๘ วันหลังผ่าตัดตา	๘
รูปที่ ๑๓ และ ๑๔.	แสดงการสลายตัวใน superior colliculus ๑๑ และ ๑๔ วันหลังผ่าตัดตา	๑๐
รูปที่ ๑๕.	แสดงตำแหน่งบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกที่ถูกทำลาย	๑๐
รูปที่ ๑๖.	แสดงการสลายตัวของลำประสาทตา lateral ของ lateral geniculate nucleus ๘ วันหลังผ่าตัดตา	๑๑

- รูปที่ ๑๗. แสดงเส้นประสาททางคาน medial ของ lateral geniculate nucleus . เมื่อ retina ถูกทำลาย ๑๑
- รูปที่ ๑๘. แสดงแนวทางเดินของเส้นประสาทที่เข้า lateral geniculate nucleus ทาง medial ๑๑
- รูปที่ ๑๙. แสดงลำประสาท A ที่เข้าสู่ lateral geniculate nucleus ๑๑
- รูปที่ ๒๐. แสดงการเรียงตัวของเส้นประสาท A และ B ใน lateral geniculate nucleus. ๑๑
- รูปที่ ๒๑. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทที่อยู่คาน medial ของ lateral geniculate nucleus ๑๑
- รูปที่ ๒๒. แสดงลักษณะของเส้นประสาทปกติที่อยู่ทางคาน medial ของ lateral geniculate nucleus ๑๘
- รูปที่ ๒๓. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus ๘ วันหลังการทำลายบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมอง ๑๘
- รูปที่ ๒๔. แสดงลักษณะของ lateral geniculate nucleus ของสัตว์ที่บริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายไปแล้ว ๑๓ วัน ๑๘
- รูปที่ ๒๕. ภาพแสดงการเริ่มสลายตัวของเส้นประสาทกลุ่ม B โดยที่เส้นประสาทกลุ่ม A ยังคงอยู่ ๑๘
- รูปที่ ๒๖. แสดงลักษณะ Nissl substance ใน lateral geniculate nucleus ของสัตว์ที่ผ่าตัดบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกมาแล้ว ๕ วัน. ๑๘
- รูปที่ ๒๗. แสดงลักษณะ chromatolysis ใน lateral geniculate nucleus ในสัตว์ที่ทดลองที่บริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายไปแล้ว ๘ วัน ๑๘

- รูปที่ ๒๘. แสดงลักษณะเซลล์ใน lateral geniculate nucleus ในสัตว์ทดลองที่บริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายไปแล้ว ๘ วัน ๑๘
- รูปที่ ๒๙. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาททาง medial ของ lateral geniculate nucleus ๑๓ วันหลังจากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลาย ๑๘
- รูปที่ ๓๐. แสดงตัวอย่างขนาดบริเวณเซลล์ส่วนผิวของ superior colliculus ที่ถูกทำลาย ๑๘
- รูปที่ ๓๑. ภาพวาดจาก frontal section จริงที่ตัดผ่าน posterior thalamus และ mesencephalon ๑๙
- รูปที่ ๓๒. ภาพวาดจาก frontal section จริงที่ตัดผ่าน posterior thalamus, mesencephalon และ pons ๑๙
- รูปที่ ๓๓. แสดงเส้นประสาทปกติใน lateral geniculate nucleus บริเวณที่ไม่พบการสลายตัว ๒๐
- รูปที่ ๓๔. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus เมื่อเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ถูกทำลาย ๒๑
- รูปที่ ๓๕. แสดงเส้นประสาทปกติใน pulvinar ๒๑
- รูปที่ ๓๖. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน pulvinar ๒๑
- รูปที่ ๓๗. แสดงเส้นประสาทปกติใน pontine reticular formation ๒๑
- รูปที่ ๓๘. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน pontine reticular formation เมื่อเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ถูกทำลาย ๒๑

## บทนำ

ใน submammalian vertebrate, superior colliculus หรือที่เรียกว่า tectum เป็นศูนย์กลางใหญ่ของระบบตา (๗, ๘, ๓๓). สำหรับ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (mammals) มีการเจริญของ lateral geniculate nucleus และ visual cortex มาเป็นศูนย์กลางรับภาพแทน (๑๓, ๓๓) ตามความเชื่อ ของ Sherrington (๔๐), superior colliculus ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นเพียง reflex center ของระบบประสาทตาเท่านั้น. ในปัจจุบัน, ความ เชื่อดังกล่าวต้องได้รับการแก้ไข ทั้งนี้เพราะมีหลักฐานมากมายที่บ่งว่า ถ้าทำลาย superior colliculus ในสัตว์ทดลอง, สัตว์นั้นจะสูญเสียความสามารถในการแปลความหมายภาพ และไม่สามารถบอกตำแหน่งของสิ่งกระตุ้นจากสภาพ แวดล้อมที่มีต่อระบบตา (๑๒, ๔๑, ๓๔) ไม่ใช่สูญเสียเฉพาะการตอบสนองแบบ อัตโนมัตินี้ (reflex) ที่มีต่อระบบตาอย่างเดียว.

นอกจากนี้มีหลักฐานทั้งทางกายภาพและทางสรีรวิทยาว่า ระบบประสาท อื่นที่ไม่ใช่ระบบประสาทตา เช่น ระบบประสาทหู และระบบประสาทสัมผัส ส่ง ปลายประสาทไปสิ้นสุดที่ superior colliculus และเซลล์ใน superior colliculus เป็นจำนวนมาก สามารถเกิดกระแสไฟฟ้าขณะทำงาน (action potential) เมื่อกระตุ้นประสาทหูหรือประสาทสัมผัสได้ (๓๑, ๑๖, ๔๕, ๔๘).

Superior colliculus ส่งปลายประสาทไปตามสวนทาง ๆ ของ สมอง ทั้งส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบตา และระบบอื่นที่ไม่ใช่ระบบตา (๑). อย่างไรก็ตาม, ในการศึกษาดังกล่าว, ผู้ศึกษาได้ทำลาย superior colliculus อย่างกว้างขวาง (ทำลายเซลล์ทุกชั้น) จึงไม่สามารถแยกการ ส่งเซลล์ประสาทจาก superior colliculus ไปยังสมองส่วนอื่นให้ละเอียด ลงไป มีการศึกษาในกระต่าย (๒๒) เพียงอันเดียวเท่านั้นที่บ่งว่าเซลล์ชั้นผิวและ เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus มีการส่งเส้นประสาทไปมีอิทธิพล

การทำงานของสมองแตกต่างกัน การศึกษาอื่นในทำนองเดียวกันในแมว (๑๘) ให้ผลสับสนและไม่สามารถยืนยันข้อค้นพบดังกล่าว.

ในเมื่อมีผู้พบว่า retina และ visual cortex ส่งปลายประสาทมาสิ้นสุดที่เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus (stratum zonale, stratum griseum superficiale, stratum opticum) เท่านั้น (๑๖, ๒๘, ๔๔ ภาลา) ซึ่งตรงกับข้อมูลทางสรีรวิทยาที่พบว่า เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ตอบสนองต่อการกระตุ้นตาเท่านั้น (๑๘); ก็น่าจะศึกษาว่า เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus เหล่านี้ ส่งเส้นประสาทไปมีอิทธิพลต่อส่วนสมองที่เกี่ยวข้องกับระบบตาเท่านั้นหรือไม่ ในทางตรงกันข้ามในเมื่อมีหลักฐานยืนยันว่า เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ใ้รับเส้นประสาทและตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่กระทำต่อระบบหู, ระบบสัมผัส และระบบตา (๑๑, ๔๘, ๓๘ ภาลา) ก็ น่าจะมีการศึกษาว่า การส่งเซลล์ประสาทเหล่านี้ไปยังส่วนสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบต่าง ๆ หลาย ๆ ระบบหรือไม่ คณะผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยเพื่อตอบคำถามดังกล่าว.

### วัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย

คณะผู้วิจัยชี้ให้เห็นว่า เมื่อมีการทำลายเซลล์, เส้นประสาท (axons) ที่ออกจากเซลล์นั้น ๆ จะมีอาการสลายตัวชนิด Wallerian degeneration ในทำนองคล้ายคลึงกัน, การทำลาย axon ส่วนปลายย่อมมีผลทำให้ cell body และ axon ส่วนต้นที่ติดกับมันเปลี่ยนแปลงด้วย (retrograde degeneration) เราสามารถยอมสืบทอดการสลายตัวเหล่านั้นได้ (๑๕, ๓๔) การติดตามการสลายตัวของเส้นประสาทดังกล่าวไปยังสมองส่วนต่าง ๆ สามารถใช้เป็นเครื่องบ่งชี้การส่งเส้นประสาทจากเซลล์ที่ถูกทำลายไปยังสมองส่วนนั้น ๆ ได้ คณะผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาเป็น ๒ ตอน ดังนี้



๑. ศึกษาเพื่อหาอัตราการสลายตัวของเส้นประสาทในสุนัข เนื่องจากเส้นประสาทขนาดต่าง ๆ สลายตัวไม่พร้อมกัน (๑๐, ๑๑, ๒๐, ๒๑, ๒๔, ๒๕) จึงจำเป็นที่จะต้องทดสอบก่อนว่าระบบตาของสุนัขมีอัตราการสลายตัวขนาดที่ทำให้คิดได้แน่นอนเท่าไร

ในการศึกษาการสลายตัวของเส้นประสาทจาก ganglion cells ของ retina และจากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก (area ๑๗) คณะผู้วิจัยได้ทำการผ่าตัด retina ของสุนัข ๑๑ ตัว และทำลาย area ๑๗ ในสุนัข ๕ ตัว สุนัขที่ใช้เป็นสุนัขไทยทั้งสองเพศ หนักประมาณ ๑๐ - ๑๖ กิโลกรัม ต่อมารักษาด้วยวิธีให้สลัดน้ำตาในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ ๔ - ๑๔ วัน เมื่อครบกำหนดที่ต้องการให้สลัดน้ำตาดำรงมีชีวิตอยู่ ก็จะ perfuse สมองสลัดน้ำตาดำรงด้วย ๑๐ % neutral formalin ภายใต้ความดันเข้าทาง common carotid artery. นำสมองที่ได้มาตัด frozen section หนา ๕๐ micra ใน plane ต่าง ๆ กัน คือ frontal, parasagittal และ horizontal. ย้อม sections ที่ตัดได้ด้วยสี cresyl violet (สำหรับดูเซลล์) หรือสี Fink-Heimer (สำหรับดูการสลายตัวของเส้นประสาท). Section ที่ย้อมเพื่อการสลายตัวของเส้นประสาท ถูกนำมาทำให้สีจางลง โดยใช้สารละลาย ๑ % potassium ferricyanide.

ในการดูอัตราการสลายตัวชนิด antegrade ของเส้นประสาทขนาดต่าง ๆ คณะผู้วิจัยได้เปรียบเทียบความหนาแน่นของการสลายตัวของเส้นประสาทจาก retina ที่ไปยัง lateral geniculate nucleus และไปยัง superior colliculus สำหรับการศึกษ้อัตราการสลายตัวชนิด antegrade และ retrograde คณะผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการสลายตัวของ corticogeniculate และ geniculocortical axons เมื่อบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลาย.

๒. ศึกษาเพื่อการศึกษาเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นผิวและเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus (โปรคคูปที่ ๑ ประกอบ) ได้ทำการทดลองในสุนัข ๒๐ ตัว  
 โดยผ่าตัดเปิดกระโหลกศีรษะและเยื่อหุ้มสมอง แล้วนำ microelectrode มุ่ง  
 เข้าไปใน superior colliculus โดยใช้เครื่อง stereotaxic apparatus  
 และใช้สัญญาณไฟฟ้าจากเซลล์ประสาทเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าปลาย microelectrode  
 อยู่ที่ใด สัญญาณไฟฟ้าจากเซลล์ประสาทเหล่านี้ได้ถูกกรอง ขยาย แสดง และบันทึก  
 โดย preamplifier (Grass Inc. Model P9B), Dual-Beam Oscilloscope  
 (Tektronic ชนิด ๕๐๒) และเทปบันทึกเสียง (3M Revere-Wollensak Division).

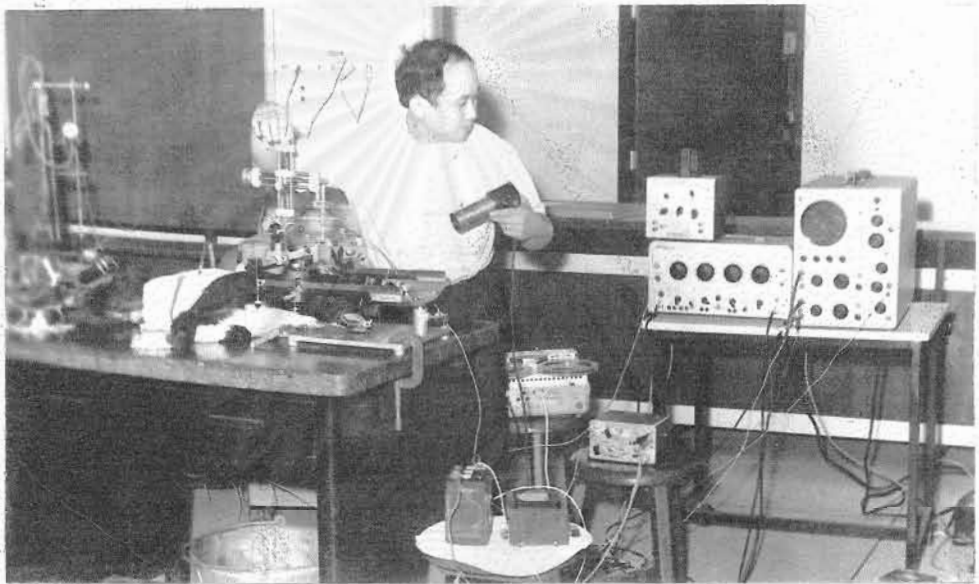
ในสัตว์ทดลองบางตัว, เมื่อปลาย microelectrode อยู่ที่เซลล์ชั้นผิวของ  
 colliculus มักจะได้รับการตอบสนองต่อการกระตุ้น retina ในกรณีที่ต้องการ  
 ให้ปลาย microelectrode อยู่ที่เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus  
 คณะผู้วิจัยก็จะเลื่อนปลาย microelectrode ลงไปอีกประมาณ ๑/๔ มิลลิเมตร  
 เมื่อคิดว่าปลาย microelectrode อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ก็จะผ่านกระแส  
 ไฟฟ้าขนาด ๓๐ microampère / ๒๐ วินาที ถึง ๕,๐๐๐ microampère / ๑๐  
 วินาที เพื่อทำลายเซลล์ที่อยู่บริเวณปลาย microelectrode. สุนัขที่ได้รับการ  
 ผ่าตัดจะมีชีวิตอยู่หลังผ่าตัด ๘ - ๑๐ วัน เพื่อให้เส้นประสาทจากเซลล์ประสาท  
 ที่ถูกทำลายสลายตัวพอเหมาะ (ข้อมูลนี้ได้จากผลการทดลองในขั้นตอนที่ ๑) เมื่อ  
 ครบกำหนดก็ perfuse สัตว์ทดลอง นำสมองมาตัด frozen section และยอม  
 คุกการสลายตัวของเส้นประสาท และดูตำแหน่งสมองที่ถูกทำลาย เหมือนที่กล่าวไว้  
 ในขั้นตอนที่ ๑ แล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑ แสดงวิธีการแทง microelectrode สู่มวลเซลล์ประสาท และเซลล์ประสาท  
ของ superior colliculus เมื่อ microelectrode ถึง  
เซลล์ประสาทของ superior colliculus ผู้ทดลองกระตุ้น  
retina จะได้ action potential ตอบสนองต่อการกระตุ้นนั้น.  
Action potential จะถูกขยาย และกรองโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์  
ทำให้เราสามารถเห็นและได้ยินการตอบสนองนั้น ๆ ได้.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ผลของการวิจัย

### ๑. อัตราการสลายตัวของเส้นประสาทระบบตาสุนัข

๑.๑ อัตราการสลายตัวชนิด antegrade. คณะผู้วิจัยสามารถพบการสลายตัวน้อย ๆ ใน superior colliculus และ lateral geniculate nucleus ๔ วัน หลังการทำลาย retinal ganglion cell พบว่า axons ของ ganglion cell ส่วนมากมีลักษณะพองออก มีเพียงจำนวนน้อยที่แตกออกเป็นท่อนเล็ก ๆ ดังแสดงในรูปที่ ๒ และ ๓ การสลายตัวของ axons ที่ไปยัง superior colliculus จะมีมากกว่าที่พบได้ใน lateral geniculate nucleus โดยสังเกตได้จากว่าจำนวนเส้นประสาทที่พองและแตกออกมีมากกว่า

ในสัตว์ทดลองที่มีชีวิตอยู่ ๕ วันหลังการทำลาย retinal ganglion cells จะพบลักษณะการสลายตัวที่ชัดเจนขึ้น ดังที่เห็นในรูปที่ ๔ และ ๕ ว่าเส้นประสาทมีการแตกตัวมากขึ้น ความแตกต่างของแบบแผนการสลายตัวระหว่าง lateral geniculate nucleus และ superior colliculus ไม่เด่นชัดนักในระยะนี้

๗ วันหลังการผ่าตัดตา, มีการสลายตัวของเส้นประสาทเต็มที่ใน superior colliculus (รูปที่ ๖) ในขณะที่การสลายตัวใน lateral geniculate nucleus ไม่น่าเห็นเท่า (รูปที่ ๗) การสลายตัวใน lateral geniculate nucleus จะหนาแน่นมากในวันที่ ๕ หลังการผ่าตัด. ในระยะนี้เส้นประสาทจะแตกตัวออกเป็นท่อนเล็ก ๆ เต็มไปหมด จนกระทั่งว่าแม้จะใช้กำลังขยายน้อย ๆ จากกล้องจุลทรรศน์ ก็ยังสามารถเห็นแนวการสลายตัวได้ชัดเจน (รูปที่ ๘) การสลายตัวใน lateral geniculate nucleus ยังคงความหนาแน่นอยู่ในวันที่ ๑๑ และ ๑๔ หลังการผ่าตัด (รูปที่ ๑๐ และ ๑๑) ในทางตรงกันข้าม, ในวันที่ ๕ หลังการผ่าตัดตา การสลายตัวใน superior colliculus ที่สามารถย้อมติดสีได้นั้นเจือจางมาก (รูปที่ ๑๒) จนกระทั่งวันที่ ๑๑ และ

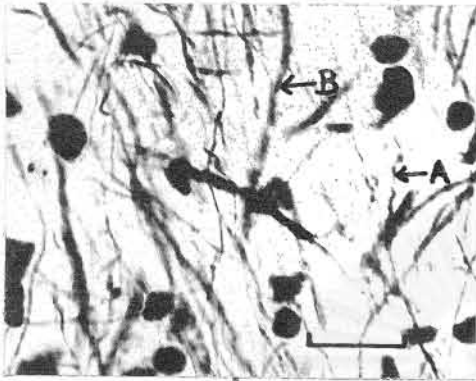


รูปที่ ๒ และ ๓. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus และ superior colliculus ตามลำดับ. Survival time หลังผ่าตัด ๔ วัน. โปรดสังเกตว่า เส้นประสาททางเส้น (A) พองออกมีลักษณะคล้ายลูกปัด ในขณะที่เส้นประสาทอื่น (B) แยกเป็นท่อนเล็ก ๆ. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.

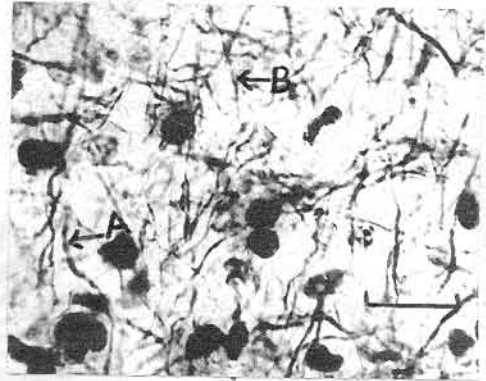
รูปที่ ๔ และ ๕ แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus และ superior colliculus ตามลำดับ. Survival time หลังผ่าตัด ๕ วัน. พบการพองและแตกเป็นท่อนเล็ก ๆ มากกว่าที่แสดงในรูปที่ ๑ และ ๒. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.

รูปที่ ๖. แสดงการสลายตัวใน superior colliculus ๗ วันหลังการทำลาย retina. พบการสลายตัวหนาแน่นมากทั้ๆ ไป. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.

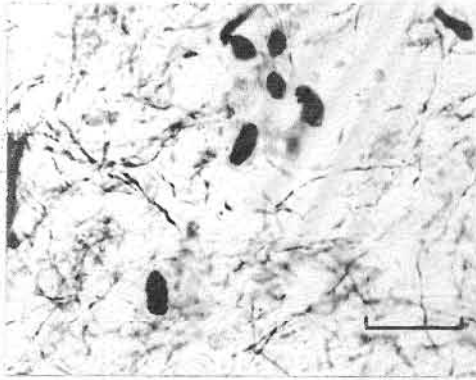
รูปที่ ๗. แสดงการสลายตัวใน dorsal lateral geniculate nucleus ๗ วันหลังการทำลาย retina. ปริมาณการสลายตัวที่พบน้อยกว่าในรูปที่ ๖ มาก. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.



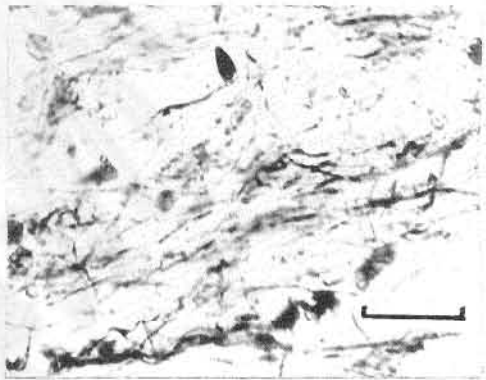
รูปที่ ๒



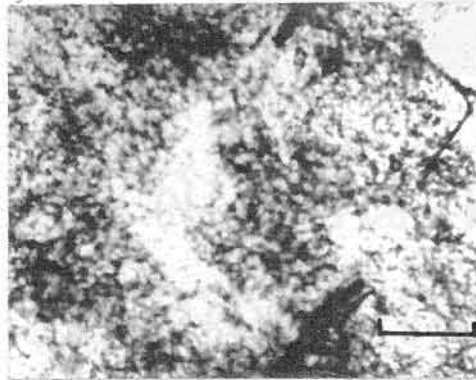
รูปที่ ๓



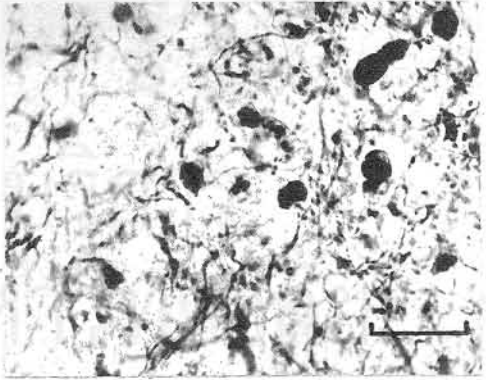
รูปที่ ๔



รูปที่ ๕



รูปที่ ๖



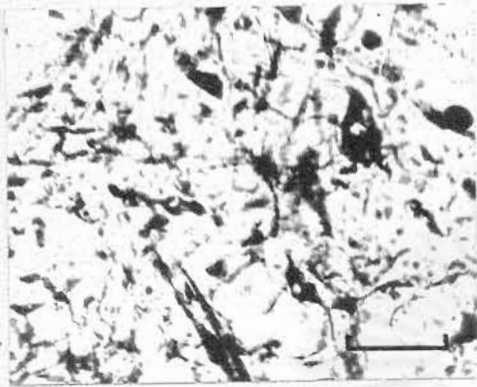
รูปที่ ๗

รูปที่ ๘. แสดงการสลายตัวใน lateral geniculate nucleus ๘ วัน  
หลังการทำลาย retina. โปรดสังเกตุว่าเส้นประสาทแตกออกเป็น  
ท่อน ๆ จนหมด. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.

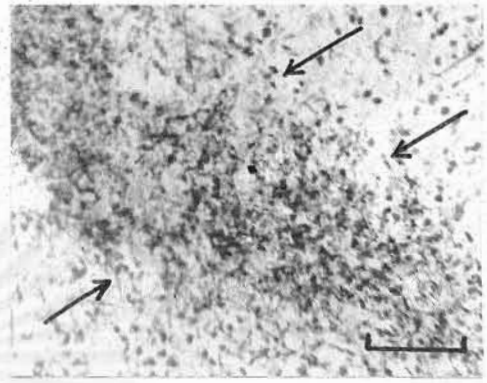
รูปที่ ๙. แสดงการรวมกลุ่มของเส้นประสาทที่สลายตัวใน lateral  
geniculate nucleus ๘ วันหลังผ่าตัดตา. เส้นประสาทที่สลาย  
ตัวนี้รวมกันเป็นแนวชัดเจน (ลูกศรชี้). Fink-Heimer stain.  
Scale 50 micra.

รูปที่ ๑๐ และ ๑๑. แสดงการสลายตัวใน lateral geniculate nucleus  
๑๐ และ ๑๔ วันหลังผ่าตัดตามลำดับ. สสารที่เกิดจากการสลาย  
ตัวลดลงไปมากเมื่อเทียบกับรูปที่ ๘. Fink-Heimer stain.  
Scale 50 micra.

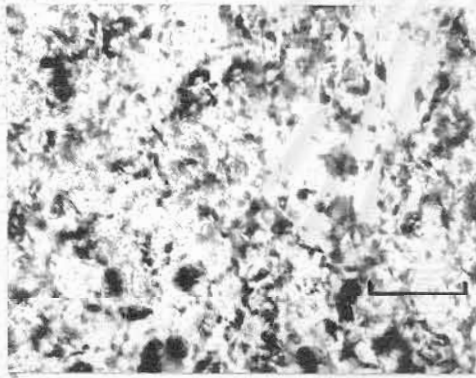
รูปที่ ๑๒. แสดงการสลายตัวใน superior colliculus ๘ วันหลังการนำ  
ตัดตา. สสารที่เกิดจากการสลายตัวลดลงไปมากเมื่อเทียบกับรูปที่ ๘.  
Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.



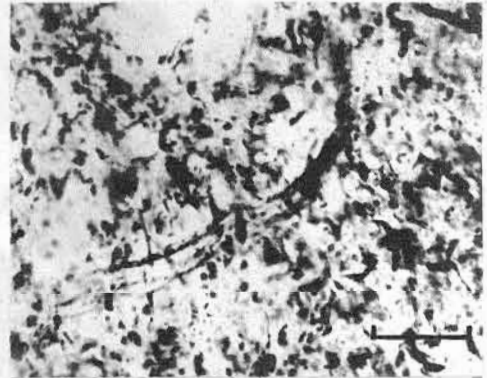
รูปที่ ๘



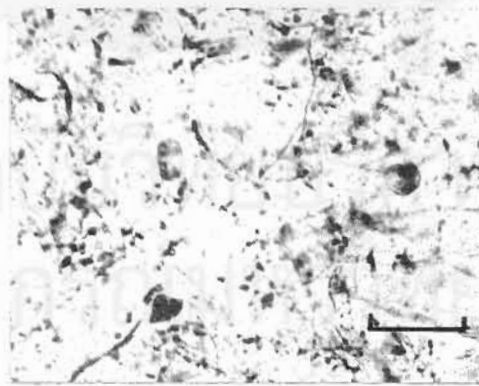
รูปที่ ๙



รูปที่ ๑๐



รูปที่ ๑๑



รูปที่ ๑๒

สถาบันวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๑๔ หลังผ่าตัด แทบจะไม่สามารถพบเส้นประสาทที่กำลังสลายตัวเลย (รูปที่ ๑๓ และ ๑๔)

นอกจาก lateral geniculate nucleus และ superior colliculus คณะผู้วิจัยยังพบการสลายตัวใน pretectal nucleus ด้วย

๑.๒ อัตรากจรสลายตัวชนิด antegrade และ retrograde. ใน การศึกษา คณะผู้วิจัยได้ทำลายบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกดังรูปที่ ๑๕ เนื่องจาก lateral geniculate nucleus ของสุนัขมีลักษณะโค้งเหมือนงู ห้อยหัว โดยที่หลังงูอยู่ทางด้านหน้า (anterior) ส่วนท้องอยู่ทาง posterior ทางงูอยู่ทาง dorsal และหัวงูอยู่ทาง ventral การตัดสมองแบบ frontal section จึงไม่สามารถเห็น lateral geniculate nucleus ติดต่อกันได้ หมัด section ที่ตัดอยู่ทาง parasagittal หรือ horizontal plane คณะผู้วิจัยพบว่า การตัดสมองแบบ parasagittal จะทำให้เห็นแนวทางของเส้นประสาทที่มาจาก retina ได้ชัดเจน เส้นประสาทจาก retina อยู่ทางด้าน lateral ของ lateral geniculate nucleus. ที่ทราบว่าเป็นเส้นประสาท จาก retina เพราะเส้นประสาทเหล่านี้มีการสลายตัวเมื่อ ganglion cell ถูกทำลาย (รูปที่ ๑๖) สำหรับเส้นประสาททางส่วน medial ของ lateral geniculate nucleus ไม่มีการสลายตัวเมื่อทำลาย ganglion cell (รูปที่ ๑๗) แต่จะสลายตัวอย่างมากเมื่อบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลาย (รูปที่ ๒๑) เส้นประสาทที่เข้าและออกจาก lateral geniculate nucleus ทางด้าน medial นั้น จะเห็นชัดเจนได้ก็ต่อเมื่อตัดสมองแบบ horizontal plane (รูปที่ ๑๘) การตัดสมองแบบ parasagittal plane ไม่สามารถทำให้เรา มองเห็นแนวทางเดินของเส้นประสาทเหล่านี้ได้ (รูปที่ ๒๒).

เส้นประสาทที่เข้าและออกจาก lateral geniculate nucleus ทางด้าน medial นั้นแยกได้เป็น ๒ กลุ่ม กลุ่มหนึ่งเป็นเส้นประสาทขนาดใหญ่ รวมกันอยู่เป็นลำประสาท วิ่งตลอดแนวทาง mediolateral plane (รูปที่



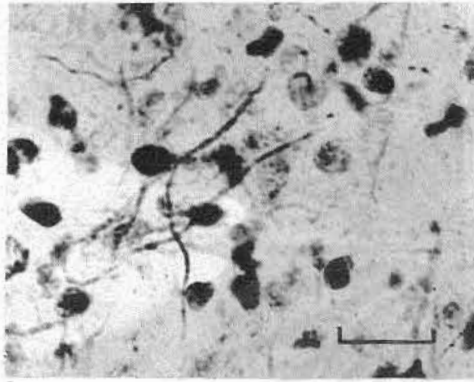


รูปที่ ๑๓ และ ๑๔. แสดงการสลายตัวใน superior colliculus  
๑๑ และ ๑๔ วันหลังการผ่าตัดตาตามลำดับ. สสารที่เกิดจากการ  
สลายตัวลดลงไปมากเมื่อเทียบกับรูปที่ ๕ และ ๑๒.

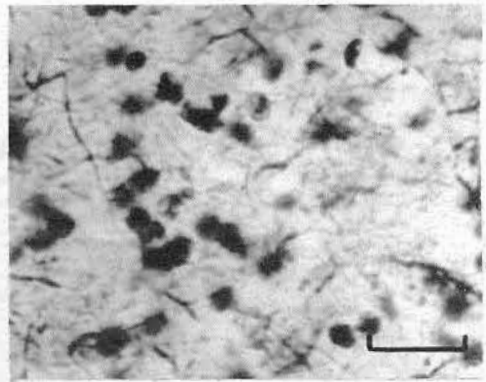
Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.

รูปที่ ๑๕. แสดงตำแหน่งบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกที่ถูก  
ทำลาย. Scale ๐.๕ เซนติเมตร.

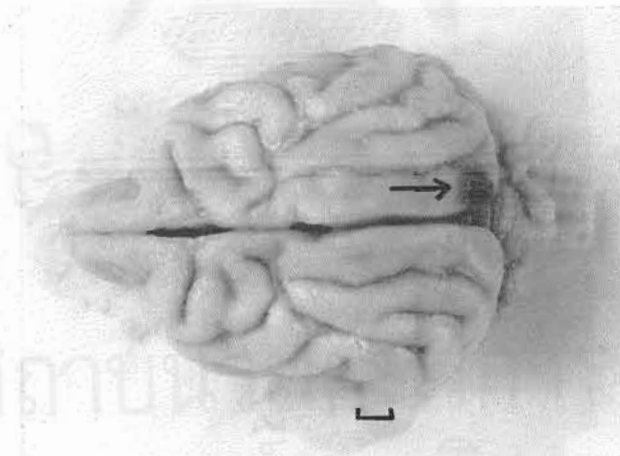
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑๓



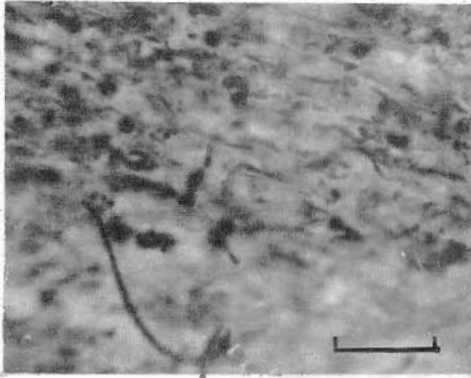
รูปที่ ๑๔



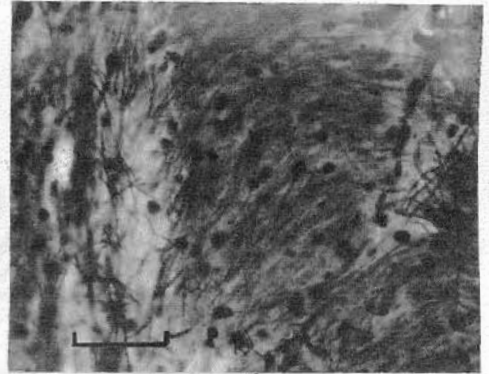
รูปที่ ๑๕

สถาบันจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

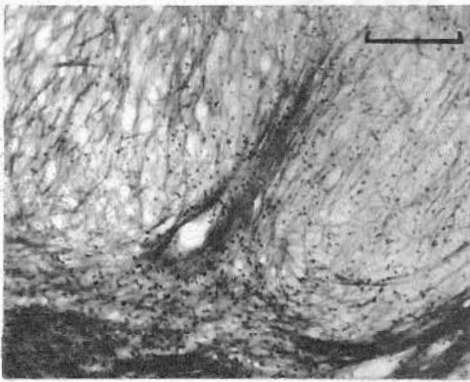
- รูปที่ ๑๖. แสดงการสลายตัวของลำประสาทด้าน lateral ของ lateral geniculate nucleus ๕ วัน หลังผ่าตัด retina. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๑๗. แสดงเส้นประสาททางด้าน medial ของ lateral geniculate nucleus เมื่อ retina ถูกทำลาย. โปรดสังเกตว่าไม่พบอาการของการสลายตัวเลย. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๑๘. แสดงแนวทางเดินของเส้นประสาทที่เข้า lateral geniculate nucleus ทางด้าน medial. คัดส่องตาม horizontal plane. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๑๙. แสดงลำประสาท A ที่เข้าสู่ lateral geniculate nucleus. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๒๐. แสดงการเรียงตัวของเส้นประสาทประเภท A และ B ใน lateral geniculate nucleus. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๒๑. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทที่อยู่ด้าน medial ของ lateral geniculate nucleus (ลูกศรชี้) หลังจากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายไปแล้ว ๑๓ วัน. เห็นได้ว่าไม่มีกลุ่มของลำประสาทปกติเหลืออยู่เลย. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.



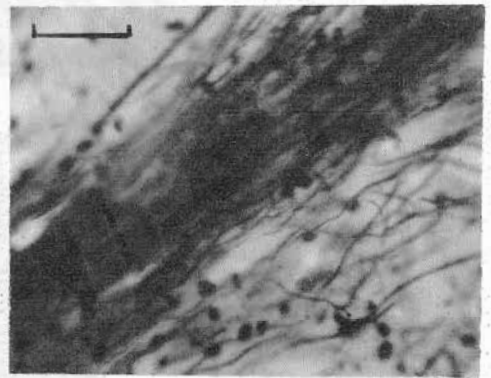
รูปที่ ๑๖



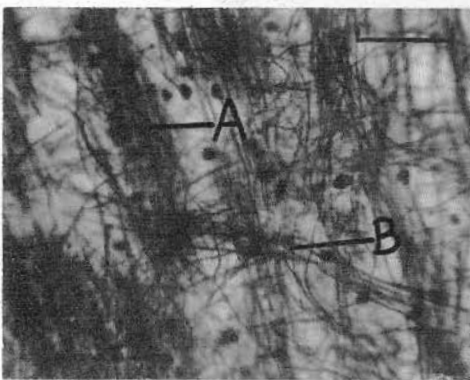
รูปที่ ๑๗



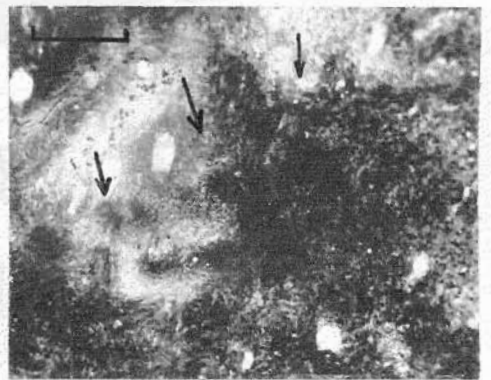
รูปที่ ๑๘



รูปที่ ๑๙



รูปที่ ๒๐



รูปที่ ๒๑

๑๘ และ ๑๙) ต่อไปจะเรียกเส้นประสาทกลุ่มที่หนึ่งนี้ว่า เส้นประสาทประเภท "A" สำหรับเส้นประสาทกลุ่มที่สองมีขนาดเล็ก ไม่อยู่รวมกันเป็นลำประสาทชัดเจนเหมือนกลุ่มแรก แนวทางที่จริง จะค้ำกับแนวทางวิ่งของเส้นประสาทกลุ่มแรก เป็นมุมประมาณ ๖๐ องศา กับเส้นประสาทกลุ่มแรก (รูปที่ ๒๐) ต่อไปจะเรียกเส้นประสาทกลุ่มนี้ว่าเส้นประสาทประเภท "B".

ทั้งเส้นประสาทประเภท "A" และ "B" จะสลายตัว เมื่อบริเวณ ๑๗ ของเยื่อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลาย จะเห็นได้ว่า ในวันที่ ๑๓ หลังผ่าตัด ส่วน medial ของ lateral geniculate nucleus จะไม่มีเส้นประสาทปกติเหลืออยู่เลย (รูปที่ ๒๑) เส้นประสาทที่เคยจับกันเป็นกลุ่มคางาม (รูปที่ ๒๒) หายไปหมดสิ้น.

เส้นประสาทประเภท A เริ่มพบมีการสลายตัววันที่ ๖ หลังผ่าตัด และสลายมากในวันที่ ๘ (รูปที่ ๒๓) ในวันที่ ๑๓ ไม่มีกลุ่มของ fiber ใน lateral geniculate nucleus (รูปที่ ๒๔) ดังที่เห็นได้ชัดเจนในสัตว์ปกติ (รูปที่ ๑๘) สำหรับเส้นประสาทประเภท B นั้น เริ่มพบว่าสลายตัวในวันที่ ๕ หลังผ่าตัด (รูปที่ ๒๕) หลังจากนั้นประเมินการสลายตัวของเส้นประสาทกลุ่มนี้ยาก เพราะมีการสลายตัวของเส้นประสาทกลุ่ม A เข้ามาแล้ว.

ในการศึกษาเซลล์ พบว่า ใน lateral geniculate nucleus ปกติ nucleus ของเซลล์มักจะอยู่กลางเซลล์ และมี rough endoplasmic reticulum ล้อมรอบอย่างหนาแน่น (รูปที่ ๒๖) ในวันที่ ๖ หลังผ่าตัด พบว่าเซลล์ส่วนมากจะพองโต nucleus ของเซลล์เคลื่อนมาใกล้ผนังเซลล์ และ rough endoplasmic reticulum เริ่มหายไป (รูปที่ ๒๗) ในวันที่ ๑๓ หลังผ่าตัด, เซลล์ต่าง ๆ แตกสลายไปเป็นจำนวนมาก ที่เหลืออยู่แสดงอาการ chromatolysis อย่างชัดเจน กล่าวคือ nucleus เคลื่อนไปอยู่ตอนริมของเซลล์ และ Nissl granule เริ่มหายไป.

สรุปผลของการทดลองที่ได้ แสดงในตารางที่ ๑

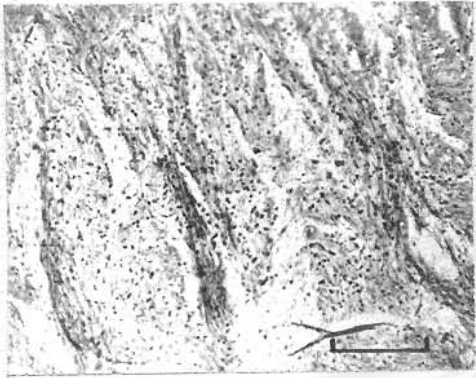
ตารางที่ ๑ แสดงสุนัขที่ใช้ในการผ่าตัดทำดาบบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก

หมายเลข สัตว์ทดลอง	Survival time	Plane ที่ตัดสมอง	มีการสลายตัวของ เส้นประสาท
๗๕ - ๑๑	๗	Frontal	ประเภท "A" และ "B"
๗๕ - ๑๔	๔	Horizontal	ไม่มี
๗๕ - ๑๖	๔	Parasagittal	ไม่มี
๗๕ - ๑๗	๑๓	Parasagittal	เส้นประสาททาง medial สลายตัวสิ้นเชิง
๗๕ - ๑๘	๘	Parasagittal	ประเภท "A" และ "B"
๗๕ - ๑๙	๓	Horizontal	ไม่มี
๗๕ - ๒๐	๕	Horizontal	เฉพาะประเภท "B"
๗๕ - ๒๑	๕	Horizontal	ประเภท "A" และ "B"
๗๕ - ๒๒	๖	Horizontal	ประเภท "A" และ "B"

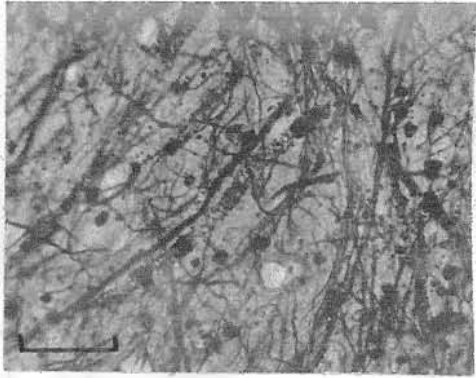
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



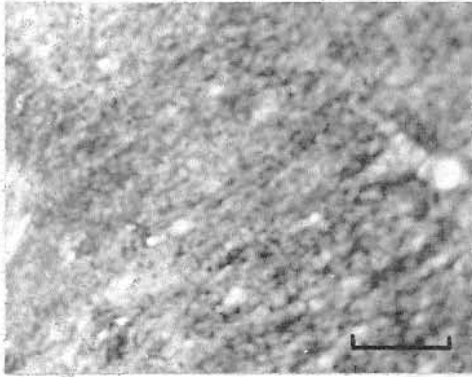
- รูปที่ ๒๒. แสดงลักษณะของเส้นประสาทที่อยู่ที่ทางด้าน medial ของ lateral geniculate nucleus เมื่อตัดสมอง แบบ parasagittal. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๒๓. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus ๘ วันหลังการทำลายบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๒๔. แสดงลักษณะของ lateral geniculate nucleus ของสัตว์ทดลอง ที่บริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายไปแล้ว ๑๓ วัน ไม่พบเส้นประสาทจับกันเป็นกลุ่มใน nucleus เลย. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๒๕. ภาพแสดงการเริ่มสลายตัวของเส้นประสาทกลุ่ม B (ลูกศรชี้) โดยที่เส้นประสาทประเภท A ยังคงอยู่. ในสัตว์ทดลองนี้ บริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายมา ๕ วัน Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๒๖. แสดงลักษณะ Nissl substance ใน lateral geniculate nucleus ของสัตว์ที่ผ่าตัดบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกมาแล้ว ๕ วัน. Nucleus ยังอยู่ตรงกลางเซลล์ และ rough endoplasmic reticulum ล้อมรอบ nucleus อย่างหนาแน่น. Cresyl violet stain. Scale 25 micra.
- รูปที่ ๒๗. แสดงลักษณะ chromatolysis ใน lateral geniculate nucleus ในสัตว์ทดลองที่บริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายไปแล้ว ๘ วัน. เซลล์เป็นจำนวนมากเริ่มพองออก (ลูกศรชี้), Nucleus เคลื่อนไปอยู่ขอบเซลล์ และ rough endoplasmic reticulum เริ่มลจจ. Cresyl violet stain. Scale 20 micra.



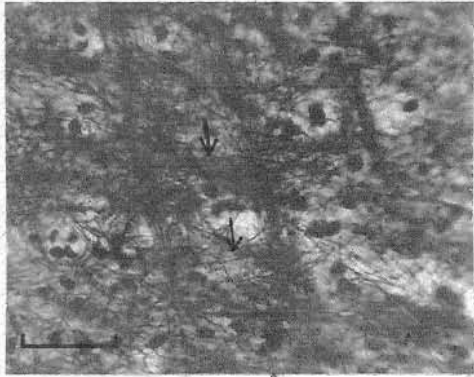
รูปที่ ๒๓



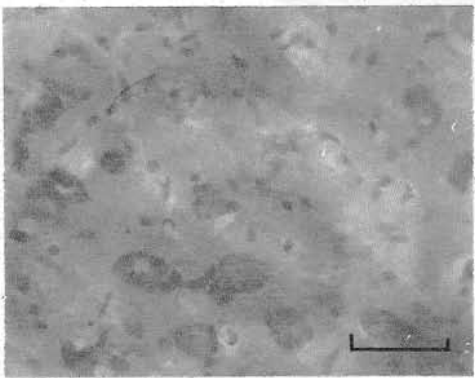
รูปที่ ๒๓



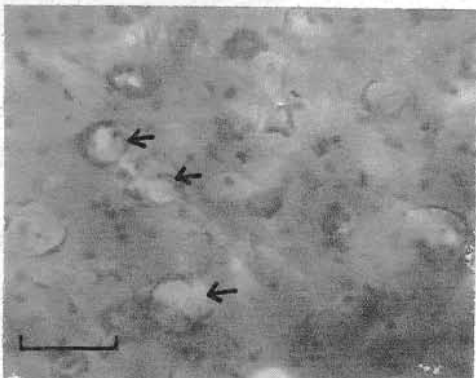
รูปที่ ๒๔



รูปที่ ๒๕



รูปที่ ๒๖



รูปที่ ๒๗



๒. การส่งเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นผิวและเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus

ความพยายามแทง microelectrode ผ่านเข้าทาง cerebellum ประสบความสำเร็จ เพราะในสุนัขมีแผ่นกระดูกบาง ๆ กั้นระหว่างสมองส่วน cerebellum และ cerebral cortex การแทง microelectrode จาก cerebellum สู่อะกิลัส superior colliculus จะต้องผ่านกระดูกชั้นนี้ ซึ่งทำให้ microelectrode ถูกทำลาย ฉะนั้น ข้อมูลที่จะเสนอต่อไปนี้ได้จากการทำลาย superior colliculus โดยแทง microelectrode ผ่านสมองส่วน cerebral cortex ทั้งสิ้น รูปที่ ๓๐ แสดงตัวอย่างขนาดและตำแหน่งของ superior colliculus ที่ถูกทำลาย.

จากการศึกษาทาง histology พบว่าตำแหน่งของเซลล์สมองที่ถูกทำลาย จากการผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปที่ปลาย microelectrode มีต่าง ๆ กัน ในสุนัข บางตัว คณะผู้วิจัยสามารถทำลาย superior colliculus ได้สำเร็จ ตารางที่ ๒ สรุปตำแหน่งของกลุ่มเซลล์ที่ถูกทำลาย และตำแหน่งสมองบริเวณที่พบการสลายตัวของเส้นประสาทซึ่งเชื่อมมาจากกลุ่มเซลล์ที่ถูกทำลายนั้น.

จากตารางจะเห็นได้ว่า คณะผู้วิจัยสามารถทำลาย superior colliculus ในสุนัข ๖ ตัวในความพยายามทั้งหมด ๒๐ ครั้ง แม้ข้อมูลจะดู เหมือนน้อย แต่ผลการทดลองที่พบคงที่มาก กล่าวคือ ในสัตว์ทุกตัวที่มีการทำลาย เซลล์ชั้นผิว (superficial layers) ของ superior colliculus จะพบ การสลายตัวใน pretectal nucleus, pulvinar และ lateral geniculate nucleus ดังตัวอย่างในรูปที่ ๓๑ ในสัตว์ที่มีการทำลายเซลล์ ชั้นลึก พบการสลายตัวที่ inferior colliculus, reticular formation ของ pons, intralaminar nuclei ของ thalamus และ medial geniculate nucleus (รูป ๓๒) รูป ๓๓-๓๔ แสดงความแตกต่างระหว่างบริเวณของเส้น ประสาทปกติ กับบริเวณที่มีการสลายตัวจากการทำลาย superior colliculus.

ตารางที่ ๒ แสดงตำแหน่งของกลุ่มเซลล์ที่ถูกทำลาย และตำแหน่งสมองบริเวณที่พบการสลายตัวของเส้นประสาท

หมายเลข สัตว์ทดลอง	วิธีแทง microelec- trode	ผลการทดลอง		หมายเหตุ
		พบการทำลายที่	พบการสลายตัวบริเวณ	
๗๕ - ๒๓	ผ่านทาง cerebellum	Inferior colliculus	ไม่ตรงวัตถุประสงค์	
๗๕ - ๒๔	"	"	"	
๗๕ - ๒๕	"	"	"	
๗๕ - ๒๖	"	"	"	
๗๕ - ๒๗	ผ่านทาง cerebral cortex			ทดสอบเทคนิค
๗๕ - ๒๘	"	Corpus callosum	ไม่ตรงวัตถุประสงค์	ห่างไป ๓ ม.ม.
๗๕ - ๒๙	"	Deep layer of superior colliculus	-Intralaminar nuc. -Pons -Medial geniculate nucleus -Inferior collicu- lus	
๗๕ - ๓๐	ผ่านทาง cerebral cortex	Superficial layer of superior colliculus	-Pretectal nucleus -Lateral genicula- te nucleus -Pulvinar	
๗๕ - ๓๑	"			ทดสอบเทคนิค
๗๕ - ๓๒	"	Corpus callosum	ไม่ตรงวัตถุประสงค์	ห่างไป ๒ ม.ม.
๗๕ - ๓๓	"	Pretectal area	"	ห่างไป ๒ ม.ม.

ตารางที่ ๒ แสดงตำแหน่งของกลุ่มเซลล์ที่ถูกทำลาย และตำแหน่งสมองบริเวณที่พบการสลายตัวของเส้นประสาท (ต่อ)

หมายเลข สัตว์ทดลอง	วิธีแทง microelec- trode	ผลการทดลอง		หมายเหตุ
		พบการทำลายที่	พบการสลายตัวของบริเวณ	
๓๕ - ๓๘	ผานทาง cerebral cortex	Deep layer of superior colliculus	-Intralaminar nuc. -Pons -Medial geniculate nucleus	
๓๕ - ๓๕	"	Superficial layer of superior colliculus	-Pretectal nucleus -Lateral geniculate nucleus -Pulvinar	
๓๕ - ๓๖	"	Corpus callosum	ไม่ตรงวัตถุประสงค์	ทางไป ๒ ม.ม.
๓๕ - ๓๗	"	"	"	"
๓๕ - ๓๘	"	Superficial layer of superior colliculus	-Pretectal nucleus -Lateral genicula- te nucleus -Pulvinar	
๓๕ - ๔๐	"	Posterior thalamus	ไม่ตรงวัตถุประสงค์	ทางไป ๑ ม.ม.
๓๕ - ๔๑	"	Posterior thalamus	"	"
๓๕ - ๔๒	"	Medial geniculate nucleus	"	"

รูปที่ ๒๘. แสดงลักษณะเซลล์ใน lateral geniculate nucleus ในสัตว์ทดลองที่บริเวณ ๑๓ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลายไปแล้ว ๑๓ วัน. เซลล์ส่วนใหญ่แตกออกและสลายตัวไปแล้ว.

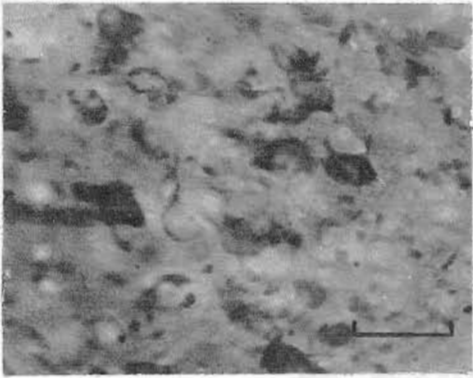
Cresyl violet stain. Scale 20 micra.

รูปที่ ๒๙. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาททาง medial ของ lateral geniculate nucleus ๑๓ วันหลังบริเวณ ๑๓ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกถูกทำลาย. ไม่พบเส้นประสาทปกติเลย.

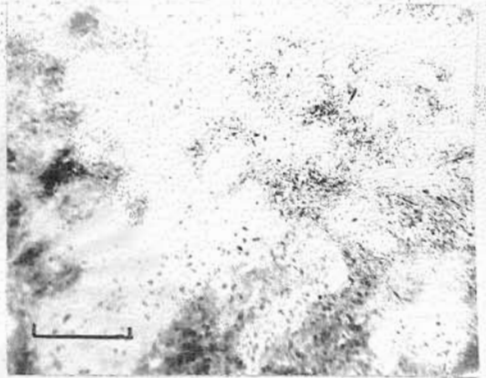
Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.

รูปที่ ๓๐. แสดงตัวอย่างขนาดบริเวณเซลล์ส่วนผิวของ superior colliculus ที่ถูกทำลาย. Scale ๐.๕ เซนติเมตร.

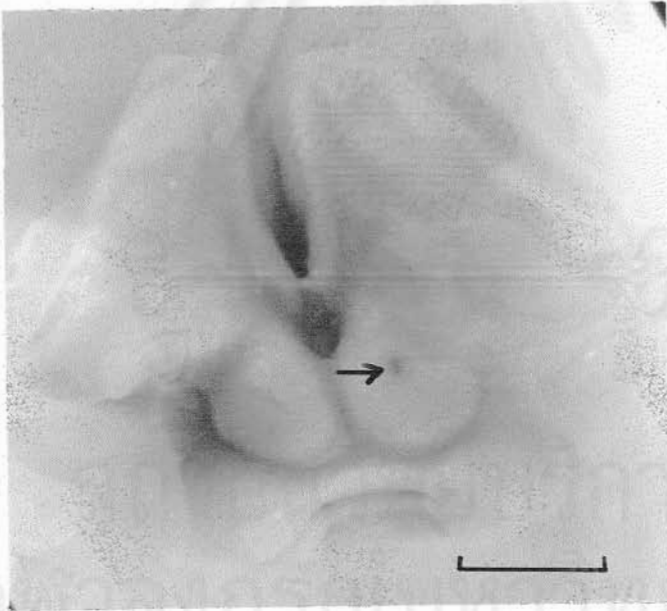
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๒๘



รูปที่ ๒๙



รูปที่ ๓๐



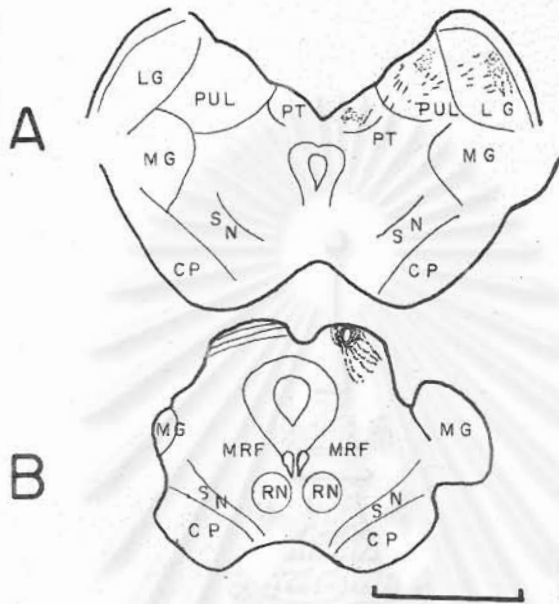
รูปที่ ๓๑. ภาพวาดจาก frontal section จิ้งที่ตัดผ่าน posterior thalamus (A) และ mesencephalon (B) เพื่อแสดงลักษณะของการสลายตัวเมื่อเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ถูกทำลาย พบการสลายตัวใน lateral geniculate nucleus (LG), pulvinar (PUL) และ pretectal nucleus (PT).  
Scale ๐.๕ เซนติเมตร.

รูปที่ ๓๒. ภาพวาดจาก frontal section จิ้งที่ตัดผ่าน posterior thalamus (A), mesencephalon (B) และ pons (C) เพื่อแสดงลักษณะการสลายตัวเมื่อเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ถูกทำลาย พบการสลายตัวใน medial geniculate nucleus (MG), inferior colliculus (IC), pontine reticular formation (PRF) และ midbrain reticular formation (MRF).  
Scale ๐.๕ เซนติเมตร.

SN: Substantia nigra  
CP: Cerebral peduncle  
RN: Red nucleus  
PN: Pontine nuclei  
MCP: Middle cerebral peduncle

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

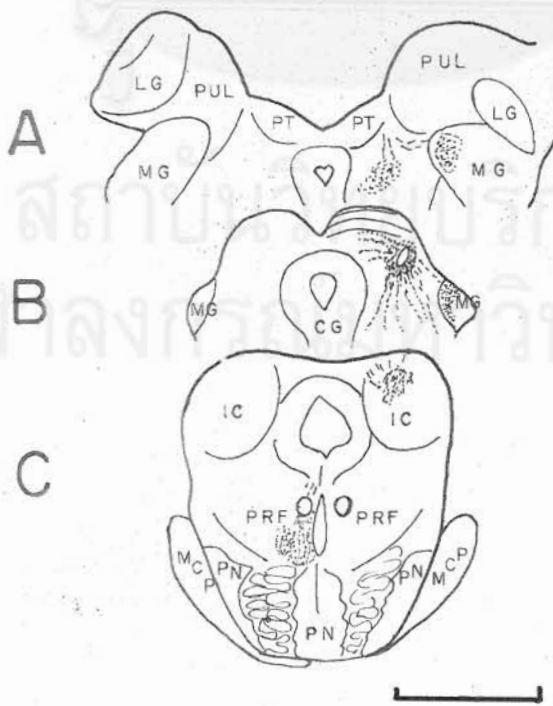
SUPERFICIAL LESION



รูปที่ ๓๑



DEEP LESION



รูปที่ ๓๒

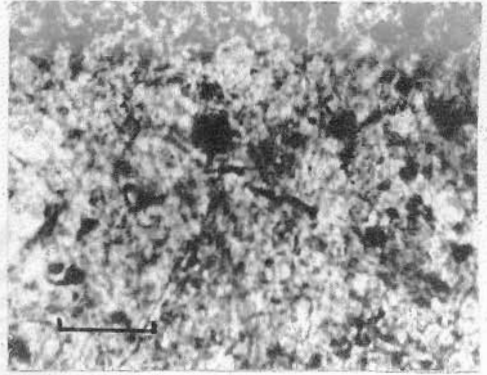
สถาบันจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- รูปที่ ๓๓. แสดงเส้นประสาทปกติใน lateral geniculate nucleus บริเวณที่ไม่พบการสลายตัว. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๓๔. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน lateral geniculate nucleus เมื่อเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ถูกทำลาย. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๓๕. แสดงเส้นประสาทปกติใน pulvinar บริเวณที่ไม่พบการสลายตัว. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๓๖. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน pulvinar เมื่อเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ถูกทำลาย. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๓๗. แสดงเส้นประสาทปกติใน pontine reticular formation บริเวณที่ไม่พบการสลายตัว. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.
- รูปที่ ๓๘. แสดงการสลายตัวของเส้นประสาทใน pontine reticular formation เมื่อเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ถูกทำลาย. Fink-Heimer stain. Scale 50 micra.

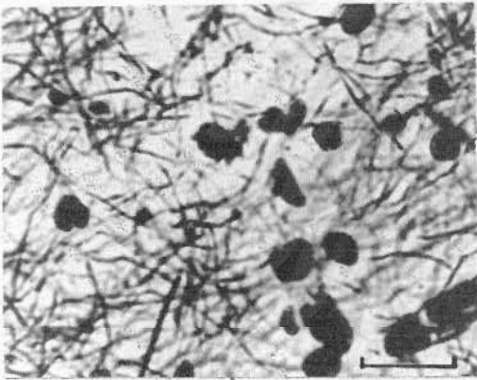




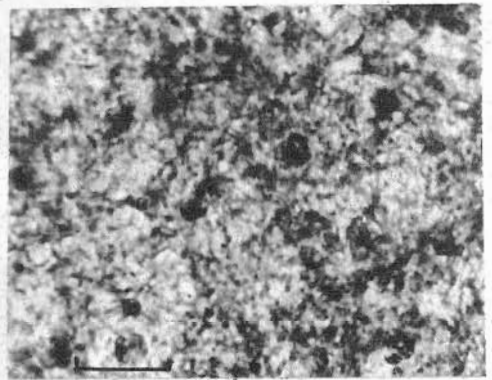
รูปที่ ๓๓



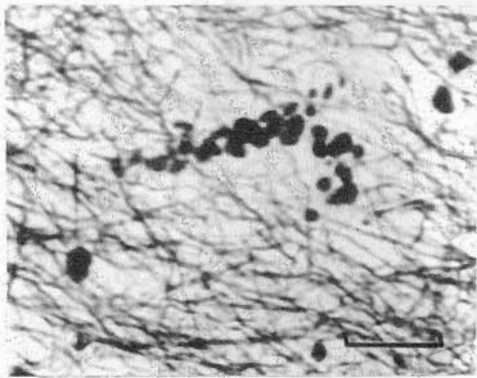
รูปที่ ๓๔



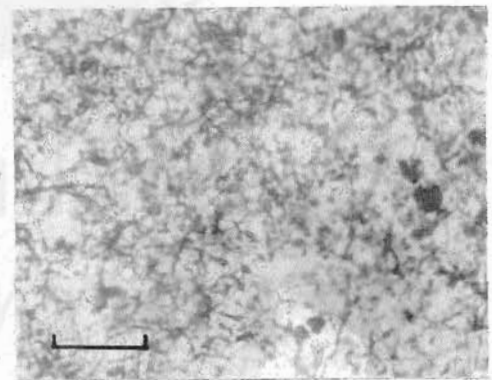
รูปที่ ๓๕



รูปที่ ๓๖



รูปที่ ๓๗



รูปที่ ๓๘

### การอภิปรายผล

๑. เวลาที่เส้นประสาทเริ่มสลายตัวเมื่อเซลล์ถูกทำลาย ในการศึกษาที่แล้วมา, การสลายตัวของเส้นประสาทส่วนมากเริ่มเมื่อวันที่ ๓ - ๕ หลังการทำลายเซลล์ในระบบประสาทกลาง (๘, ๒๐, ๓๓) การค้นพบในปัจจุบัน จึงเข้าได้กับข้อมูลดังกล่าว. ในปี ๑๙๕๕, Bishop (๕) ได้เสนอว่า โดยทั่วไป เส้นประสาทที่มีขนาดเล็ก มักจะเจริญไปสู่ส่วนสมองที่มีวิวัฒนาการเก่าแก่ ในขณะที่เส้นประสาทขนาดใหญ่จะมุ่งไปสู่ส่วนสมองที่มีวิวัฒนาการใหม่กว่า. เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า, ในสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม เส้นประสาทที่มีขนาดเล็กเท่านั้นที่จะไปสิ้นสุดที่ superior colliculus (๑๓) ซึ่งเข้าได้กับความจริงที่ว่า superior colliculus มีวิวัฒนาการมาจาก optic tectum ซึ่งเป็นสมองส่วนที่เก่าแก่กว่า lateral geniculate nucleus มากมายนัก (๗, ๓๓).

ในเมื่อ lateral geniculate nucleus ได้รับเส้นประสาทที่มีขนาดใหญ่จาก ganglion cell เส้นประสาทเหล่านี้ ควรจะสลายตัว ก่อนเส้นประสาทที่ไปเลี้ยง superior colliculus แม้ว่าอัตราการสลายตัวอาจจะช้ากว่ากัน (๘, ๑๐, ๑๑). อย่างไรก็ตาม, ข้อมูลของเราบ่งว่าการสลายตัวเริ่มขึ้นเกือบพร้อมกันใน superior colliculus และ lateral geniculate nucleus เหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจเป็นเพราะว่า คณะผู้วิจัยถือหลักเกณฑ์ตัดสินว่าเส้นประสาทสลายตัวหรือไม่ ต่อเมื่อมีการพองหรือแตกของเส้นประสาทอย่างเด่นชัดเท่านั้น หากคณะผู้วิจัยใช้หลักเกณฑ์หย่อนกว่านี้ เช่นถือว่าเส้นประสาทเริ่มสลายตัวเมื่อเริ่มมีอาการพอง หรือตึคสีซีด, เวลาที่เส้นประสาทเริ่มสลายตัวอาจจะไม่เหมือนกัน. นอกจากนี้ เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า เส้นประสาทบริเวณใกล้ area centralis และที่ห่างจาก area centralis ของ retina เริ่มสลายตัวไม่พร้อมกัน (๑๔) การเปรียบเทียบการสลายตัวใน superior colliculus และ lateral geniculate nucleus ควรจะกระทำ

ในบริเวณที่ส่วนสมองทั้งสองได้รับเส้นประสาทจาก retina ตำแหน่งใกล้เคียงกัน ในขณะนี้คณะผู้วิจัยไม่สามารถทำเช่นนั้นได้ เพราะยังไม่มีการศึกษา retinotropic organization ใน superior colliculus เปรียบเทียบกับ lateral geniculate nucleus ของสุนัขอย่างเด่นชัด.

๒. อัตราการสลายตัว antegrade ผลการทดลองปัจจุบันบ่งว่า เส้นประสาทมีการสลายตัวอย่างหนาแน่นใน superior colliculus ในวันที่ ๗ หลังการผ่าตัดทำลาย ganglion cell สารที่เกิดจากการสลายตัวที่สามารถย้อมเห็นได้ด้วยสี Fink-Heimer หายไปอย่างรวดเร็วหลังวันที่ ๗ ในขณะที่อัตราการสลายตัวของเส้นประสาทจาก ganglion cell ที่ lateral geniculate nucleus เป็นไปช้ากว่ามาก. ใน lateral geniculate nucleus คณะผู้วิจัยสามารถย้อมพบการสลายตัวที่หนาแน่นในวันที่ ๕ และ ๑๔ หลังการผ่าตัดลูกตา คณะผู้วิจัยเห็นด้วยกับ Maturana (๓๐) ที่ว่าการที่เราจะพบสารที่เกิดจากการสลายตัวในระยะเวลาหนึ่งหรือไม่นั้น ขึ้นกับกลไก ๒ อย่างใหญ่ ๆ กล่าวคือ อัตราการสลายตัวของเส้นประสาทอย่างหนึ่ง และความรวดเร็วที่สารที่เกิดจากการสลายตัวนั้นถูกทำลายโดยขบวนการต่าง ๆ ในระบบประสาทกลาง.

ในเมื่อเส้นประสาทจาก ganglion cell ที่ไปยัง lateral geniculate nucleus มีขนาดใหญ่กว่าพวกที่ไปยัง superior colliculus ข้อมูลของเราจึงเข้ากันได้กับของ Cajal (๘) ที่กล่าวว่า การทำลายของสารที่เกิดจากการสลายตัว เกิดช้าในเส้นประสาทขนาดใหญ่. Duncan (๑๔) พบว่า เส้นประสาทขนาดเล็กติดสี Marchi (ซึ่งใช้ย้อม myelin sheath) ไม่นาน. Gehuchten และ Molhant (๑๓) ศึกษาอัตราการสลายตัวในเส้นประสาท vagus ขนาดต่าง ๆ กัน ได้สรุปว่า อัตราการสลายตัวขึ้นกับขนาดของเส้นประสาทเท่านั้น และว่าสารที่เกิดจากการสลายตัวของเส้นประสาทขนาดใหญ่อยู่ได้นานกว่าสารที่ได้จากเส้นประสาทขนาดเล็ก เมื่อเร็ว ๆ นี้ Creval และ

Verhaart (๑๐,๑๑) และ Guillery (๑๘) ได้ศึกษาอัตราการสลายตัวของเส้นประสาทในหลายระบบ และสรุปว่า เส้นประสาทขนาดใหญ่สลายตัวเร็วกว่าเส้นประสาทขนาดเล็ก แต่กว่าที่สารที่เกิดจากการสลายตัวจะหายไปนั้น กินเวลานานกว่ามาก มีการศึกษาเพียงอันเดียวโดย Gutmann และ Holubar (๒๐) ที่ให้ข้อสรุปที่ตรงข้ามกับผลการวิจัยส่วนมาก อย่างไรก็ตาม, Gutmann และ Holubar (๒๐) ได้ตั้งกฎเกณฑ์ไว้ว่า จะถือว่าเส้นประสาทสลายตัวเมื่อเส้นประสาทนั้น ๆ ไม่ต่อกัน จึงเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบผลการทดลองนี้กับการวิจัยอื่น ๆ.

๓. การสลายตัวชนิด antegrade และ retrograde เส้นประสาททางคาน lateral ของ lateral geniculate nucleus ของสุนัข ๑๑ ตัวที่ได้ทดลองในคอนแรกสลายตัวเมื่อ retina ถูกทำลาย ในสัตว์ทดลองที่ถูกผ่าตัดเอาตาออกเหล่านี้ ไม่พบการสลายตัวของเส้นประสาททางคาน medial ของ lateral geniculate nucleus เลย แสดงว่า เส้นประสาทที่เข้าและออกจากส่วน medial ของ lateral geniculate nucleus จะต้องมาจากส่วนอื่นของสมองที่ไม่ใช่ตา.

เป็นที่ทราบกันมานานว่า lateral geniculate nucleus ส่งเส้นประสาทไปที่บริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก (๓๖, ๔๑, ๔๒ ฯลฯ) ในทำนองเดียวกัน มีผู้พบว่าบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกส่งเส้นประสาทไปที่ lateral geniculate nucleus ด้วย (เช่น ๔๖) การทำลายบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก (cerebral cortex) จึงเป็นการทำลาย cell body ของ corticogeniculate pathways และเป็นการทำลาย axon ของ geniculocortical pathways. ฉะนั้นเส้นประสาททั้งสองกลุ่มจะต้องสลายตัวหลังผ่าตัดสมอง คณะผู้วิจัยพบว่า เมื่อบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกของสุนัขถูกทำลาย เส้นประสาททางคาน medial ของ lateral geniculate nucleus ถูกทำลายด้วยในเวลาต่อมา แสดงว่าเส้นประสาทที่ไปสู่และออกจาก

บริเวณ ๑๗ จะคงอยู่ทางคาน medial ของ lateral geniculate nucleus.

จากข้อมูลที่โคพบว่ เส้นประสาทประเภท B สลายตัววันที่ ๕ หลังผ่าตัด โดยที่เซลล์ใน lateral geniculate nucleus ยังไม่มี chromatolysis ข้อมูลยอมบ่งชี้ว่าเส้นประสาทประเภท B น่าจะไม่ได้มาจาก lateral geniculate cells ทั้งนี้เพราะถ้า axons ของเส้นประสาทถูกทำลาย เซลล์ประสาทจะต้องแสดงอาการ chromatolysis (๓, ๔, ๓๕) หรืออาการตายเมื่อ axons ของเซลล์นั้นสลายตัว ดังรูปที่ ๒๘.

ในทางตรงกันข้าม, เส้นประสาทประเภท A สลายตัวพร้อม ๆ กับที่พบว่ามีอาการของ chromatolysis ทั่วไปในเซลล์ของ lateral geniculate nucleus เส้นประสาทประเภท A จึงน่าจะเป็นเส้นประสาทที่ออกมาจากเซลล์ของ lateral geniculate nucleus ตามข้อวิจารณ์ข้างตน.

ในเมื่อเส้นประสาทที่เข้าและออกจาก lateral geniculate nucleus มี ๓ พวกคือ จาก retina สู่อ lateral geniculate nucleus, จาก lateral geniculate nucleus สู่อบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก และจากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกสู่อ lateral geniculate nucleus และในเมื่อข้อมูลต่าง ๆ บ่งชี้ว่าเส้นประสาทจาก retina เข้า lateral geniculate nucleus ทางคาน lateral และเส้นประสาทประเภท A น่าจะออกจากเซลล์ใน lateral geniculate nucleus สู่อบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก คณะผู้วิจัยจึงเชื่อว่า เส้นประสาทประเภท B น่าจะเป็น corticogeniculate axons.

อนัน จึงอาจจะกล่าวได้ว่า corticogeniculate axons เริ่มสลายตัววันที่ ๕ หลังการทำลายบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอก การสลายตัวเป็นชนิด antegrade, ส่วน geniculocortical axons เริ่มสลายตัวประมาณวันที่ ๖ และ ๗ หลังผ่าตัด การสลายตัวเป็นชนิด retrograde คณะผู้วิจัยไม่ยากที่จะสรุปว่า การสลายตัวชนิด antegrade เกิดก่อนชนิด retrograde

เพราะเท่าที่สังเกตดู เส้นประสาทประเภท B มีขนาดเล็กกว่าเส้นประสาทประเภท A การที่พบว่าเส้นประสาทประเภท B มีขนาดเล็กกว่าเส้นประสาทประเภท A อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เส้นประสาทประเภท B สลายตัวก่อนเส้นประสาทประเภท A ก็ได้ โดยที่การสลายตัวไม่พร้อมกัน ไม่ได้เกิดจากความแตกต่างระหว่างการสลายตัวแบบ antegrade และ retrograde.

๔. การส่งเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นผิวและเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ผลจากการทดลองทำให้สรุปได้ว่า เซลล์ชั้นผิวส่งเส้นประสาทไปยัง lateral geniculate nucleus, pretectal nucleus และ pulvinar. ส่วนสมองคิงกลาวได้รับการส่งเส้นประสาทจาก retina และ/หรือ จากบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมองส่วนนอกทั้งสี่ (๗) ซึ่งทั้ง retina และบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมอง มีหน้าที่รับภาพ จึงกล่าวได้ว่าเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปยังสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบตา.

ในทางตรงกันข้าม, เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปยัง inferior colliculus, medial geniculate nucleus, pontine reticular formation และ intralaminar nuclei ส่วนสมองเหล่านี้ไม่ได้รับเส้นประสาทโดยตรงจาก retina และบริเวณ ๑๗ ของเนื้อหุ้มสมอง แต่ได้รับการติดต่อจากระบบหู (inferior colliculus และ medial geniculate nucleus) และจากหลาย ๆ ระบบในแกน (intralaminar nuclei และ pontine reticular formation) (๗, ๒๘, ๓๒) จึงกล่าวได้ว่าเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปมีอิทธิพลต่อสมองหลาย ๆ ระบบ.

เป็นที่ทราบกันว่า เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ตอบสนองต่อการกระตุ้น retina ได้ดี เซลล์เหล่านี้ไม่ตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นที่เป็นเสียงหรือการสัมผัสเลย (๓๔). ในทางตรงกันข้าม, เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus สามารถตอบสนองต่อเสียง การสัมผัส และการกระตุ้นตา (๓๔)

ข้อมูลที่กล่าวมารวมกับสิ่งที่ค้นพบได้จากการทดลองนี้ ทำให้สามารถแบ่ง superior colliculus ตามหน้าที่ออกเป็น ๒ ส่วน ส่วนผิวมีหน้าที่รับ, ผสมผสาน และ มีอิทธิพลต่อการทำงานของระบบตา ส่วนเซลล์ชั้นลึกมีหน้าที่รับ, ผสมผสาน และ คัดแปลงการทำงานของระบบประสาทหลายระบบ.

การแบ่ง superior colliculus ออกเป็น ๒ ส่วนดังกล่าว จะนำมาใช้อธิบายความเชื่อทั่วไปว่า superior colliculus มีหน้าที่ปรับศีรษะ, ตา และ ลำตัว ไปสู่สิ่งกระตุ้นที่มีต่อระบบตา หรือที่เรียกว่า visually oriented behavior ใต้อย่างไร (๖, ๒๓, ๓๕, ๔๗). ผลจากการทดลองนี้พบว่า เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปยัง pontine reticular formation ซึ่งมีอิทธิพลต่อ motor neuron ในไขสันหลัง (๗, ๒๕) เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus จึงน่าจะสามารถทำให้หัว และ ตัว เคลื่อนไหวได้ มีหลักฐานว่า เซลล์ชั้นผิวส่งเส้นประสาทติดต่อกับเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus (๕๕) เซลล์ชั้นผิวจึงน่าจะทำงานร่วมกับ เซลล์ชั้นลึกในการทำให้ลำตัวและศีรษะเคลื่อนไหวได้.

ข้อมูลจากการทดลองนี้ไม่ได้บ่งถึง การติดต่อระหว่าง superior colliculus และ oculomotor nuclei เลย ทั้ง ๆ ที่มีหลักฐานการทดลองหลายแห่ง (๖, ๓๕) ชัดเจนว่าการกระตุ้น superior colliculus ทำให้ ตาเคลื่อนไหว และ เซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus จะมี action potential ๗๐ - ๕๐๐ msec ก่อนตาจะเริ่มเคลื่อนไหว แสดงว่า สัญญาณ ไฟฟ้าจากเซลล์ชั้นลึกต้องส่งไปที่ oculomotor nuclei ที่ควบคุมกล้ามเนื้อ ตาแน่นอน การที่คณะผู้วิจัยไม่สามารถพบหลักฐานของการส่งเส้นประสาทโดยตรง จากเซลล์ชั้นลึกของ superior colliculus ไปยัง oculomotor nuclei ไม่ได้หมายความว่า ไม่มีการติดต่อระหว่างสมองทั้งสองส่วนนี้ เพียงแต่แสดงว่า ไม่มีการติดต่อโดยตรง ที่มองเห็นได้ควยวิธีการย้อมสีเส้นประสาทที่กล่าวถึงสลาย ตัวที่ใช้ในการทดลองนี้เท่านั้น ถ้ามีการติดต่อของเส้นประสาท แต่ย้อมสีไม่พบ ก็คงเป็นเพราะว่า เส้นประสาทจากเซลล์ชั้นลึกที่ไป oculomotor nuclei

คงมีขนาดเล็ก และ survival time ที่ช้า ๔ - ๑๐ วันนั้นนานเกินไป ทำให้เส้นประสาทที่สลายตัวถูกกินโดย glial cells ทมคแล้ว นอกจากนี้, กังที่ทราบกันทั่วไปว่า วัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า ๐.๕ micron ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยขนาดกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (๓๔) หากเส้นประสาทจากเซลล์ชั้นลึกที่ส่งไปยัง oculomotor nuclei มีขนาดเล็กมาก คงจะไม่สามารถมองเห็นได้ ท้ายที่สุด วิธีการซ่อมการสลายตัวแบบ Wallerian degeneration ข้อมไม่สามารถใช้ในการศึกษาการติดต่อกันชนิด polysynaptic ได้ ในกรณีดังกล่าว การศึกษาทางไฟฟ้าข้อมให้คำตอบได้ดีกว่า.

จากข้อโต้แย้งที่กล่าวมา น่าจะสรุปได้ว่า เซลล์ของ superior colliculus ทั้งชั้นผิวและชั้นลึกเป็นส่วนหนึ่งของกลไกในการช่วยหันศีรษะ, ตา และลำตัว ไปยังภาพที่เห็น และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและแนวการเคลื่อนไหวของร่างกาย ให้เข้ากับตำแหน่งและแนวการเคลื่อนไหวของภาพ. อย่างไรก็ตาม, การที่ข้อมูลพบว่า superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปยัง pulvinar, lateral geniculate nucleus และ pretectal nucleus ทำให้คิดได้ว่าหน้าที่ของ superior colliculus อาจมีมากกว่าการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของร่างกายและตำแหน่งภาพ. เป็นที่เชื่อกันทั่วไปว่า pulvinar เป็นส่วนสมองที่เจริญมากที่สุดในสัตว์ชั้นสูง โดยเฉพาะใน primate (๑๓). การเจริญของ pulvinar ควบคู่ไปกับการเจริญของ association cortex (๒, ๑๓). แม้ว่าหลักฐานไม่แน่ชัด แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันว่า ส่วนสมองทั้งสองมีหน้าที่เกี่ยวกับการแปลความหมายของความรู้สึก (perception) (๒, ๗, ๑๓, ๓๒) การที่เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปยัง pulvinar แสดงว่า เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus คงมีอิทธิพลต่อการแปลความหมายของความรู้สึกนอกเหนือจากหน้าที่ในการส่งข้อมูลเกี่ยวกับระบบตา ไปส่วนเซลล์ชั้นลึก เพื่อให้มีการปรับร่างกายและตาให้เข้ากับตำแหน่งภาพที่เห็นเท่านั้น.



เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ยังส่งเส้นประสาทไปยัง lateral geniculate nucleus ซึ่งส่งเส้นประสาทไปยังบริเวณ ๑๗ ของ เนื้อหุ้มสมองส่วนนอก หรือที่เรียกว่า striate cortex. Genucostriate system เป็นส่วนสมองที่เริ่มมีวิวัฒนาการในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (๘, ๑๓, ๓๖) และมีการเจริญมากในสัตว์ชั้นสูง (๒, ๘, ๑๓, ๓๖) เชื่อกันว่า geniculo-striate system มีหน้าที่รับความรู้สึกของการมอง (visual sensation) (๒๖, ๒๗, ๓๗). เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus จึงมีอิทธิพลต่อการเกิด visual sensation อิทธิพลจะเป็นไปในแง่ใดนั้นยังไม่กระจ่างชัด และเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาต่อไป.

สำหรับ pretectal nucleus นั้น เป็นส่วนหนึ่งของ consensual light reflex arc (๓๒) การที่ pretectal nucleus ติดต่อกับเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus แสดงว่า นอกจาก ganglion cell จะส่งเส้นประสาทไปยัง pretectal nucleus โดยตรงแล้ว อิทธิพลของแสงจากภายนอกที่สัมผัสต่อ retina ยังผ่านไปสู pretectal nucleus ทาง superior colliculus ได้.

### ข้อสรุป

๑. เมื่อเซลล์ประสาทถูกทำลาย เส้นประสาทขนาดใหญ่ มีสารที่เกิดจากการสลายตัวคงอยู่นานกว่าเส้นประสาทขนาดเล็ก การศึกษาการติดต่อกันสมองโดยการยอมเส้นประสาทที่กำลังสลายตัวจึงต้องเลือกระยะเวลาให้สัตว์ทดลองมีชีวิตหลังผ่าตัดอย่างเหมาะสม.

๒. ในสุนัข, retinogeniculate fiber เข้า lateral geniculate nucleus ทางด้าน lateral ส่วน corticogeniculate และ geniculocortical axons เข้าและออกจาก lateral geniculate

nucleus ทางด้าน medial ของ nucleus นั้น เมื่อทำลายบริเวณ ๑๗ ของ  
เนื้อหุ้มสมองส่วนนอก, การสลายตัวของเส้นประสาท corticogeniculate  
เกิดก่อน geniculocortical fibers.

๓. เซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus ส่งเส้นประสาท  
ไปยัง pretectal nucleus, lateral geniculate nucleus และ pulvinar  
ซึ่งเป็นส่วนสมองที่สามารถตอบสนองต่อการกระตุ้นที่ตา ส่วนเซลล์ชั้นลึกของ  
superior colliculus ส่งเส้นประสาทไปยัง inferior colliculus,  
medial geniculate nucleus, midbrain reticular formation และ  
pontine reticular formation ซึ่งมักตอบสนองต่อการกระตุ้นจากระบบ  
ประสาทหลาย ๆ ระบบ. ฉะนั้นเซลล์ชั้นผิวของ superior colliculus จึงมี  
อิทธิพลต่อการทำงานของระบบตา ส่วนเซลล์ชั้นลึกมีอิทธิพลต่อส่วนสมองหลายระบบ  
รวมทั้ง reticular formation ของก้านสมองซึ่งควบคุมการตอบสนองของระบบ  
ประสาทร่างกาย (somatic) และระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic).

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Bibliography

1. Altman, J. and M.B. Carpenter, Fiber projections of the superior colliculus in the cat., J. Comp. Neurol., 116: 157-158, 1961.
2. Ariens-Kappers, C.U., G.C. Huber and E.C. Crosby, The comparative anatomy of the nervous system of vertebrates, including man., Macmillan Co., New York, 1936.
3. Bodian, D., Nucleic acid in nerve cell regeneration., in Nucleic Acid, Symp. Soc. Exp. Biol. (N.Y.), 1 : 163-178, 1947.
4. Bodian, D., An electronmicroscopic study of the monkey spinal cord. I. Fine structures of normal motor column, II. Effects of retrograde chromatolysis, III. Cytologic effect of mild and virulent poliovirus infection., Bull. Johns Hopk. Hosp. 114 : 13-119, 1964.
5. Bishop, G.H., J. Nervous and Mental Disease, 128 : 89, 1959.
6. Brindley, G.S., Physiology of the retina and the visual pathway, 2nd edition, London, Edward Arnold Ltd., 1970.
7. Brodal, A., Neurological Anatomy in relation to clinical medicine, 2nd edition, Oxford University Press, 1969.
8. Cajal, S. Ramon y , Degeneration and Regeneration of the Nervous System, Translated and edited by R.M. May. New York, Hafner, 1928.
9. Cajal, S. Ramon y, Histologie du System Nerveux de L'homme et des vertebres, Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Instituto Ramon y Cajal, Madrid, 1955.
10. Crevel, H. van and W.J.C. Verhaart, The rate of secondary degeneration in the central nervous system I. The pyramidal tract of the cat, J. Anat., (Lond.), 97 : 3, 451-464, 1963.
11. Creval, H. van and W.J.C. Verhaart, The rate of secondary degeneration in the central nervous system II. The optic nerve of the cat., J. Anat., (Lond.), 97 : 3, 429-449, 1963.
12. Denny Brown, The midbrain and motor interaction., Proc. Roy. Sc. Med., 55 : 527-538, 1962.

13. Diamond, I.T. and W.C. Hall, Evolution of the neocortex., Science, 164 : 251-262, 1969.
14. Duncan, D., The incidents of secondary (Wallerian) degeneration of normal mammals compared to that in certain experimental and diseases conditions, J. Comp. Neurol., 51 : 197-228, 1930.
15. Fink, R.P. and L. Heimer, Two methods for selective silver impregnation of degenerating axons and their synaptic endings in the central nervous system., Brain Res., 4 : 369-374, 1967.
16. Garey, L.J., E.G. Jones and T.P.S. Powell, Interrelationship of striate and extrastriate cortex with the primary relay sites of the visual pathways., J. Neurol. Neurosurg. Psychiat., 31 : 135-157, 1968.
17. Gehuchten, A. van and M. Molhant, Les lois de la degeneration Wallerienne directe., Nevraxe, 11 : 73-130, 1910.
18. Guillery, R.W., The laminar distribution of retinal fibers in the dorsal lateral geniculate nucleus of the cat : A new interpretation, J. Comp. Neur., 138 : 339-368, 1970.
19. Guillery, R.W., 1973, personal communication.
20. Gutman, E. and J. Holubar, The degeneration of peripheral nerve fibers., J. Neurol., 13 : 89-105, 1950.
21. Hard, W.L. and A.M. Lassek, The pyramidal tract. The effect of maximal injury to acid phosphatase content in neurons of cats., J. Neurophysiol., 9 : 121-126, 1946.
22. Harting, J., 1973, personal communication.
23. Held, R., Dissociation of visual functions by deprivation and rearrangement., Psychol. Forsch., 31 : 338, 1968.
24. Lassek, A.M., The pyramidal tract . The sensitivity of axons to maximal injury of cells of origin in the cat., J. Comp. Neurol., 84 : 133-140, 1946.
25. Lassek, A.M., The pyramidal tract . The speed of degeneration in axons following ablation of cells of origin in monkey., J. Comp. Neurol., 85 : 45-51, 1946.

26. Le Gros Clark, W.E., The structure and connections of the thalamus., Brain 55 : 406-470, 1932.
27. Le Gros Clark, W.E., The antecedents of man., Edinburgh University Press, 1959.
28. Lund, R.D., The occipitotectal pathway of the rat., J. Anat. (Lond.), 100 : 51-62, 1966.
29. Magoun, H.W. and Rhines, An inhibitory mechanism in the bulbar reticular formation., J. Neurophysiol., 9 : 165-171, 1946.
30. Maturana, H.R., Efferent fibers in the optic nerve of the toad (Bufo bufo)., J. Anat. (Lond.), 92 : 21-27, 1958.
31. Moore, R.N. and J.M. Goldberg, Ascending projections of the inferior colliculus of the cat. J. Comp. Neurol., 121 : 109-136, 1963.
32. Mountcastle, V.B., Medical Physiology, 13 edition, The C.V. Mosby Company, 1974.
33. Nauta, W.J.H. and P.A. Gyax, Silver impregnation of degenerating axons in the central nervous system : a modified technic. Stain Tech., 29 : 91-93, 1954.
34. Nauta, W.J.H. and S.O.E. Ebbesson, Contemporary Research Methods in Neuroanatomy, Springer-Verlag, New York, 1970.
35. Pannese, Investigations on the ultrastructural changes of the spinal ganglion neurons in the course of axon regeneration and cell hypertrophy. I. Changes during axon regeneration, Z. Zellforsch., 60 : 711-740, 1963.
36. Polyak, S., A contribution to the cerebral representation of the retina, J. Comp. Neurol., 57 : 541-617, 1933.
37. Polyak, S., The Vertebrate Visual System. Chicago, Illinois, Chicago University Press, 1957.
38. Schiller, P.H. and F. Koerner, Discharge characteristics of single units in superior colliculus of the alert rhesus monkey., J. Neurophysiol., 34 : 920, 1971.

39. Schneider, G.E., Two visual systems, Science, 163 : 895-902, 1969.
40. Sherrington, C., The integrative action of the nervous system., Yale Univ. Press, New Haven, Conn., 1947.
41. Sholl, D.A., The organization of the cerebral cortex., Methuen & Co. Ltd., London, 1956.
42. Sholl, D.A., The organization of the visual cortex in the cat., J. Anat., (Lond.), 89 : 33-46, 1955.
43. Sprague, J.M. and T.H. Meikle, The role of the superior colliculus in visually guided behavior., Exp. Neurol., 11 : 115-146, 1965.
44. Sterling, P., Laminar organization of the superior colliculus : Qualitative mapping with electron microscope. Anat. Rec., 175 : 451, 1973.
45. Strachill, M. and K.P. Hoffman, Functional aspects of localization in cat's tectum opticum., Brain Res., 13 : 274-283, 1969.
46. Szentagothai, J., J. Hamori and T. Tömböl, Degeneration and electron microscopic analysis of the synaptic glomeruli in the lateral geniculate body., Exp. Brain Res., 4 : 283-301, 1966.
47. Trevarthen, C.B., Two mechanisms of vision in primates, Psychol. Forsch., 31 : 299, 1968.
48. Wickelgren, B.G., Superior colliculus ; Some receptive field properties of bimodally responsive cells., Science, 173 : 69-71, 1971.