

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การกระจายของ แคลซินดิน - ดี28เค และ พาร์วาลบูมิน ในเซลล์ประสาท  
โดยวิธีอิมมูโนฮิสโตเคมี ในสมองของกระแต (*Tupaia glis*)

( Distribution of calbindin - D28K and parvalbumin  
in neurons by immunohistochemistry in brain of  
the *Tupaia glis* )

ทุนวิจัยวิรัชกาลิเนกสมโภช คณะแพทยศาสตร์

ประจำปี 2538 ครั้งที่ 1

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยประชากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้วิจัย

วิไล สิ้นธเนศ

มังกร ฉางทรัพย์

กุมภาพันธ์ 2538

ชื่อโครงการวิจัย การกระจายของ คาลบินดิน - คี 28 เค และ พาราวาลูมิน ในเซลล์  
ประสาท โดยวิธีอิมมูโนฮิสโตเคมี ในสมองของกระแต (*Tupaia glis*)

ชื่อผู้วิจัย วิไล ชินธเนศ  
บังอร ฉางทรัพย์

เดือนและปีที่ทำวิจัยสำเร็จ กุมภาพันธ์ 2538

#### บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาการกระจายของ calcium binding protein ทั้งสองชนิดคือ คาลบินดิน - คี 28 เค และพาราวาลูมิน ในสมองของกระแต (*Tupaia glis*) โดยวิธี peroxidase-antiperoxidase antibody ที่ใช้ได้แก่ monoclonal antibody ซึ่งมีความเฉพาะกับ คาลบินดิน - คี 28 เค และพาราวาลูมิน โดยใช้กระแตไม่จำกัดเพศน้ำหนัก 130-200 กรัม จำนวน 8 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 2 ตัว ได้แก่กลุ่มซึ่งยอม คาลบินดิน - คี 28 เค และตัดตามแนวขวาง กลุ่มซึ่งยอมคาลบินดิน - คี 28 เค และตัดตามแนวยาว กลุ่มซึ่งยอมพาราวาลูมิน และตัดตามแนวขวาง และกลุ่มซึ่งยอมพาราวาลูมิน และตัดตามแนวยาว จากการทดลองพบว่ามี immunoreactivity ของโปรตีนทั้งสองชนิดนี้ กระจายทั่วไปอย่างกว้างขวางตลอดทั้งสมอง โดยพบในกลุ่มเซลล์ประสาทเกือบทั้งหมด และอยู่ใน perikarya dendrites และ axons ซึ่ง โปรตีนสองชนิดนี้ให้ผลมากในเซลล์ซึ่งต่างชนิดกัน ออกไม่และมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งพบในเซลล์เดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ในเซลล์ Purkinje ของสมองสมองเล็ก และเซลล์ประสาทของ trapezoid nucleus เป็นต้น จากการศึกษาที่พบว่า เซลล์ประสาทซึ่งให้ผลมากคือ การยอมคาลบินดิน - คี 28 เค ค้นซัด ได้แก่เซลล์ประสาทใน thalamus, hypothalamus, limbic system, sensory system, superior olive, olfactory system, trapezoid nucleus, medial geniculate nucleus, visual system, cerebral cortex, cerebellar cortex และใน extrapyramidal system ส่วนเซลล์ประสาทซึ่งให้ผลมากคือ การยอม พาราวาลูมิน ได้แก่ เซลล์ประสาทใน pyramidal system, reticular formation, cerebellar nuclei, cerebellar cortex, cerebral cortex, vestibular system, hippocampal formation และ extrapyramidal system โดย โปรตีนสองชนิดนี้พบได้จำกัดเฉพาะในเซลล์ประสาทและในบางบริเวณของ ependymal cells แต่จะไม่พบ ในพวก glial cells เสีย จากการ ศึกษาพอจะสรุปได้ว่า โปรตีนทั้งสองชนิดนี้มีการกระจายในกลุ่มเซลล์ประสาท ที่แตกต่างกันเป็นส่วนใหญ่

Project title     Distribution of calbindin - D28K and parvalbumin  
                         in neurons by immunohistochemistry in brain of  
                         the Tupaia glis.

Name of the Investigators

Vilai Chentanez

Bungon Changchup

Year                     1996

**Abstract**

The cellular distribution of two calcium binding proteins were investigated by peroxidase - antiperoxidase method with the aid of monoclonal antibody specific for calbindin-D28K (CaLB) and parvalbumin (PV) in the brain of the treeshrews, Tupaia glis. Eight adult treeshrews weighing 130-200 gm were divided into 4 groups : CaLB - cross section, CaLB - sagittal section, PV - cross section and PV - sagittal section. The result found that immunoreactive CaLB and PV have a widespread distribution throughout the brain and were present in most of the neuronal cell groups. The immunoreactivity was observed within the perikarya, dendrites and axons. The two proteins are generally expressed in different neurons with some neurons containing both proteins such as Purkinje cell of cerebellum and neurons in trapezoid nucleus. In this study, CaLB neurons are prominent in thalamus, hypothalamus, limbic system, sensory system, superior olive, olfactory system, trapezoid nucleus, medial geniculate nucleus, visual system, cerebral cortex, cerebellar cortex and extrapyramidal system. PV neurons are prominent in pyramidal system, reticular formation, cerebellar nuclei, cerebellar cortex, cerebral cortex, vestibular system, hippocampal formation and extrapyramidal system. These two proteins were limited primarily to neuronal element and some ependymal cells, and were absent in glial cells. It can be concluded from this study that these two proteins are distributed almost in different neuronal cell groups.

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิง อรศรี รมะนันท์ ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ และให้ความสนับสนุนแก่งานวิจัยนี้ตลอดมา รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงษ์ศักดิ์ วรณไตรโรจน์ ภาควิชาพยาธิวิทยา ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับ เทคนิค และเอื้อเฟื้อ สาระเคมีในระยะแรกของงานวิจัย และฝ่ายวิจัยคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาสนับสนุนให้เงินทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ	หน้า
บทนำ	8
วิธีการทดลอง	12
ผลการทดลอง	20
อภิปรายผลการทดลอง	191
สรุปและข้อ เสนอแนะ	214
ภาคผนวก	215
เอกสารอ้างอิง	219



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขที่ ๑๕  
เลขทะเบียน ๐๐๙๔๔๒  
วัน,เดือน,ปี ๑๕ ธ.ค. ๕๑

I-II	layer of inferior colliculus	CI	claustrum
I-VI	layer of cerebral cortex or superior colliculus	CLi	caudal linear uncus of the raphe
3	oculomotor nucleus	CM	central medial thalamic nucleus
6	abducens nucleus	CPu	caudate putamen (striatum)
7	facial nucleus	Cu	cuneate nucleus
12	hypoglossal nucleus	DC	dorsal cochlear nucleus
A	inferior olive Subnucleus A	DCIC	dorsal cortex of the inferior colliculus
A4	A4 noradrenaline cells	DEn	dorsal endopiriform nucleus
ac	anterior commissure	df	dorsal fornix
aca	anterior commissure, anterior part	DG	dentate gyrus
Acb	accumbens nucleus	DNG	dorsomedial geniculate nucleus
aci	anterior commissure, intrabulbar part	DpG	deep gray layer of the superior colliculus
acp	anterior commissure, posterior part	DPGi	dorsal parasygntocellular nucleus
AI	agranular insular cortex	DpMe	deep mesencephalic nucleus
AL	anterolateral thalamic nucleus	DpWh	deep white layer of the superior colliculus
AM	anteromedial thalamic nucleus	DR	dorsal raphe nucleus
AMPO	anterior medial preoptic nucleus	Osc	lamina dissecans of the entorhinal cortex
Amy	amygdaloid nucleus	DTg	dorsal tegmental nucleus
AO	anterior olfactory nucleus	E	ependyma and subependymal layer
AOB	accessory olfactory bulb	ECIC	external cortex of the inferior colliculus
AOD	anterior olfactory nucleus, dorsal part	ECu	external cuneate nucleus
AOE	anterior olfactory nucleus, external part	Ent	entorhinal cortex
AOL	anterior olfactory nucleus, lateral part	EPI	external plexiform layer of the olfactory bulb
AOM	anterior olfactory nucleus, medial part	f	fornix
APTD	anterior pretectal nucleus, dorsal part	fmi	forceps minor of the corpus callosum
APTV	anterior pretectal nucleus, ventral part	fuj	forceps major of the corpus callosum
AV	anteroventral thalamic nucleus	Fr2	frontal cortex, area 2
AVPO	anteroventral preoptic nucleus	G	gelatinous thalamic nucleus
B	inferior olive subnucleus B	g7	genu of the facial nerve
BaA	basolateral amygdaloid nucleus	gcc	genu of the corpus callosum
BIC	nucleus of the brachium of the inferior colliculus	Gi	gigantocellular reticular nucleus
bic	brachium of the inferior colliculus	GiA	gigantocellular reticular nucleus, alpha part
bp	brachium pontis (stem of middle cerebellar peduncle)	GiV	gigantocellular reticular nucleus, ventral part
BST	bed nucleus of the stria terminalis	GI	glomerular layer of the olfactory bulb CI-3
C	inferior olive subnucleus C	gm	granum
Ce	Caudate nucleus	GP	globus pallidus
CA1-3	fields CA1-3 of Ammon's horn	Gr	gracile nucleus
CaLB	calbindin-D28K	Grn	granular layer of dentate gyrus or cerebellum
CaLB-IRN	calbindin-D28K immunoreactive neurons	GrA	granular cell layer of the accessory olfactory bulb
CaLB-IRF	calbindin-D28K immunoreactive fibers	GrC	granular layer of the cochlear nuclei
cc	corpus callosum	HDB	nucleus of the horizontal limb of the diagonal band
Ce	central amygdaloid nucleus	Hip	hippocampal formation
CaA	central amygdaloid nucleus	ic	internal capsule
CG	central (periaqueductal) gray	IC	inferior colliculus
cg	cingulum	ICJ	islands of Calleja
Cg1	cingulate cortex, area 1	ICJM	islands of Calleja, major island
Cg3	cingulate cortex, area 3	icp	inferior cerebellar peduncle (restiform body)
CGU	central gray, dorsal part	IG	indusium griseum
CIC	central nucleus of the inferior colliculus	IGr	internal granular layer of the olfactory bulb

Inf	infracerebellar nucleus	Mi	mitral cell layer of the olfactory bulb
InG	intermediate gray layer of the superior colliculus	ml	medial lemniscus
IntA	interposed cerebellar nucleus, anterior part	mlf	medial longitudinal fasciculus
IntP	interposed cerebellar nucleus, posterior part	MM	medial mammillary nucleus
InWh	intermediate white layer of the superior colliculus	MMG	mediomedial geniculate nucleus
IO	inferior olive	mm	millimetre
IOB	inferior olive, subnucleus B of medial nucleus	MnA	median accessory nucleus of medulla
IOO	inferior olive, dorsal nucleus	MnR	median raphe nucleus
IP	interpeduncular nucleus	MO	medial orbital cortex
IPA	interpeduncular nucleus, apical subnucleus	Mo5	motor trigeminal nucleus
IPC	interpeduncular nucleus, caudal subnucleus	MoI	molecular layer of the dentate gyrus
IPi	interpeduncular nucleus, intermediate subnucleus	MPA	medial preoptic area
IPL	interpeduncular nucleus, lateral subnucleus	MPO	medial preoptic nucleus
IPI	internal plexiform layer of the olfactory bulb	MS	medial septal nucleus
IRF	immunoreactive fibers	MSO	medial superior olive
IRN	immunoreactive neuron	MVe	medial vestibular nucleus
IRt	intermediate reticular nucleus	MVeV	medial vestibular nucleus, ventral part
LaA	lateral amygdaloid nucleus	OB	olfactory bulb
Lat	lateral (dentate) cerebellar nucleus	Oll	olivary nucleus
Ld	lambdaoid-septal zone	Op	optic nerve layer of the superior colliculus
LG	lateral geniculate nucleus	opt	optic tract
LH	lateral mammillary nucleus	P7	perifacial zone
LO	lateral orbital cortex	Pa	paraventricular hypothalamic nucleus
Lo	lateral olfactory tract	Pa6	parabrachial nucleus
LP	lateral posterior thalamic nucleus	PCRT	parvocellular reticular nucleus
LPGi	lateral paraventricular nucleus	pd	predorsal bundle
LPO	lateral preoptic area	Pir	piriform cortex
LRL	lateral reticular nucleus	Pls	plexiform layer
LSD	lateral septal nucleus, dorsal part	Pn	pontine nuclei
LSI	lateral septal nucleus, intermediate part	PnC	pontine reticular nucleus, caudal part
LSV	lateral septal nucleus, ventral part	PnD	pontine reticular nucleus, oral part
LV	lateral ventricle	Po	posterior thalamic nuclear group
LVe	lateral vestibular nucleus	Pol	polymorphic cell layer
Ma	mammillary body	Pr5	principal sensory trigeminal nucleus
m5	motor root of the trigeminal nerve	PrH	prepositus hypoglossal nucleus
mcp	middle cerebellar peduncle	PrS	presubiculum
MCPO	mesencephalic preoptic nucleus	Pu	putamen
MD	mediodorsal thalamic nucleus	Pur	purkinje cell layer of cerebellum
MDd	medullary reticular nucleus, dorsal part	PV	parvalbumin
MDV	medullary reticular nucleus, ventral part	PV-IRN	parvalbumin immunoreactive neurons
Me5	mesencephalic trigeminal nucleus	PV-IRF	parvalbumin immunoreactive fibers
MeA	medial amygdaloid nucleus	Py	pyramidal cell layer of the hippocampus
mf	medial forebrain bundle	py	pyramidal tract
mfbs	medial forebrain bundle, 'a' component	pyx	pyramidal decussation
MG	medial geniculate nucleus	R	red nucleus
MGD	medial geniculate nucleus, dorsal part	RAmb	retroambigous nucleus
MGV	medial geniculate nucleus, ventral part	Re	reuniens thalamic nucleus
mg/kg	milligram / kilogram	RF	rhinal fissure

ROb	raphe obscurus nucleus		
RPN	raphe pontis nucleus	X	nucleus X
RPO	rostral periolivary region	Y	nucleus Y
RRF	retrotrubral field	Zo	zonal layer of the superior colliculus
rs	rubrospinal tract		
Rt	reticular thalamic nucleus		
RVL	rostroventrolateral reticular nucleus		
Su	subiculum		
s5	sensory root of the trigeminal nerve		
SC	superior colliculus		
scp	superior cerebellar peduncle (brachium conjunctivum)		
SFi	septofimbrial nucleus		
SHi	septohippocampal nucleus		
SHy	septohypothalamic nucleus		
SNC	substantia nigra, compact part		
SNL	substantia nigra, lateral part		
SNR	substantia nigra, reticular part		
SO	supraoptic nucleus		
Sol	nucleus of the solitary tract		
sox	supraoptic decussation		
sp5	spinal trigeminal tract		
Sp5	spinal trigeminal nucleus		
Sp5C	spinal trigeminal nucleus, caudal part		
Sp5I	spinal trigeminal nucleus, interpolar part		
Sp5O	spinal trigeminal nucleus, oral part		
SP0	superior paraventricular nucleus		
SpVe	spinal vestibular nucleus		
STh	subthalamic nucleus		
SubC	subcoeruleus nucleus		
SubG	subgeniculate nucleus		
SuG	superficial gray layer of the superior colliculus		
SuVe	superior vestibular nucleus		
tfp	transverse fibers of the pons		
ts	tectospinal tract		
Tu	olfactory tubercle		
TZ	nucleus of the trapezoid body		
tz	trapezoid body		
um	micrometre		
VCP	ventral cochlear nucleus, posterior part		
VDB	nucleus of the vertical limb of the diagonal band		
VL	ventrolateral thalamic nucleus		
VNG	ventral medial geniculate nucleus		
VO	ventral orbital cortex		
VP	ventral pallidum		
VPL	ventral posterolateral thalamic nucleus		
VPM	ventral posteromedial thalamic nucleus		
VPO	ventral periolivary region		





## บทนำ

แคลเซียมไอออน ( $Ca^{2+}$ ) นับเป็น ไอออน ที่สำคัญภายในร่างกาย โดยพบว่ามีความบทบาทในการทำงานของอวัยวะต่างๆ การศึกษาเกี่ยวกับ  $Ca^{2+}$  ได้มีอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะทางด้านสรีรวิทยาและชีววิทยา การศึกษามักเกี่ยวข้องกับกลไกต่างๆ ในการเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาทั้งการกระตุ้น (activation), การตอบสนอง (responsiveness) และปฏิกิริยาในการขนถ่าย (transportation) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับกลไกต่างๆ นั้น พบว่าในเนื้อเยื่อบางชนิดก็ยังไม่ค้นพบคำตอบที่ชัดเจนนัก

Rasmussen (1970) ได้ให้แนวความคิดว่า  $Ca^{2+}$  ทำหน้าที่คล้ายกับเป็น universal secondary messenger โดยทำหน้าที่คล้ายกับ cyclic adenosine 3,5-monophosphate (cAMP) แต่เขาก็ไม่สามารถที่จะอธิบายได้ว่ากลไกของมันเกิดขึ้นได้อย่างไร แต่ได้ให้คำจำกัดความ แคลเซียมไอออน ว่าเป็น "Transmembrane information transfer"

ต่อมาได้พบว่า มีโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องในการขนถ่าย (calcium binding protein (CaBP)) หลายชนิด ซึ่งโปรตีนเหล่านี้มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่า  $Ca^{2+}$  เลย เพราะทำหน้าที่คอยควบคุมความเข้มข้นของ  $Ca^{2+}$  ให้เหมาะสมโดยเป็น "Intracellular buffer" นั้นเอง (Miller, 1988) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาพบว่าถ้าปริมาณ  $Ca^{2+}$  ในเซลล์ขาดการควบคุมจะทำให้เกิด excessive cell activation injury ขึ้นได้ เช่นในสภาพของการขาดเลือด (ischemia) (Choi, 1988) เป็นผลทำให้เกิดมีพยาธิสภาพเกิดขึ้น เนื่องจากมีการตายของเซลล์ (Campbell, 1983)

การศึกษาเกี่ยวกับ calcium binding proteins (CaBP) ได้เริ่มต้นในระยะ 30 ปีที่ผ่านมา ได้มีการค้นพบ high - affinity intracellular acceptor ตัวแรกคือ troponin-C (Ebashi, 1960; Ebashi, 1976) โดยเมื่อมีการจับ กับ  $Ca^{2+}$  จะทำให้เกิดมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ นับว่าเป็นจุดเริ่มต้นในการศึกษาเกี่ยวกับ intracellular calcium binding protein ที่พบใน กล้ามเนื้อลาย

ต่อมาได้มีการศึกษาถึง calmodulin ซึ่งเป็น CaBP อีกตัวหนึ่ง พบว่าการ จับกับ  $Ca^{2+}$  ของ calmodulin นั้นมีความสำคัญใน biological selective effect ต่างๆ อย่างมาก (Means et al., 1982) และมีผู้ได้ให้คำจำกัดความว่า calmodulin เป็น "Trigger protein" (Dalgarno et al., 1984) ส่วนกลไกของ calcium signal ในการถ่ายทอดนั้น ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด คาดว่าอาจเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของ  $Ca^{2+}$  ในการกระจายภายในเซลล์ ก็เป็นไปได้

นอกจาก troponin-C และ calmodulin ได้มีการค้นพบ CaBP ตัวอื่นในระยะไม่นาน

มานี้ โดยสามารถจับกับ  $Ca^{2+}$  โดยมี high affinity โปรตีนเหล่านี้ได้แก่ calbindin-D28K (Wasserman and Taylor, 1966) , S-100 protein และ parvalbumin (Berchtold and Means, 1985) เป็นต้น

Calbindin-D28K และ parvalbumin ทั้งคู่ทำหน้าที่เป็น calcium transport และ เป็น intracellular calcium buffer (Kretsinger, 1981) และ Dalgarno (1984) ได้จำกัดความว่าเป็น "Transport/Buffer protein" โดยจะมีการ จับกับ แคลเซียม-ไอออน เป็นระยะ นอกจากนี้ยังพบว่า parvalbumin มีความเกี่ยวข้องใน fast muscle fibers ค้าง (Celio and Heizmann, 1982) ส่วน calbindin-D28K จะเกี่ยวข้องใน translocation ของ  $Ca^{2+}$  ผ่านชั้น mucosa ของลำไส้ (Wassermann and Taylor, 1966)

จากการศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่าง calbindin-D28K กับโรคที่เกิดขึ้นทางสมอง พบว่าในบางโรคมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ calbindin-D28K ในบางบริเวณ เช่นคนที่เป็น epilepsy โดย Miller และคณะ (1983) ได้ศึกษาถึงปริมาณ calbindin-D28K พบว่ามีจำนวนลดลงใน dentate granule cells ของ hippocampus และเขาได้อธิบายว่าสาเหตุเกิดจากการที่ calcium buffering capacity ลดลง ซึ่งนำไปสู่ rapid inactivation ของ calcium channels จึงทำให้เกิดอาการชักขึ้นได้ การศึกษาในคนที่เป็น Huntington's disease พบว่า มีการลดลงของ calbindin - D28K immunoreactive neurons ใน substantia nigra, caudate nucleus และ putamen (Kiyama et al., 1980) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในระดับ gene ปรากฏว่า calbindin mRNA levels และ protein levels ลดลงถึง 60-80% ในสมองของ aging rat ในบริเวณ cerebellum , corpus striatum และ brain stem แต่ไม่พบเปลี่ยนแปลงใน cerebral cortex และ hippocampus การศึกษาใน aging human พบลดลงถึง 50-88% ในบริเวณ cerebellum, corpus striatum และ nucleus basalis แต่ไม่พบมีความเปลี่ยนแปลงใน neocortex, hippocampus, amygdala, locus ceruleus และ nucleus raphe dorsalis (Iacopino and Christakos, 1990) นอกจากนี้ ยังพบว่าในโรคของ neurodegenerative อื่นๆ ก็พบว่ามีปริมาณของ calbindin-28K ลดลงเช่นกัน เช่น Parkinsonism พบลดลงที่ substantia nigra และใน Alzheimer's disease พบว่ามีปริมาณ calbindin-D28K และ calmodulin ลดลงที่บริเวณ cortex และ white matter โดยลดลงถึงประมาณ 66% (McLachlan, 1987) ได้มีการศึกษาถึง calcium binding protein ควบคู่กับ neurotransmitter พบว่าบริเวณที่มี calbindin-D28K immunoreactivity จะเป็นบริเวณที่ ให้ผลมากต่อ การย่อย acetylcholine ค้าง (Graybiel, 1981)

การศึกษา parvalbumin ซึ่งเกี่ยวข้องกับโรคต่างๆที่พบได้ในระยะไม่นานนี้ โดย Heizman และคณะ (1987) ได้ทำการศึกษาระดับของ parvalbumin ใน tumor cells และได้พบว่าปริมาณค่อนข้างสูงในเซลล์ชนิดนี้ นั้นแสดงว่า parvalbumin อาจมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็งก็เป็นได้ นอกจากนี้ Viragh และคณะ (1989) ได้ศึกษาพบว่าปริมาณ parvalbumin จะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อให้สัตว์ทดลองได้รับ vitamin D ที่มากเกินไป ส่วน calmodulin, calbiuchin-D28K และ S-100 protein ไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลง ซึ่งบริเวณที่ปริมาณ parvalbumin เพิ่มขึ้น คือ caudate nucleus และ putamen ส่วนบริเวณ cerebral cortex, hippocampus และใน ไต ไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า metabolism ของ parvalbumin ใน caudate nucleus และ putamen ได้รับอิทธิพลจาก steroid hormone ได้มีการศึกษาใน Alzheimer's disease (Sato et al., 1991) และ epileptic (Sloviter et al., 1991) ในระบบประสาทส่วนกลางพบว่า parvalbumin immunoreactive neurons มีปริมาณและขนาดที่ลดลงในบริเวณต่างๆส่วนการศึกษาใน murine muscle dystrophy พบว่าปริมาณ parvalbumin ก็ลดลง เช่นกันโดยคาดว่ามีความเกี่ยวข้องกับการ progression ของโรค (Greaves et al., 1991) ด้วย นอกจากนี้ Kobayashi และคณะ (1990) ได้ศึกษาปริมาณของ calbindin-D28K และ parvalbumin ใน Down's syndrome และได้พบว่า ทั้ง calbindin-D28K และ parvalbumin immunoreactive neurons มีปริมาณลดลงค่อนข้างมากใน cerebral cortex อีกด้วย

ในการศึกษา calbindin-D28K และ parvalbumin ระยะแรกๆ ไม่ได้เริ่มการศึกษาจากมนุษย์เพราะมีข้อจำกัดอย่างมากเกี่ยวกับปัญหาจริยธรรม ดังนั้นการศึกษาจึงได้ทำในสัตว์หลายชนิด เช่น ในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ, นก, ปลา, หมู, ค้างคาว, หนู และ ลิง ส่วนการศึกษาในมนุษย์ยังทำได้ไม่กว้างขวางนัก เพราะปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้การศึกษานี้ในสัตว์ต่างๆ โดยส่วนใหญ่จะทำการศึกษาในบางบริเวณไม่ครอบคลุมทั้งหมด และสัตว์ที่ทำการศึกษบางชนิดก็ไม่ได้เลี้ยงมนุษย์มากนัก ผลการศึกษาอาจจะยังคงมีความแตกต่างกันมาก เช่น การศึกษาในพวกค้างคาว (*Pteronotus parnelli*) ก็ยังพบว่าการกระจายของโปรตีนเหล่านี้ใน ระบบประสาท การได้ยิน ซึ่งมีความแตกต่างจากของมนุษย์มาก ดังนั้นการศึกษานี้ที่สัตว์วิวัฒนาการเดียวกันกับมนุษย์ เช่น กระแต จึงน่าจะค่อนข้างมีประโยชน์ เพราะกระแตถือว่าเป็น primitive primate (บุญส่ง เลขะกุล และ Mcneely, 1977) ซึ่งมีลักษณะทาง กายวิภาค ต่างๆ คล้ายมนุษย์ นอกจากนี้กระแต ยังสามารถพบได้มากในประเทศไทย จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาศึกษาและพบว่าไม่เคยมีผู้ศึกษาเรื่องนี้ในกระแตเลย

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย (objectives)

เพื่อศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการกระจายของ เซลล์ประสาท ซึ่งให้ผลบวกต่อการยึด calcium binding proteins 2 ชนิดคือ calbindin-D28K และ parvalbumin ในสมองของกระแต (*Tupaia glis*) โดยวิธีอิมมูโนฮิสโตเคมี และศึกษาการกระจาย รูปร่าง และขนาดของเซลล์ เหล่านี้ในบริเวณต่างๆ ของสมอง

### ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ประโยชน์จากการวิจัย

(expected benefit and application)

จากการศึกษานี้ จะ ได้ข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งเป็นข้อมูลใหม่เกี่ยวกับ การกระจายของ calbindin-D28K และ parvalbumin ในสมองของกระแต ซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ใกล้เคียงกับมนุษย์ (กลุ่ม primate) การศึกษาในสัตว์ชนิดนี้ น่าจะใกล้เคียงมนุษย์มากกว่าการศึกษาในสัตว์พวก rodent ผลการศึกษาจะสามารถนำไปศึกษาควบคู่กับทาง neurochemistry เพื่อหาสารสื่อประสาทที่พบในเซลล์ประสาทที่มี calcium binding protein เหล่านี้ ซึ่งจะ ทำให้ทราบหน้าที่ของ เซลล์ประสาทเหล่านี้ ได้ดีขึ้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## วิธีการทดลอง

### สัตว์ทดลอง (Animal)

ใช้กระแตธรรมดา (common treeshrew) ไม่จำกัดเพศ น้ำหนักประมาณ 130-200 g จำนวน 8 ตัว

### วิธีการ แบ่งกระแตเป็น 4 กลุ่ม ละ 2 ตัว

กลุ่มที่ 1 ศึกษาการกระจายของ calbindin immunoreactive neurons จากชั้นเนื้อของสมองกระแต คัดแบบ coronal

นำสัตว์ทดลองมาทำให้สลบด้วย Nembutal ขนาด 50 mg/kg ทำให้สมองแข็งตัว โดยการสวนน้ำยา (perfuse) เข้าไปทางหัวใจ จากนั้นทำการแกะสมอง และตัดออกเป็น block นำไปตัดแบบ coronal ด้วยเครื่อง vibratome โดยใช้ความหนา 50  $\mu$ m แล้วเก็บชิ้นเนื้อที่ได้ใน 0.1 M phosphate buffer saline pH 7.4 และนำไปหม้อม calbindin-D28K ด้วยวิธี อิมมูโนฮิสโตเคมี เพื่อนำไปศึกษาถึงลักษณะการกระจายและตำแหน่งต่างๆของ calbindin-D28K immunoreactive neurons ในสมองต่อไป

กลุ่มที่ 2 ศึกษาการกระจายของ calbindin immunoreactive neurons จากชั้นเนื้อของสมองกระแต คัดแบบ sagittal

ทำเช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ 1 แต่คัดแบบ sagittal

กลุ่มที่ 3 ศึกษาการกระจายของ parvalbumin immunoreactive neurons จากชั้นเนื้อสมองกระแต คัดแบบ coronal

ทำเช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ 1 แต่ทำการหม้อมด้วย parvalbumin

กลุ่มที่ 4 ศึกษาการกระจายของ parvalbumin immunoreactive neurons ชั้นเนื้อของสมองกระแต คัดแบบ sagittal

ทำเช่นเดียวกันกับกลุ่มที่ 3 แต่คัดแบบ sagittal

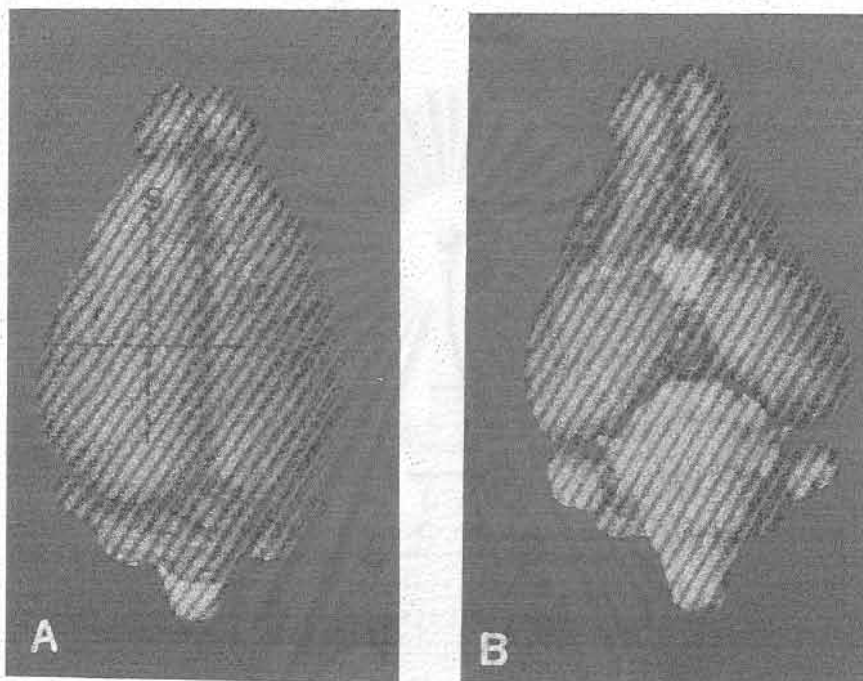
### ขั้นตอนการสวนน้ำยาเข้าทางหัวใจ (Perfuse) และการเตรียมเนื้อเยื่อสมอง

การสวนน้ำยาเข้าทางหัวใจ (perfuse) มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำจัด เม็ดเลือดต่าง ๆ ออกจากร่างกายทั้งระบบ เพราะเม็ดเลือดสามารถรบกวนปฏิกิริยาได้ นอกจากนี้ยังเป็นการรักษาเนื้อเยื่อและเซลล์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่ดี เพราะ fixative สามารถเข้าไปตามเส้นเลือดฝอยเล็กทั่วร่างกาย และคูดซิมเข้าสู่เนื้อเยื่อ และเซลล์อย่างทั่วถึง ทำให้โปรตีนที่ต้องการศึกษาคงสภาพเป็นอย่างดี

ขั้นตอนการสวนน้ำยาเข้าทางหัวใจ (perfuse) มีดังนี้คือ

1. สลบกระแตด้วย Nembutal ในขนาด 50 mg / kg / bw โดยฉีดเข้าช่องท้องและใช้กรรไกรตัดคิ้วหนังบริเวณช่องท้อง และเปิดช่องท้อง ตอไปจนถึงช่องอกโดยการตัดซี่โครงออกทั้งสองข้าง ตัด diaphragm ออกและเปิดช่องอกจนสามารถเห็นหัวใจ ใช้กรรไกรขนาดเล็กเจาะเอา pericardium ออก ต่อจากนั้นใช้กรรไกรตัดบริเวณ left ventricle เล็กน้อย แล้วใช้เข็มซึ่งต่อมาจากสายน้ำยา แผลงเข้า left ventricle จนปลายเข็มเข้าไปอยู่บริเวณ ส่วนคั่น ของ aorta เปิดน้ำยาชนิดแรกเพื่อให้เข้าสู่ aorta และจะเห็นว่าหัวใจจะมีขนาดบวมพองขึ้น จากนั้น จึงใช้กรรไกรปลายแหลมตัดที่ บริเวณ right atrium เล็กน้อย เพื่อเป็นการระบายน้ำยาออก ความดันของน้ำยาที่เข้าสู่ร่างกาย ควรอยู่ในช่วง 80-100 มิลลิเมตรปรอท น้ำยาต่าง ๆ ที่ใช้ในการ perfuse จะให้ตามลำดับคือ
  - 1.1 Normal saline ปริมาณ 300 ml และควรมีอุณหภูมิ 37-C
  - 1.2 10% formalin (dilute ด้วย 0.1 M PBS pH7.4) ควรใช้ประมาณ 500 ml
  - 1.3 10% Sucrose (ทำละลายด้วย 0.1 M PBS pH 7.4) ประมาณ 500 ml และค่อนข้างเย็น
2. ภายหลังจาก perfuse (จะสังเกตได้ว่า กระแตมีลักษณะลำตัวแข็งมาก) ทำการแกะกะโหลกศีรษะของสัตว์ที่ทดลองออก และนำสมองออกไปแช่ใน 30% sucrose (W/V) โดยแช่ค้างคืน ไว้เพื่อให้เนื้อสมองแข็งขึ้น
3. นำสมองที่แช่แล้วมาตัดเป็นท่อนๆ เพื่อนำมาทำ block ก่อนนำไปตัดด้วยเครื่อง vibratome การทำ block จะใช้สารพวก albumin-gelatin solution (ภาคผนวก) เพื่อให้ชิ้นเนื้อคงสภาพดีในระหว่างขั้นตอนการย้อม (แต่ละ block ของชิ้นเนื้อไม่ควรมีความสูงเกิน 1 cm)
4. นำ block ชิ้นเนื้อ ทำ marker ไว้ เพื่อความสะดวกในการกู้ย้าย-ขวา และ บน-ล่าง จากนั้นนำไปตัด ด้วยเครื่อง vibratome โดยให้ได้ ชิ้นเนื้อ มีความหนา 50 um

ชิ้นเนื้อที่ตัดแล้วจะแช่ PBS pH 7.4 ในภาคหลุม โดยเรียงชิ้นเนื้อตามลำดับที่ตัด (serial section) และให้ ชิ้นเนื้อ เสียหายน้อยที่สุด ทำการตัดสมองกระแตแต่ละตัว แล้วจึงนำไป ทำการย้อมทาง อิมมูโนฮิสโตเคมี การตัดชิ้นเนื้อสมองกระแตจะมีทั้งแนว coronal และ sagittal (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงสมองกระแต ทางด้านบน (A) และด้านล่าง (B)

S: แนวการตัดแบบ sagittal

C: แนวการตัดแบบ coronal

#### ขั้นตอนการย้อมด้วยวิธี อิมมูโนฮิสโตเคมี

ชิ้นเนื้อซึ่งผ่านการตัดด้วยเครื่อง Vibratome จะแช่อยู่ใน 0.1 M phosphate buffer pH 7.4 ซึ่งการย้ายชิ้น ชิ้นเนื้อ ไปยังภาคหลุมอื่นว เพื่อเปลี่ยนน้ำยานั้นจะต้องทำด้วยความระมัด ระวัง เพราะอาจมีความเสียหายเกิดขึ้นได้ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ชิ้น ชิ้นเนื้อ นั้น ในการทดลองนี้ ได้ใช้ capillary pipett ซึ่งนำมาเผาไฟจนส่วนปลายโค้งงอ และให้บดลายมนเพราะจะไม่ ทำให้เกิดความเสียหายแก่ ชิ้นเนื้อ ได้ง่าย

ขั้นตอนของการย้อม ชิ้นเนื้อ ด้วยวิธี อิมมูโนฮิสโตเคมี มีขั้นตอนต่างว ตามลำดับคือ

1. นำ ชิ้นเนื้อ ซึ่งแช่อยู่ใน 0.1 M PBS pH 7.4 นำไปใส่ภาคหลุมซึ่งใส่ 3% normal rabbit serum (ภาคผนวก) incubate เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ

ห้องหรืออาจจะ incubate ที่ 4°C ค้างคืนก็ได้ ในการ incubate ควรจะเขย่าน้ำยาตลอดเวลา (โดยการใช้เครื่อง rotator) เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างทั่วถึง การใช้ 3% normal rabbit serum ในขั้นตอนนี้ เพื่อเป็นการบล็อก non specific antigen ต่างๆ นั้นเอง

2. นำ ชิ้นเนื้อ ไป incubate ใน primary antibody (ภาคผนวก) โดยใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมงในอุณหภูมิ 4°C
3. นำ ชิ้นเนื้อ ไปล้างด้วย 0.1 M PBS pH 7.4 เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นการล้างครั้งแรก แล้วจึงนำ ชิ้นเนื้อ ไปล้างครั้งที่สองด้วย 0.1 M PBS pH 7.4 เช่นกัน และแช่ไว้ค้างคืน โดยใช้อุณหภูมิ 4°C
4. นำ ชิ้นเนื้อไป incubate ใน secondary antibody (ภาคผนวก) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าตลอดเวลา
5. ล้าง ชิ้นเนื้อ ด้วย 0.1 M PBS pH 7.4 3 ครั้ง โดยใช้เวลาครั้งละประมาณ 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เขย่าตลอดเวลาในขณะที่ทำการล้าง
6. นำ ชิ้นเนื้อ ไป incubate ใน streptavidin-biotinylated peroxidase complex (ภาคผนวก) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องและเขย่าตลอดเวลา
7. ล้าง ชิ้นเนื้อ ด้วย 0.1 M PBS pH 7.4 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง
8. นำ ชิ้นเนื้อ incubate ใน 0.05% 3,3 diaminobenzidine tetrahydrochloride ประมาณ 5 นาที จากนั้นจึงเติม 30% hydrogenperoxide ( $H_2O_2$ ) โดยคำนวณให้ความเข้มข้นสุดท้าย เท่ากับ 0.003% เขย่าตลอดเวลา ด้วย rotator จะสังเกตเห็นว่าสีของ ชิ้นเนื้อเปลี่ยน เป็นสีน้ำตาลขึ้นเรื่อยๆจนเมื่อเป็นสีน้ำตาลแก่ จึงย้ายชิ้นเนื้อ ไปล้างในขั้นตอนนี้ต่อไป
9. ย้าย ชิ้นเนื้อ ไปล้างใน 0.1 M PBS pH 7.4 3 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที จากนั้นจึงแช่ ชิ้นเนื้อ ไว้ใน 0.02 M PBS pH 7.4 เพื่อรอนำไปติดวางบนแผ่นสไลด์ ต่อไป
10. นำ ชิ้นเนื้อ ไปติดบน สไลด์ ซึ่งผ่านการเคลือบด้วย chromalum solution (คูภาคผนวก) โดยเรียงตามลำดับ แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษกรอง
11. เมื่อ ชิ้นเนื้อ แห้งสนิทแล้ว จึงนำไปผ่านขบวนการ dehydration , clear และ mount



### การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล (data collection and data analysis)

ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอนคือ

1. วาดรูปร่างของสมองโดย camera lucida จาก ชิ้นเนื้อ ที่ทำการศึกษาหา calbindin-D28K immunoreactive neurons ใน cross sections โดยเริ่มจากบริเวณ rostral ไปยัง caudal และวาดเช่นเดียวกันใน sagittal sections โดยเริ่มจากบริเวณ medial ไปยังบริเวณ lateral ซึ่งจะทำการวาดในทุก ชิ้นเนื้อ ที่ค่อนข้างสมบูรณ์

2. จุดหาคำแหน่งของ เซลล์ซึ่งให้ผลบวกต่อการย้อม calbindin - D28K (calbindin-D28K immunoreactive neurons) ในบริเวณ nucleus ต่างๆ โดยจุดให้ตรงกับตำแหน่งของ เซลล์ประสาทรูปร่าง ซึ่งจะทำให้ทราบถึงตำแหน่งและปริมาณที่แน่นอนของ เซลล์ ซึ่งให้ผลบวก

3. วาดรูปเซลล์ในทุกบริเวณซึ่งให้ผลบวก โดยการใช้ camera lucida พร้อมทั้งศึกษารายละเอียดต่างๆ ของเซลล์ รวมทั้งลักษณะของ fiber ซึ่งให้ผลบวกในบริเวณนั้น เช่นการติดสีเป็นต้น และในการวาดเซลล์ต่างๆ ออกมานั้น จะส่งตัวอย่าง เซลล์ซึ่งเป็นตัวแทนประมาณ 30-50 เซลล์ ในบริเวณที่มีปริมาณเซลล์อยู่อย่างหนาแน่น ส่วนในบริเวณที่มีเซลล์ค่อนข้างน้อยจะวาดออกมาทุกเซลล์

ในการบันทึกความหนาแน่นของเซลล์และ fiber จะแบ่งเป็น 6 ระดับ คือ (รูปที่ 3)

0 = ไม่พบเซลล์ หรือ fiber ซึ่งให้ผลบวกเลย

1+ = พบเซลล์หรือ fiber ในปริมาณน้อยมาก (พบประมาณ 1-5 เซลล์/0.5 ตารางมิลลิเมตร)

2+ = พบเซลล์หรือ fiber ได้บ้าง (พบประมาณ 6-15 เซลล์/0.5 ตารางมิลลิเมตร)

3+ = พบเซลล์หรือ fiber ในปริมาณปานกลาง (พบประมาณ 16-40 เซลล์/0.5 ตารางมิลลิเมตร)

4+ = พบเซลล์หรือ fiber ได้มาก (พบประมาณ 41-60 เซลล์/0.5 ตารางมิลลิเมตร)

5+ = พบเซลล์หรือ fiber หนาแน่น (พบประมาณ > 60 เซลล์/0.5 ตารางมิลลิเมตร)

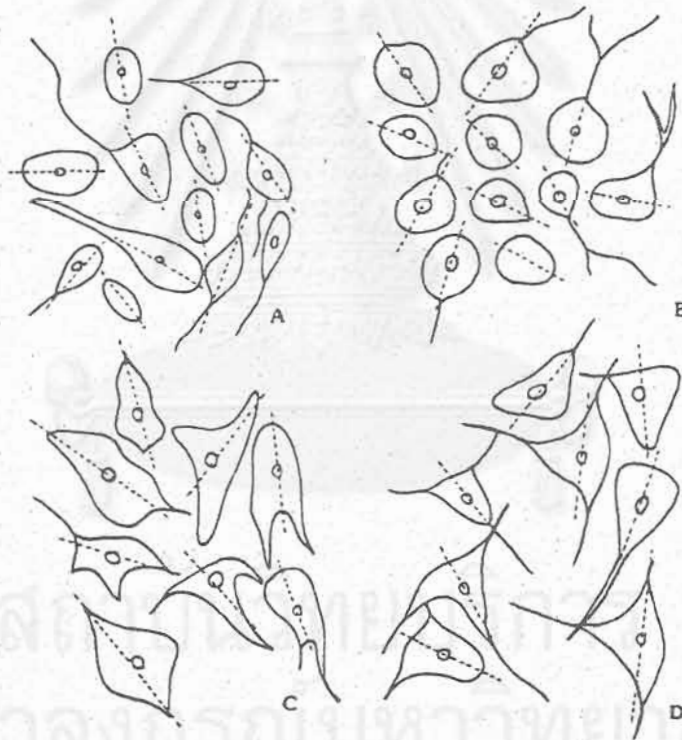
4. จากเซลล์ในบริเวณต่างๆ ซึ่งได้วาดไว้ นำมาวัดขนาดด้วย micrometer ซึ่งวาดออกมาเช่นกัน โดยทำการวัดความยาวของเซลล์ตาม long axis และผ่าน nucleolus จะทำให้ได้ขนาดที่แท้จริงของเซลล์ (รูปที่ 2) หรือมันนั้นก็ทำการบันทึกรูปร่างของเซลล์ซึ่งวาดออกมา เช่น กลม กลมรี สามเหลี่ยมและหลายเหลี่ยม เป็นต้น (รูปที่ 2)

5. ถ่ายรูปสมองในระดับต่างๆ ใน สั้นเนื้อ เคียงกันกับในข้อ 1 จากนั้น ทำการวาดรูป และลงตำแหน่งของ nucleus ต่างๆ โดยเปรียบเทียบและอ้างอิงจาก stereotaxic atlas ของ สมองหนู ลิง และมนุษย์ ในตำแหน่งซึ่งใกล้เคียงมากที่สุด

6. จากรูปสมองในข้อ 5 ซึ่ง ได้วาดไว้ นำมา plot ความหนาแน่นของเซลล์ และ fiber ในบริเวณซึ่งให้ผลบวก โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

- low = บริเวณซึ่งพบมีความหนาแน่นของเซลล์หรือ fiber ในปริมาณ 0-1+  
 moderate = บริเวณซึ่งพบมีความหนาแน่นของเซลล์หรือ fiber ในปริมาณ 2+-3+  
 high = บริเวณซึ่งพบมีความหนาแน่นของเซลล์หรือ fiber ในปริมาณ 4+-5+

7. ทำเช่นเดียวกันตั้งแต่ข้อ 1-6 ในการหา parvalbumin immunoreactive neurons



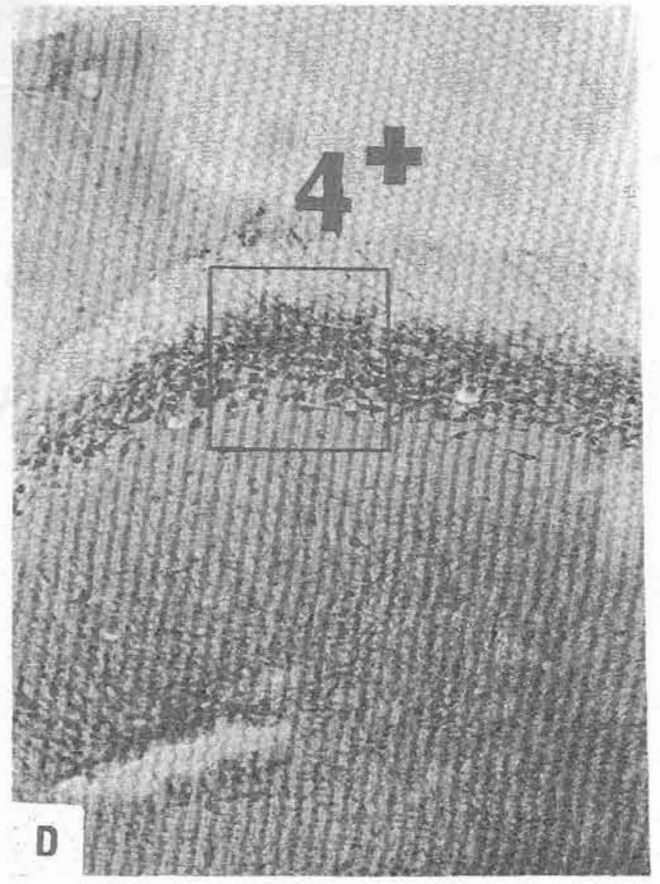
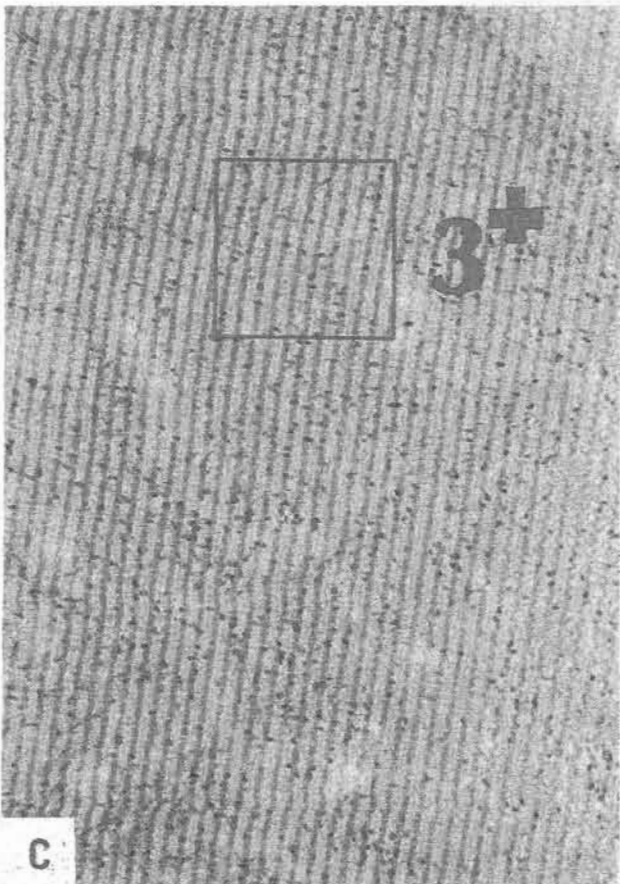
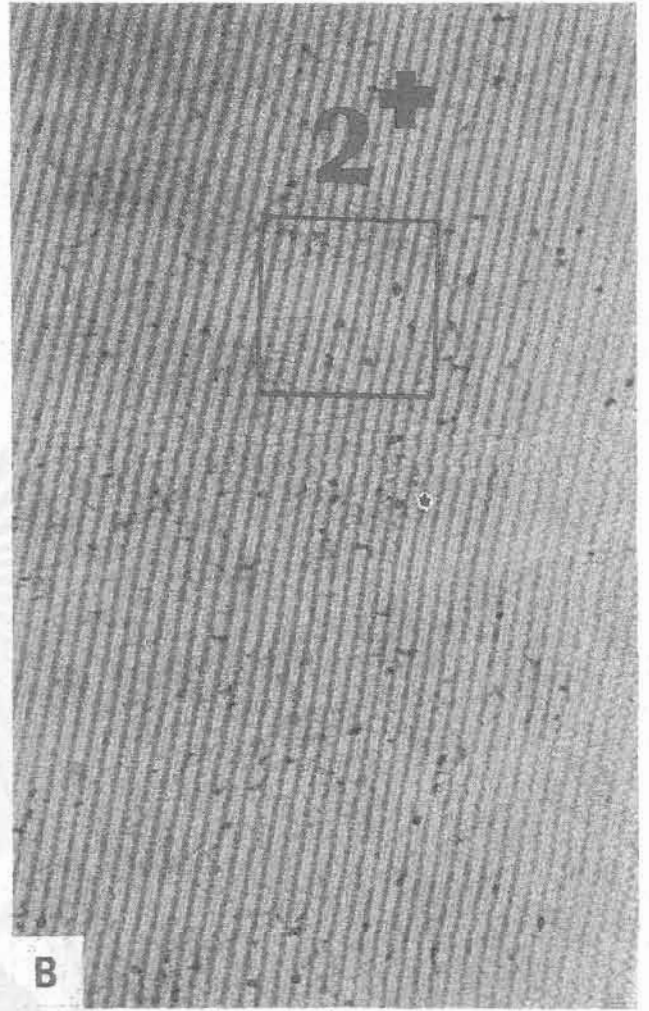
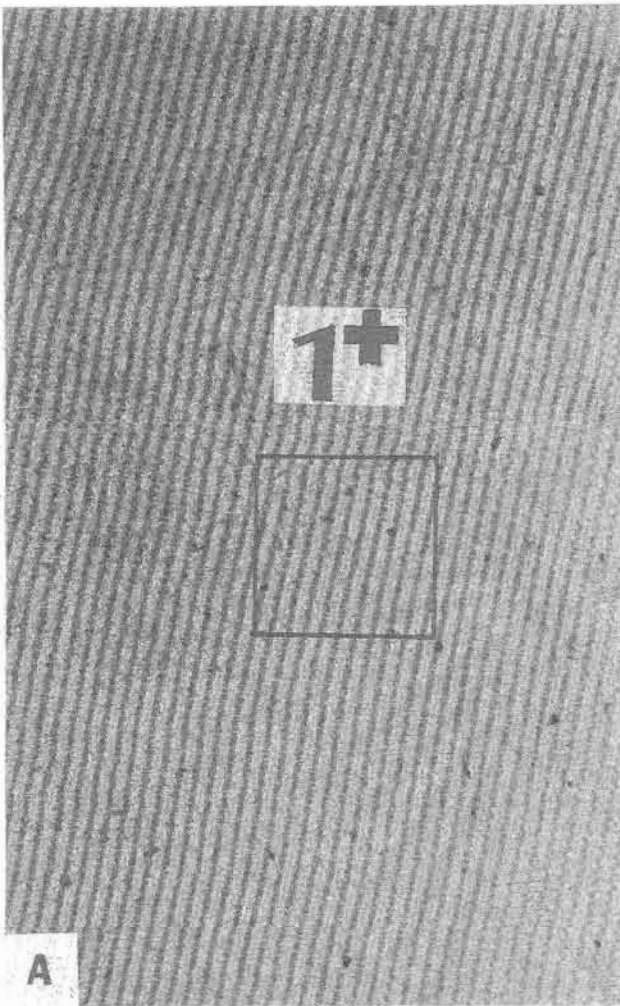
รูปที่ 2 ตัวอย่างแสดง เซลล์รูปร่างต่างๆ ซึ่งรายงานในการทดลอง

- A: รูปร่างรี  
 B: รูปร่างกลม  
 C: รูปร่างหลายเหลี่ยม  
 D: รูปร่างสามเหลี่ยม

เส้นประแสดงแนวทิศทางการวัดขนาดของ เซลล์ตาม long axis

รูปที่ 3 ภาพแสงตัวอย่าง การบันทึกความหนาแน่นของ เซลล์ในระดับต่างๆ ตารางสี่เหลี่ยม  
คิดเป็นพื้นที่ 0.5 ตารางมิลลิเมตร

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 100  $\mu$ m

## ผลการทดลอง

จากการศึกษาบริเวณต่าง ๆ ของสมอง ซึ่งให้ผลบวกต่อการย้อม ทั้ง calbindin -D28K และ parvalbumin พบมี immunoreactive neurons และ fiber ในบริเวณต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

## Olfactory bulb

## Glomerular layer (G1)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณมากถึง 3+ จนเห็นเป็นแถบโดยรอบลักษณะของเซลล์ โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลม หรือค่อนข้างรีเล็กน้อย ขนาดของเซลล์ พบว่ามีขนาดใกล้เคียงกัน คือ มีขนาดอยู่ในช่วง 7-12 um axon ของเซลล์เหล่านี้ พบมีลักษณะคดสีเข้ม และค่อนข้างหนา ความหนาแน่นของ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+(รูปที่ 4A, 5A, 42A)

Parvalbumin พบว่าเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ เซลล์ที่มีลักษณะที่ค่อนข้างเล็ก และกลม มีขนาดประมาณ 6 um คดสีค่อนข้างจาง มีเพียงเล็กน้อยที่คดสีเข้ม ปริมาณ fiber พบให้ผลบวกในปริมาณ 4+ ลักษณะ fiber พบมีการเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (รูปที่ 4B, 42A)

## External plexiform layer (EP1)

Calbindin - D28K ในชั้นนี้พบ เซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 1+ ขนาดของเซลล์ในชั้นนี้มีขนาดใหญ่กว่าชั้นของ glomerular layer เล็กน้อย พบมีขนาดอยู่ระหว่าง 8-15 um บริเวณซึ่งให้ผลบวก พบโดยรอบของบริเวณ รูปร่างของเซลล์ที่พบ มีหลายรูปร่าง คือ รูปร่างกลม รูปร่างรี และกลมรี เซลล์โดยส่วนใหญ่สามารถมองเห็น axon ได้อย่างชัดเจน fiber ในบริเวณนี้พบได้ ในปริมาณ 1+ มีลักษณะคดสีเข้ม ทั้งเซลล์และ fiber เกือบทั้งหมดพบอยู่ทางด้าน ventral ของบริเวณนี้ (รูปที่ 4A, 42A)

Parvalbumin ในชั้นนี้ให้ผลบวกต่อเซลล์ในปริมาณ 2+ โดยทั่วไปโดยรอบของชั้นนี้ ขนาดของเซลล์ทั้งขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ เซลล์ในขนาดใหญ่ มีขนาด 5-10 um โดยมีรูปร่างกลม และรูปร่างกลมรี มีลักษณะติดสีเข้ม เซลล์ในขนาดใหญ่มีขนาด 15-30 um พบว่าเซลล์ขนาดนี้มีปริมาณไม่มากนัก และมักมีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยม และติดสีเข้มเช่นเดียวกับตรงบริเวณรอยต่อระหว่างชั้น glomerular layer และ external plexiform layer มักพบเซลล์ขนาด 30 um วางตัวอยู่ตรงแนวรอยต่อ และพบมีแนวของ axon ค่อนข้างที่จะขนานกัน ส่วน fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 2+ ลักษณะเป็นเส้นบางติดสีปานกลาง และมีเล็กน้อย มีลักษณะที่หึ่งงอ (รูปที่ 4B, 42A)

#### Mitral cell layer (Mi)

Calbindin - D28K พบว่าในบริเวณนี้ให้ผลบวกต่อเซลล์ในปริมาณ 0-1+ พบว่าเซลล์มีขนาด 5-10 um ติดสีเข้ม ส่วน fiber พบในปริมาณ 0-1+ (รูปที่ 4A, 42A)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ที่ให้ผลบวกเลย fiber มี ปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น cross section ติดสีเข้มชัดเจน (รูปที่ 4B, 42A)

#### Internal plexiform layer (IP1)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ที่ให้ผลบวก ส่วนปริมาณ fiber พบให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่ fiber พบว่ามีลักษณะเป็น long section ประสานกันคล้ายร่างแห มีลักษณะเป็นเส้นเล็กค่อนข้างบางติดสีจาง (รูปที่ 4A, 42A)

Parvalbumin พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยเซลล์ซึ่งให้ผลบวกมีการติดสีจางมาก และพบว่ามีขนาด 10 um มีลักษณะเป็นรูปกระสวย ความหนาแน่นของ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่จะวิ่งในแนวขนานกับชั้น โดยมีลักษณะเป็นเส้นบางและอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ (รูปที่ 4B, 42A)

#### Internal granular layer (IGr)

Calbindin -D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยพบว่าเป็น fiber ที่มีลักษณะ long section เป็นส่วนใหญ่มีการติดสีที่ค่อนข้างจางมาก ไม่พบ fiber ที่มีลักษณะที่หนาเลย (รูปที่ 42A)

Parvalbumin พบว่าตรงรอยต่อระหว่างชั้นของ internal granular layer และ internal plexiform layer มีเซลล์ซึ่งให้ผลบวก 0-1+ ส่วนบริเวณอื่นของชั้นนี้จะไม่พบว่ามีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกเลข พบว่า fiber ในชั้นนี้มีปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะประสานกันไม่มาอย่างหลวม ๆ ลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนา คีคสีปานกลาง (รูปที่ 4B, 42A)

#### Lateral olfactory tract

Calbindin - D28K พบ fiber บ้างในปริมาณเล็กน้อยคือ 1+ โดยพบลักษณะเป็น fiber ซึ่งมาจากชั้นของ anterior olfactory nucleus (external) และไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก (รูปที่ 4C, 42B)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก แต่พบ fiber ที่ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะคีคสีเข้มกระจายเป็นกลุ่ม มีความหนาปานกลาง (รูปที่ 4D, 42B)

#### Ependymal and subependymal layer

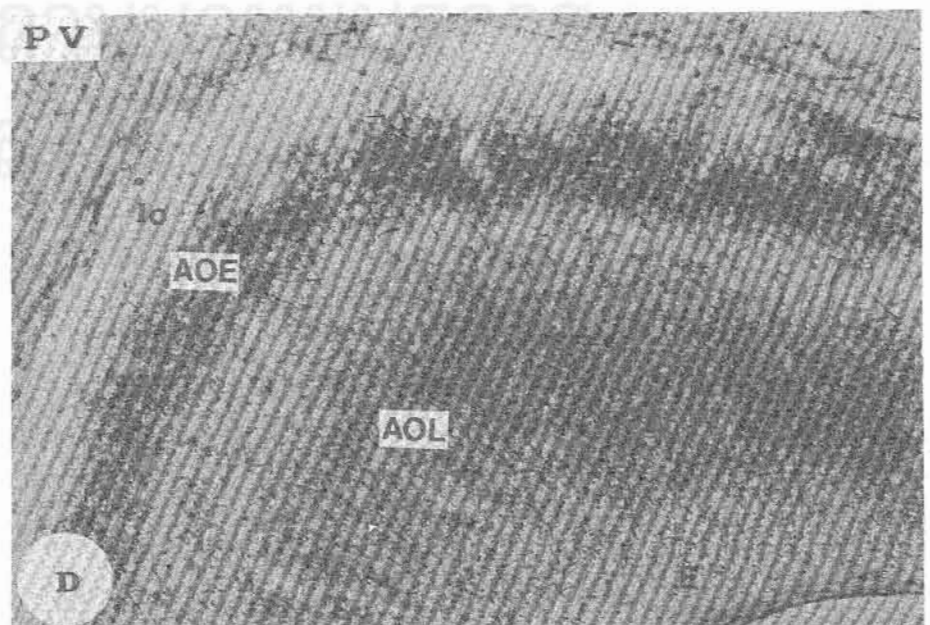
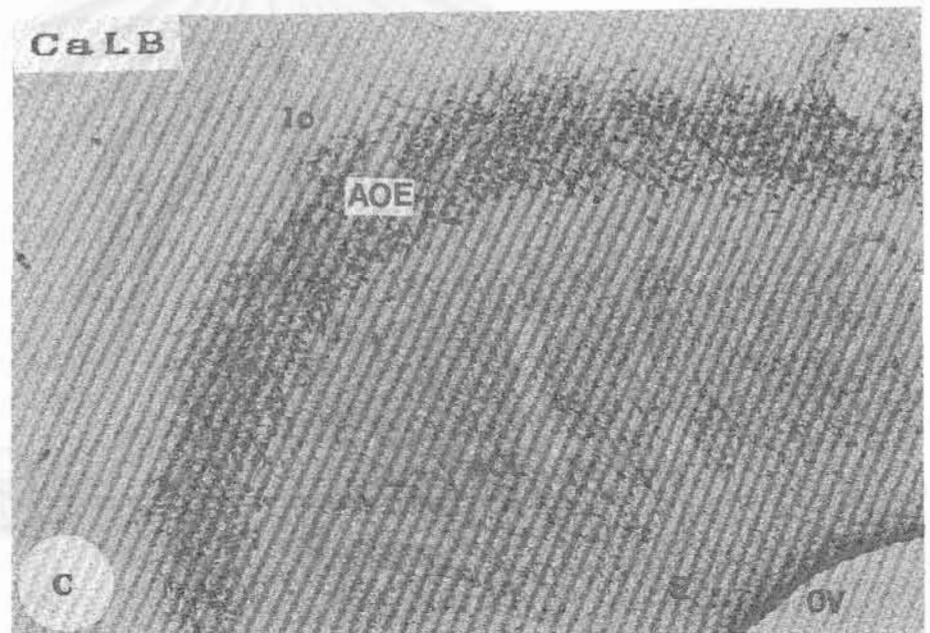
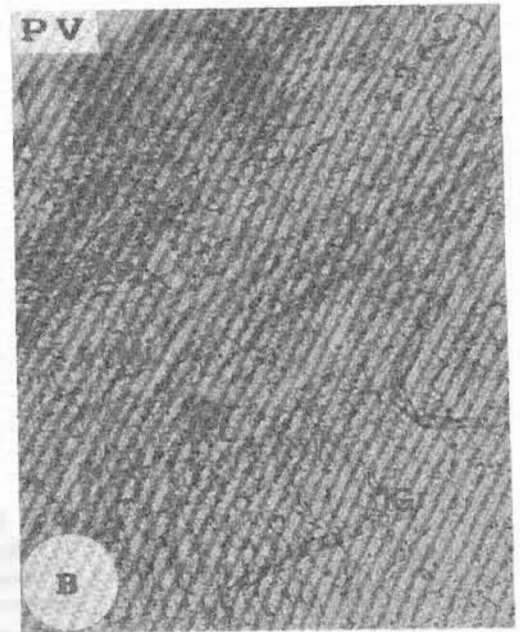
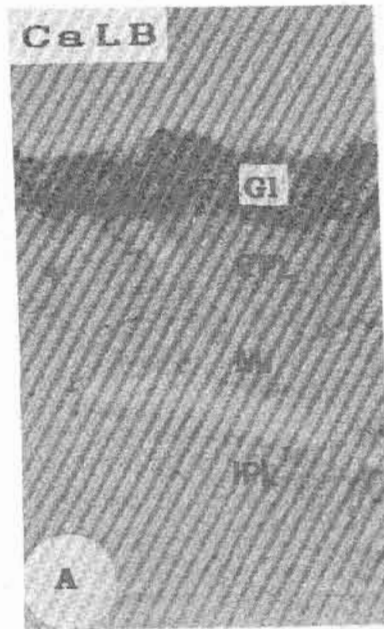
Calbindin - D28K พบว่าครึ่งหนึ่งทางด้านนอกพบเซลล์ในปริมาณ 2+ โดยเซลล์มีขนาด 8-15 um และมีรูปร่างกลมรี และ fiber มีปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะเป็นจุดเม็ดเล็ก ๆ บริเวณทางครึ่งด้านใน รอบ ๆ ventricle เห็นเป็นแถบหนาที่บั้งเกตุ เซลล์ซึ่งให้ผลบวกได้ไม่ชัดเจนนัก คาดว่ามีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ (รูปที่ 42B) ลักษณะของ fiber ไม่สามารถแยกได้ว่าเป็น long หรือ cross section แต่มีลักษณะเป็นแถบค่อนข้างเป็นระเบียบ

Parvalbumin ทางด้านนอกไม่พบ เซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ที่พบเป็นลักษณะของ cross section มีปริมาณ 2+ บริเวณด้านใน พบ fiber เป็นเส้นบางยาว วังคั้งฉากกับแนวของ ventricle โดยพบในปริมาณ 2+ (รูปที่ 42B)

รูปที่ 4 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางระดับ olfactory bulb (OB) แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในระดับต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

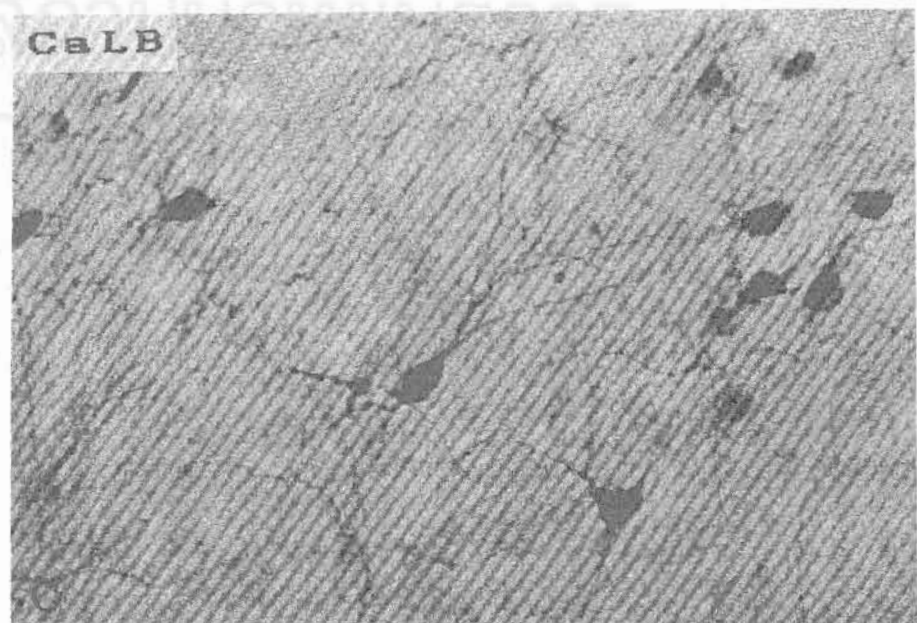
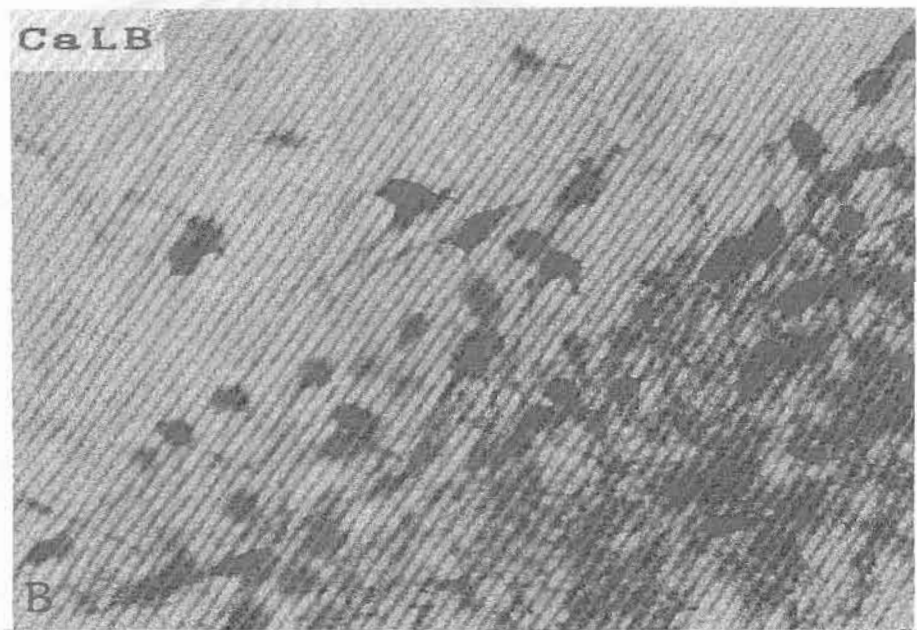
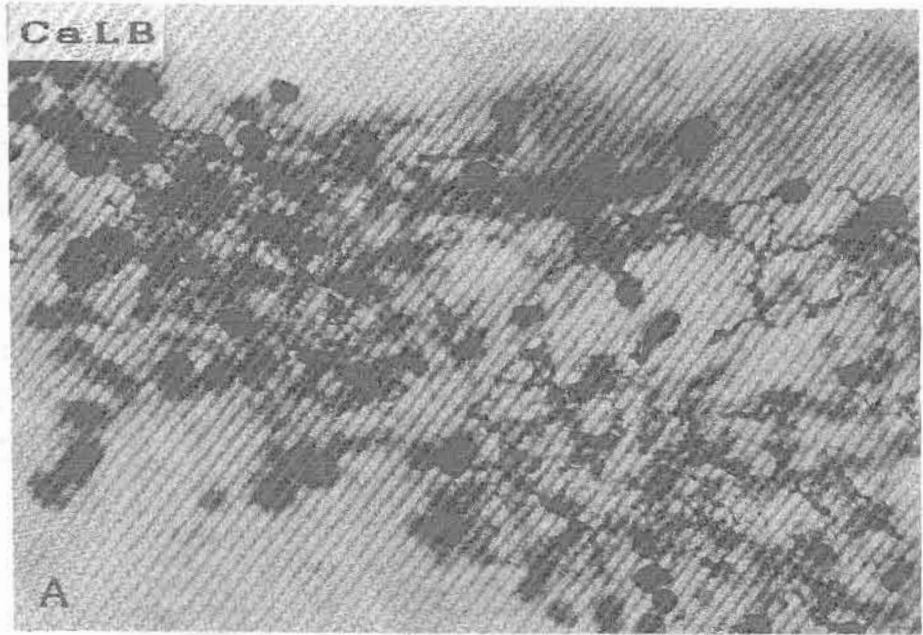




100 $\mu$

รูปที่ 5 ภาพถ่ายส่องตัดตามขวางระดับ olfactory bulb (OB) แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในชั้น glomerular layer (Gl)(A), external (AOE) (B) และ lateral (AOL)(C) ของ anterior olfactory nucleus

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 20  $\mu$

### Accessory olfactory bulb

Calbindin - D28K พบเห็นเป็นกลุ่มเซลล์โดยมีปริมาณ 2+ เซลล์ที่ให้ผลมากมีขนาด 15 um เห็น process ที่ออกมาอย่างชัดเจน รูปร่างของเซลล์ มีรูปร่างกลมและคิคลีเซ็ม ปริมาณ fiber พบมีปริมาณ 2+ โดยเป็น process ของเซลล์ ที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ จะพบมี axon วิ่งไปทางด้าน medial โดยวิ่งเข้าสู่ olfactory ventricle (รูปที่ 42B)

Parvalbumin ไม่พบทั้งเซลล์ และ fiber ที่ให้ผลมาก (รูปที่ 42B)

### Anterior olfactory nucleus

#### Anterior olfactory nucleus, external (AOE)

Calbindin - D28K พบว่ามีปริมาณเซลล์ซึ่งให้ผลมากในปริมาณ 4+ เซลล์มีความหนาแน่นมาก ทางด้าน ventral ของ nucleus เซลล์ที่พบมีขนาด 5-10 um โดยส่วนมาก มีลักษณะกลม และขนาด 11-20 um มักมีรูปร่างเป็นรูปกระสวย และหลายเหลี่ยม โดยเห็น process อย่างชัดเจน ส่วน fiber จะออกมาทุกทิศทางของเซลล์ และมารวมกันเป็นแถบ บริเวณด้านบนของชั้น ความหนาแน่นของ fiber บริเวณด้านบนของชั้นนี้จึงพบในปริมาณ 4+ ส่วนความหนาแน่นของ fiber ด้านล่างของชั้นนี้ ในบริเวณซึ่งมีเซลล์มาก พบในปริมาณ 3+ การคิคลีเซ็มของเซลล์ซึ่งให้ผลมาก พบว่าคิคลีเซ็มเป็นส่วนใหญ่เซลล์ที่คิคลีเซ็มปานกลางมีบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 4C , 5B , 42B)

Parvalbumin พบเซลล์ซึ่งให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ โดยเซลล์ที่ให้ผลมาก คิคลีเซ็มมาก มีขนาดประมาณ 10 um มีรูปร่างเป็นรูปกระสวย ความหนาแน่นของ fiber มีปริมาณ 4+-5+ ลักษณะของ fiber มีลักษณะเป็นเส้นบาง พบเส้นหนาบ้างเพียงเล็กน้อย fiber ทั้งหมดมี cross section รวมกลุ่มกันอย่างหนาแน่น (รูปที่ 4D, 42B)

#### Anterior olfactory nucleus, ventral (AOV)

Calbindin - D28K พบว่าในชั้นนี้ มีปริมาณเซลล์ที่ให้ผลมากในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์ที่พบมีขนาด 5-18 um รูปร่างของเซลล์มีรูปร่างกลม รูปหลายเหลี่ยม และรูปกระสวย มีการกระจายโดยสม่ำเสมอ และสามารถเห็น process มากกว่า 1 process ได้อย่างชัดเจน ความหนาแน่นของ fiber พบในปริมาณ 1+ ส่วนใหญ่พบเป็น long section มีขนาดเส้น

เล็กบาง และมีทิศทาง ที่ไม่แน่นอน (รูปที่ 42C)

Parvalbumin เซลล์ที่ให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ มีทั้งติดสีจางและติดสีเข้ม ขนาดของเซลล์ที่พบได้แก่ 5-25  $\mu\text{m}$  โดยส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม และกลมรี โดยเฉพาะขนาด 17-25  $\mu\text{m}$  มักมีรูปร่างเป็นรูปกลมรี เซลล์ซึ่งติดสีจางมักเป็นเซลล์ขนาดใหญ่ process ของเซลล์ สันเกิดได้ไม่ชัดเจนนัก ส่วน fiber ในบริเวณนี้ค่อนข้างหนาแน่น พบในปริมาณ 3+ พบทั้ง fiber ที่มีลักษณะเส้นบางและเส้นหนา โดยมาก fiber จะมีลักษณะเป็น cross section ไขว้ประสานกันไปมาอย่างไม่เป็นระเบียบ และความหนาแน่นของ fiber ทางด้าน dorsal จะหนาแน่นมากกว่าด้าน ventral (รูปที่ 42C)

#### Anterior olfactory nucleus, lateral (AOL)

Calbindin - D28K พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในบริเวณนี้ ในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์ที่พบมีขนาด 8-17  $\mu\text{m}$  การติดสีของเซลล์มีทั้งติดสีเข้มและจางปะปนกันไป รูปร่างของเซลล์ขนาดที่เล็กกว่า มีรูปร่างกลม และสามเหลี่ยม ส่วนรูปร่างของเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่า มีรูปร่างสามเหลี่ยม รูปกระสวย และรูปวงกลมรี ความหนาแน่นของ fiber พบได้ในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะหนา ติดสีเข้ม โดยพบปะปนกันกับเส้น fiber ที่มีลักษณะบาง ทิศทางการวิ่งของ fiber มีทิศทาง การวิ่ง ไม่แน่นอน (รูปที่ 4C, 5C, 6A, 42C)

Parvalbumin เซลล์ที่ให้ผลบวกในบริเวณนี้พบในปริมาณ 1+ เซลล์โดยส่วนใหญ่ มีขนาด 15-20  $\mu\text{m}$  และมีลักษณะติดสีเข้มชัดเจน มีรูปร่างเป็นรูปกระสวย, หลายเหลี่ยม และกลมรี พบเซลล์ในขนาด 5-10  $\mu\text{m}$  บ้างเล็กน้อยปะปนกัน โดยส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลมและติดสีเข้มเช่นเดียวกัน เซลล์มีการกระจาย ทางด้าน medial มากกว่าทางด้าน lateral ปริมาณของ fiber มีการกระจายที่ไม่เท่ากัน โดย 1/3 ของชั้นทางด้าน lateral นั้น fiber มีลักษณะเป็น long section โดยมีความหนาแน่น 3+ และมีลักษณะเป็นเส้นบางยาว มี fiber ที่หนาแตรก อยู่บ้างเล็กน้อย ส่วนบริเวณ 1/3 ทางด้าน medial นั้น fiber มีความหนาแน่น 4+ และเกือบทั้งหมดเป็น fiber ชนิด cross section แนวและทิศทางของ fiber ไม่ชัดเจนนัก และเซลล์ต่าง ๆ จะอยู่ในชั้นนี้เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 4D, 6B, 42C)

#### Anterior olfactory nucleus, dorsal (AOD)

Calbindin - D28K เซลล์ซึ่งให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ การติดสีของเซลล์มีลักษณะติดสีน้ำตาลปานกลาง ขนาดของเซลล์พบในขนาด 7-20  $\mu\text{m}$  โดยส่วนใหญ่พบว่ามีรูปร่างกลมรี ความหนาแน่น

ของ fiber มีปริมาณ 2+ โดยลักษณะเป็นเส้นบางเห็นชัดเจน ประสานไขว่กัน โยมาไม่สามารถ  
บอกทิศทางได้ (รูปที่ 6C, 42C)

Parvalbumin เซลล์ซึ่งให้ผลบวกมีความหนาแน่น 1+ มีขนาด 10-14 um และพบว่าเห็น  
process อย่างเด่นชัด มีรูปร่างกลมรี และหลายเหลี่ยม คีคสีเข้มชัดเจน การกระจายตัวของ  
เซลล์ มีความหนาแน่น ทางด้าน medial มากกว่าบริเวณอื่น ๆ ส่วนปริมาณ fiber ในบริเวณ  
1/2 ทางด้านนอก พบ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section วิ่งในแนวตั้งฉากกับผิว ส่วนบริเวณ  
1/2 ทางด้าน medial พบว่า fiber มีความหนาแน่น 4+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross  
section มี long section ปะปนบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 6D, 42C)

#### **Anterior olfactory nucleus, medial (AOM)**

Calbindin - D28K เซลล์ให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่เซลล์ที่พบ มีขนาด 8-17 um  
มีรูปร่างกลม กลมรี และรูปกระสวย fiber ที่ให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่มีลักษณะ  
เป็นเส้นบาง โดยมีเส้นหนาปะปนกันอยู่บ้างเล็กน้อย การกระจายของ fiber ค่อนข้างไม่เป็น  
ระเบียบโดย ไม่สามารถบอกทิศทางการวิ่งได้ (รูปที่ 42C)

Parvalbumin พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 1+ ขนาดของเซลล์ที่พบ คือ 5-15 um โดย  
มีลักษณะคีคสีเข้ม พบว่าเซลล์สามารถเห็น process ได้ชัดเจน รูปร่างของเซลล์ มีรูปร่าง  
กลมรี หลายเหลี่ยม และรูปกระสวย ปริมาณ fiber พบ 2+ ทาง 1/3 ในด้าน lateral  
ของบริเวณนี้ โดยส่วนใหญ่พบเป็น long section มีแนวทิศทางการวิ่งตั้งฉากกับผิวหน้า ส่วน  
บริเวณ 2/3 ทางด้าน medial มีปริมาณ fiber 4+ และ 3+ โดยเกือบทั้งหมด เป็น cross  
section อยู่กันอย่างหนาแน่น และเซลล์จะอยู่ส่วนล่างของชั้นนี้เป็นส่วนใหญ่ แนวทิศทางการวิ่ง  
ของ fiber ในชั้นนี้ไม่สามารถบอกแนวทิศทางได้ (รูปที่ 42C)

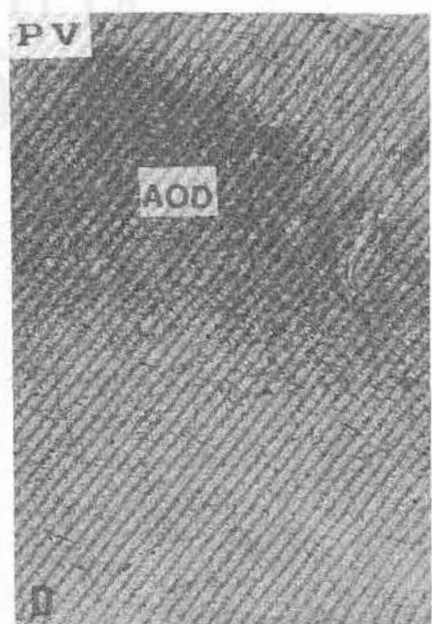
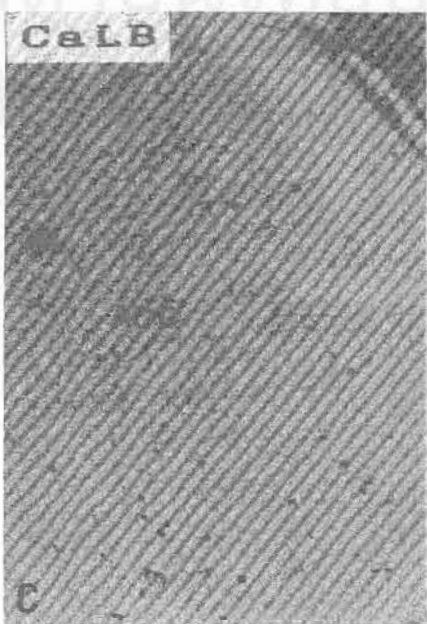
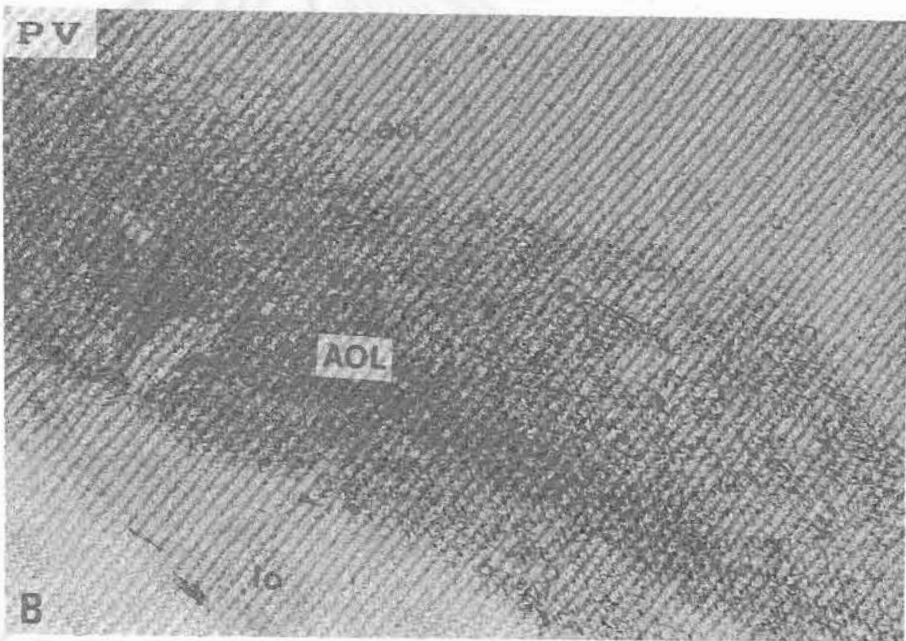
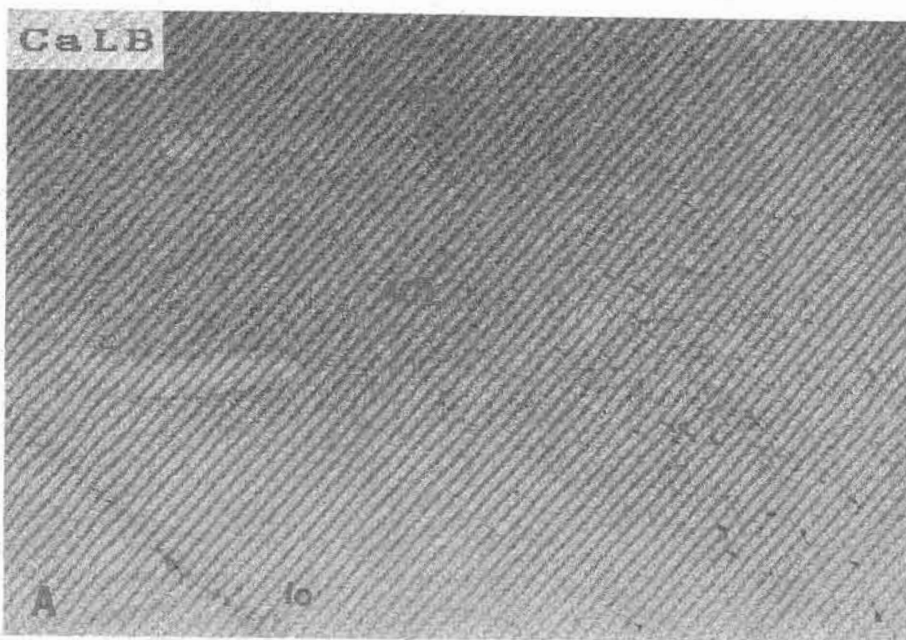
#### **Anterior commissure**

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยพบ  
เป็น cross section ทั้งหมด มีการกระจายตัวอย่างเป็นระเบียบ ลักษณะเล็กและคีคสีเข้ม  
ปานกลาง

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ที่ให้ผลบวก พบในปริมาณ 2+ เป็น cross  
section ทั้งหมด มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยมีลักษณะเป็นเส้นเล็กบาง ๆ คีคสี  
ปานกลาง

รูปที่ 6 ภาพถ่ายส่องตัดตามขวางระดับ olfactory bulb (OB) แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณต่างๆ ของ anterior olfactory nucleus (AO)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



100μ



### Cerebral cortex

Calbindin - D28K พบว่าในบริเวณต่าง ๆ ของ cerebral cortex มีลักษณะของเซลล์และการกระจายเหมือนกัน จึงจะกล่าวถึงโดยรวมในแต่ละชั้น ดังนี้ (รูปที่ 7A, C, 42C)

Molecular layer (I) ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยมีลักษณะเป็น long section ขนาดบางและทิศทางของ fiber อยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวเป็นส่วนใหญ่

Outer granular layer (II) เซลล์ซึ่งให้ผลบวกในชั้นนี้พบในปริมาณ 2+ มีขนาด 8-12 um การติดสีของเซลล์พบทั้งที่ติดสีเข้ม และสีจางปะปนกัน โดยเซลล์ที่ติดสีเข้มมีรูปร่างเป็นรูปกระสวยและรูปสามเหลี่ยม ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยพบว่าเป็น long section มีทิศทางการวิ่งในแนวที่ขนานกัน โดยตั้งฉากกับพื้นผิว มีลักษณะเป็นเส้นบางติดสีปานกลาง

External pyramidal layer (III) พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีลักษณะการติดสีจางมาก มีขนาด 8-14 um พบว่าส่วนใหญ่เป็นรูปสามเหลี่ยม ปริมาณ fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีลักษณะบางติดสีปานกลาง และวิ่งในแนวขนานกันอย่างเป็นระเบียบ โดยขึ้น ไม่ตั้งฉากกับพื้นผิว

Inner granular layer (IV) พบว่าเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยติดสีจาง และมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ขนาดที่พบคือ ขนาด 7-17 um รูปร่างที่พบได้แก่ กลมและกลมรี ส่วนเซลล์ซึ่งเป็นรูปสามเหลี่ยม มักติดสีเข้มกว่าเซลล์ชนิดอื่น ๆ ความหนาแน่นของ fiber พบในปริมาณ 2+ พบเป็นเส้นบางติดสีปานกลาง วิ่งในแนวขนานกัน โดยมีทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิว

Large pyramidal cell layer (V) พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 8-15 um มีรูปร่างกลมและกลมรี มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ และติดสีเข้ม fiber พบในปริมาณ 2+ ติดสีจาง และค่อนข้างบาง ส่วนใหญ่เป็น cross section

Layer of multiform cells (VI) พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 1+ ขนาดของเซลล์ที่พบมีขนาด 12-14 um โดยเซลล์มีลักษณะกลม และติดสีเข้ม ส่วนรูปร่างกระสวยติดสีเข้มเช่นกัน เซลล์ที่มีรูปร่างกระสวยพบว่าวางตัวในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้ไม่สามารถบอกปริมาณได้

Parvalbumin พบว่าในบริเวณต่าง ๆ ของ cerebral cortex มีการกระจายของเซลล์และลักษณะต่าง ๆ เหมือนกันทุกบริเวณเช่นเดียวกับ calbindin - D28K ซึ่งจะกล่าวโดยแต่ละชั้นคือ (รูปที่ 7B, D, 42C)

Molecular layer (I) ในชั้นนี้ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก แต่พบเพียง fiber ที่มา

จากชั้นอื่นเท่านั้น ซึ่งมีปริมาณ 2+ โดยทั้งหมดเป็น long section ลักษณะบาง คีคีสี่เข็มชัดเจน

Outer granular layer (II) เซลล์ในชั้นนี้ให้ผลมากในปริมาณ 2+ เซลล์ที่พบว่ามีขนาด 8-15 um โดยเซลล์ที่มีลักษณะกลมจะมีขนาดเล็ก และคีคีสี่หาง ส่วนเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่ามีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมและคีคีสี่เข็ม fiber ของชั้นนี้พบในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ชนิดที่เป็น long section วิ่งขึ้นไปยังชั้นที่ 1 โดยมีการวิ่งอย่างไม่เป็นระเบียบเช่นเดียวกับ fiber ที่ย้อมด้วย calbindin - D28K

External pyramidal layer (III) เซลล์ซึ่งให้ผลมากในชั้นนี้พบในปริมาณ 2+ มีขนาด 5-13 um โดยมีรูปร่างค่อนข้างกลม มีทั้งคีคีสี่เข็มและหางปะปนกัน ปริมาณของ fiber พบในปริมาณ 3+ พบทั้ง cross และ long section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

Internal granular layer (IV) เซลล์ซึ่งให้ผลมากในปริมาณ 2+ ลักษณะของเซลล์ส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลม มีขนาด 10-17 um การคีคีสี่ของเซลล์สม่ำเสมอ ปริมาณ fiber ที่ให้ผลมากมีปริมาณ 3+ เป็นทั้ง long และ cross section โดย long sections วิ่งในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว

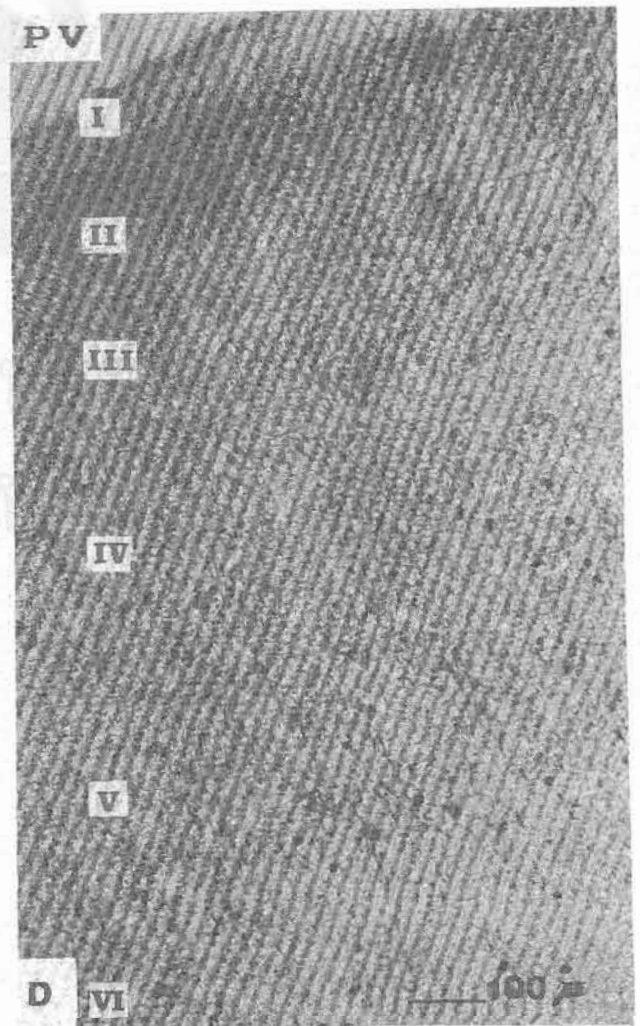
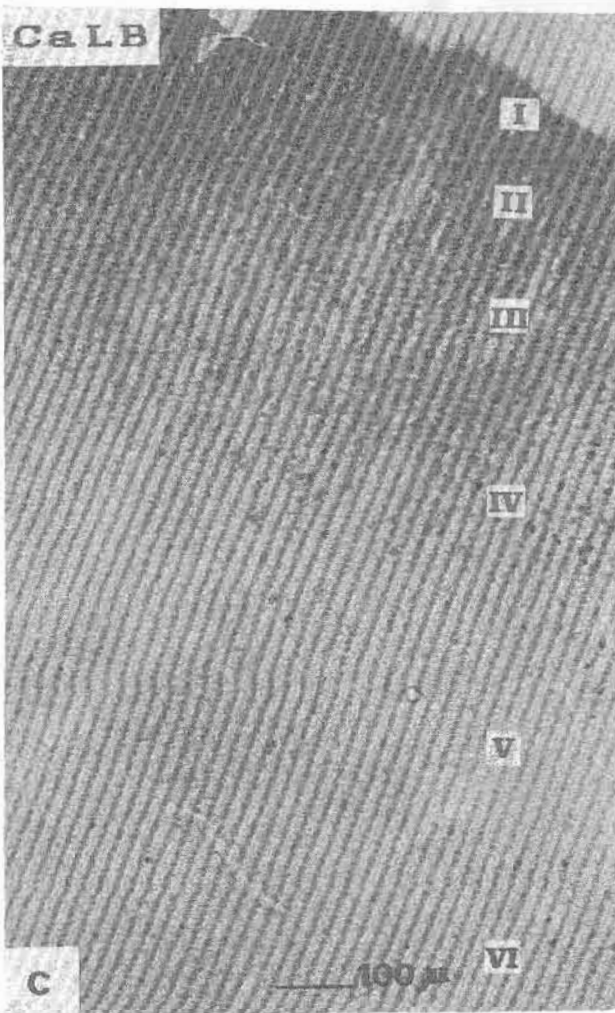
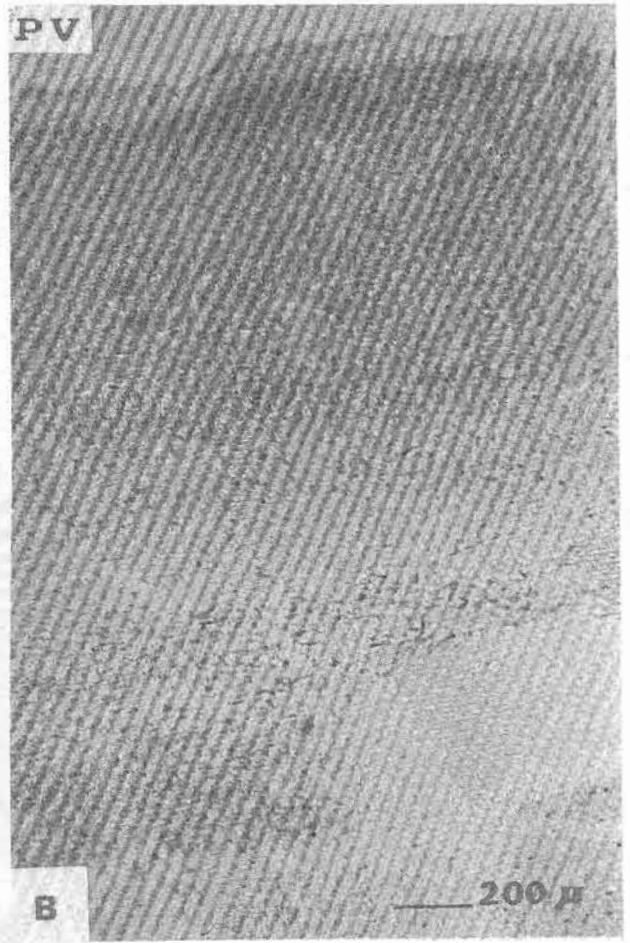
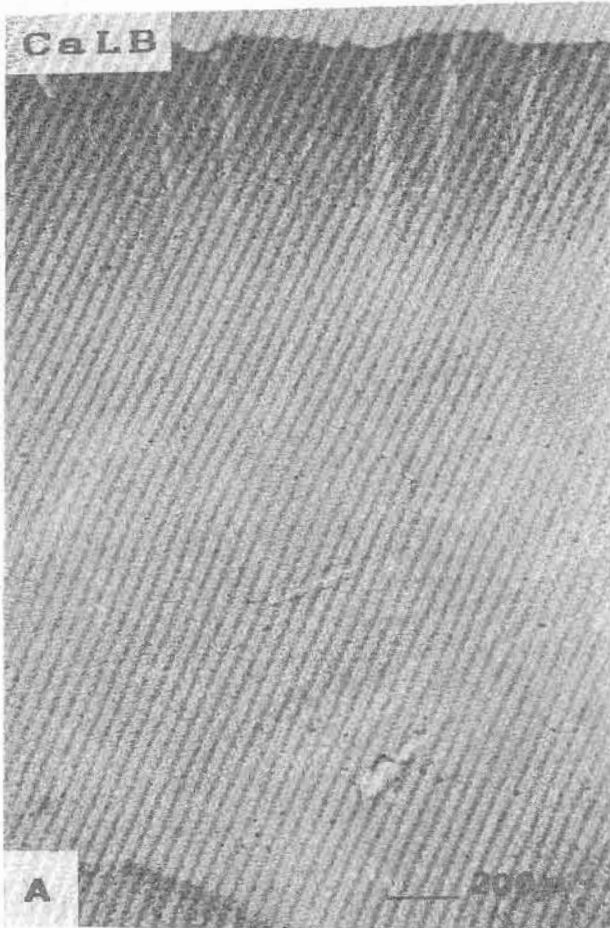
Large pyramidal cells layer (V) เซลล์ซึ่งให้ผลมากปริมาณ 2+ โดยมักจะมีขนาดใหญ่ คือมีขนาด 15-20 um มีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยม ส่วนเซลล์ในขนาด 7-13 um มักมีรูปร่างกลม และกลมรี พบว่ามีลักษณะคีคีสี่เข็มชัดเจน ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+

Layers of multiform cells (VI) เซลล์ซึ่งให้ผลมากพบในปริมาณ 1+ เซลล์ที่พบมักมีขนาดใหญ่ โดยมีขนาด 18-20 um มีรูปร่างค่อนข้างกลมรี เซลล์ที่ขนาดใหญ่ มี process 1 process ส่วนเซลล์ในขนาดเล็กพบมีขนาด 10-15 um โดยมีลักษณะกลม และคีคีสี่เข็มชัดเจน ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่มีลักษณะที่เป็น cross section พบ long section บ้างเล็กน้อย โดยมีลักษณะเป็นเส้นบาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7 ภาพถ่ายสมองบริเวณ frontal cortex ตัดขวางแสดง immunoreactive neurons และ fibers ในชั้นค่างว

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Precommissural hippocampus (tenia tecta) indusium griseum

Calbindin - D28K พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ ทางซีกซ้าย ส่วนทางด้านขวาให้ผลลบ พบว่าเป็นเซลล์ที่มีขนาด 10-20 um โดยมีรูปร่างกลม และค่อนข้างยาวรี คติสีจางมาก ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้ให้ผลบวกทางด้าน medial ในปริมาณ 3+ ซึ่ง fiber ทั้งหมดเป็น long section วิ่งในแนวขนานกันไปตั้งฉากกับบริเวณ corpus callosum ส่วนทางด้าน lateral พบปริมาณ fiber 2+ มีลักษณะคติสีจาง และเป็น long section ส่วนใหญ่มีวิ่งในแนวขนานกันตามยาว (รูปที่ 8A, C, 42D)

Parvalbumin มีปริมาณ fiber อยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณนี้ แต่ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกพบ 1/2 ทางด้าน ventral มีความหนาแน่นของ fiber ในปริมาณ 4+ ซึ่งเกือบทั้งหมดพบเป็น cross section คติสีเข้มอย่างชัดเจน ส่วน 1/2 ทางด้าน dorsal มีความหนาแน่นของ fiber น้อยกว่า โดยมีปริมาณ 3+ พบ cross section มากกว่า long section เล็กน้อย ลักษณะของ fiber คติสีเข้มชัดเจน โดย fiber ในบริเวณนี้จะมีลักษณะค่อนข้างหนา (รูปที่ 8B, D, 42D)

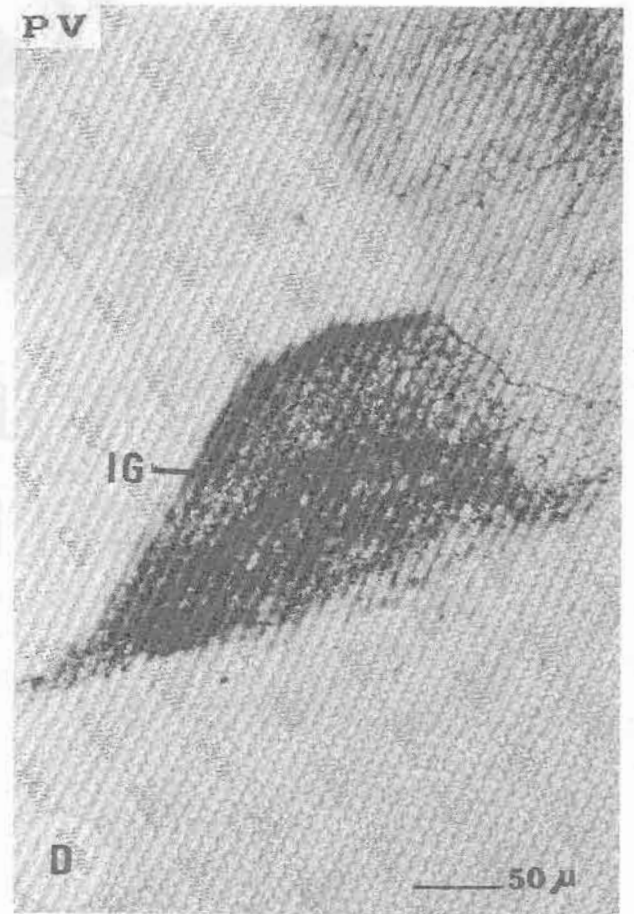
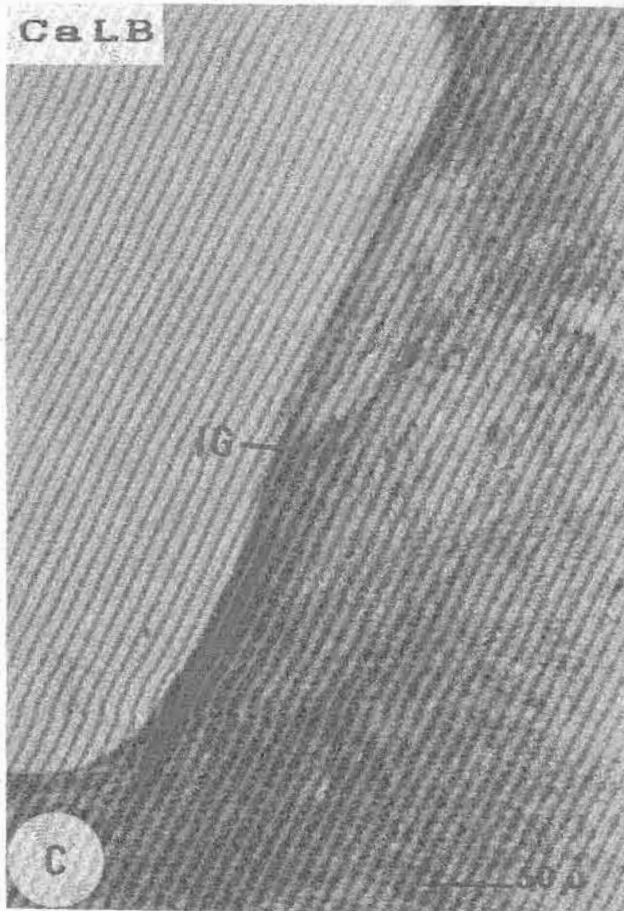
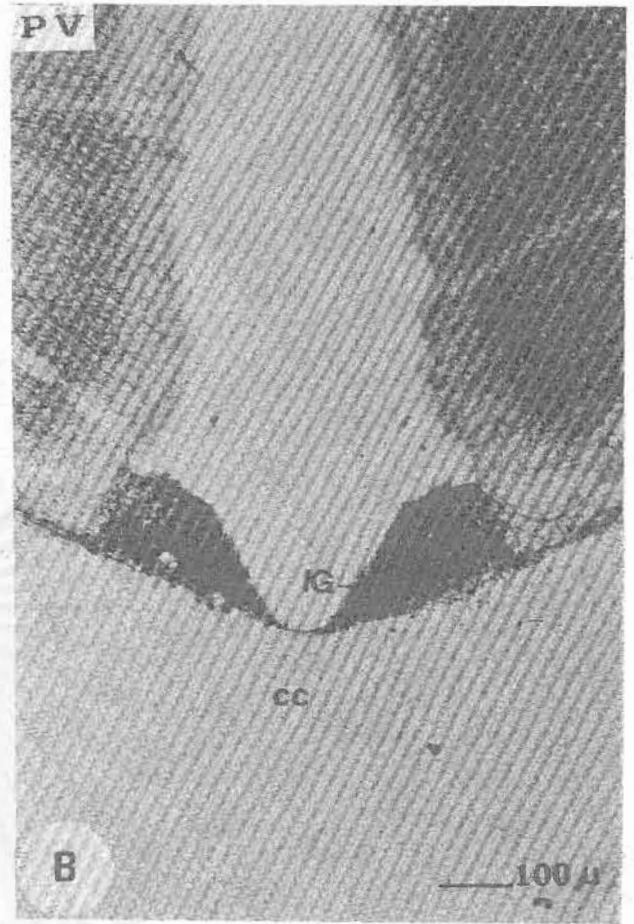
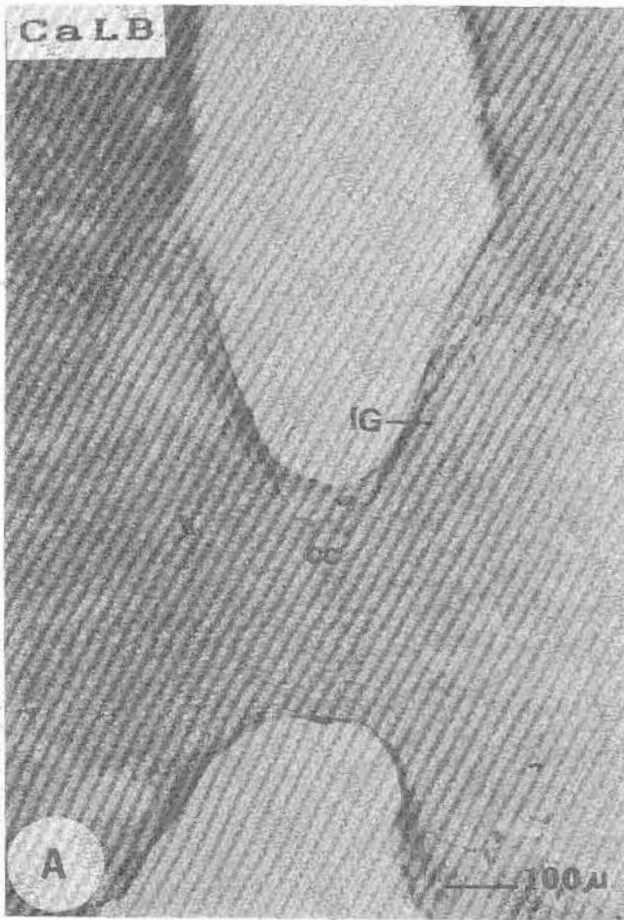
### Endopiriform nucleus

Calbindin - D28K เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยมีรูปร่างกลม, กลมรี และกระสวย เซลล์คติสีน้ำตาลเข้มเห็น nucleolus ชัดเจน และมี process เล็กยาว 1 process การกระจายของเซลล์มีการกระจายห่าง ๆ กัน ขนาดที่พบ คือ 10-20 um ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 1+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section มีลักษณะเป็นเส้นบาง ๆ คติสีจาง พบ fiber ลักษณะหนาบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 42D)

Parvalbumin เซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 1+ เช่นเดียวกัน มีขนาด 10-25 um โดยมีรูปร่างค่อนข้างกลม และกลมรี คติสีน้ำตาลเข้ม และมีการกระจายของเซลล์อย่างสม่ำเสมอ ปริมาณ fiber พบว่ามีปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ความหนาของ fiber มีความหนาปานกลาง และคติสีปานกลาง ไม่ทราบทิศทางการวิ่งที่แน่นอน เพราะ fiber มีลักษณะประสานกันไปมา (รูปที่ 42D)

รูปที่ 8 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางผ่านระดับ accumbens nucleus แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ indusium griseum (IG)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Primary olfactory cortex (piriform cortex)

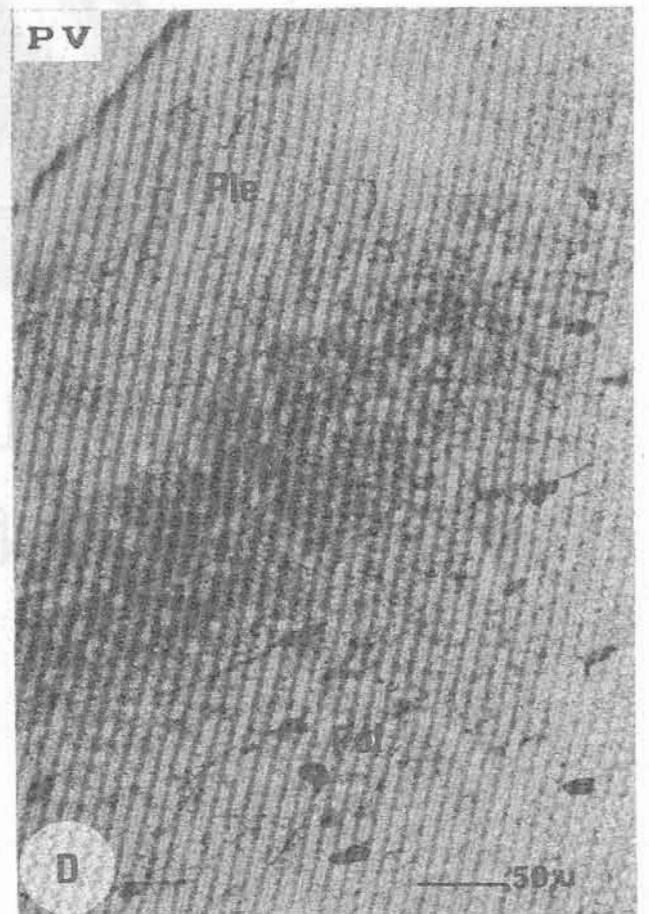
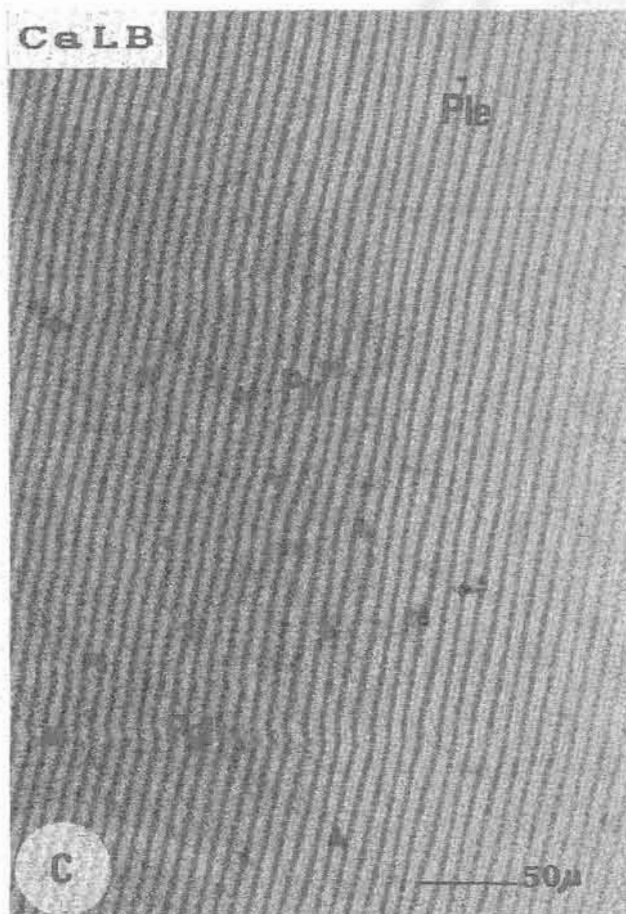
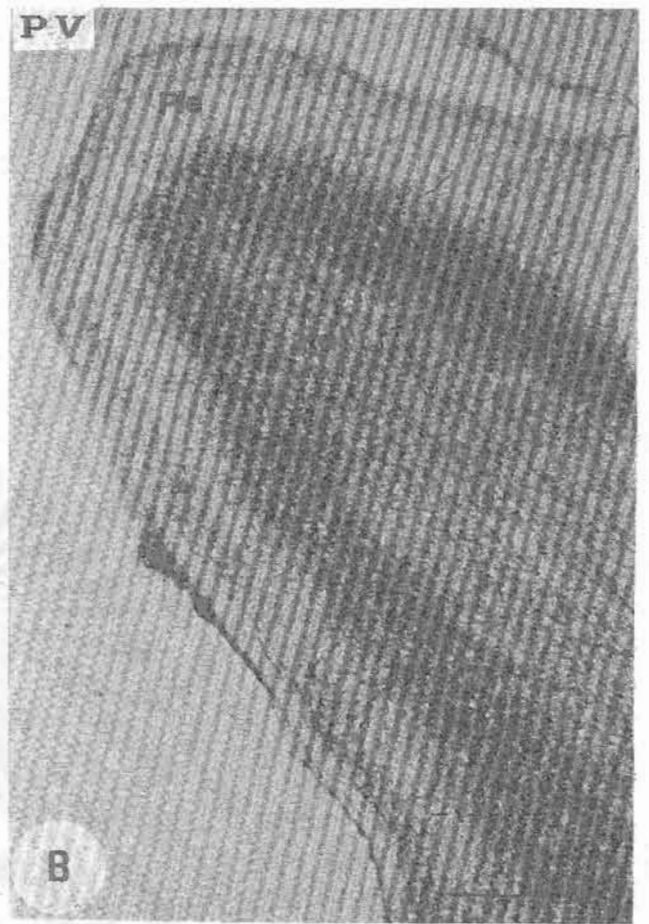
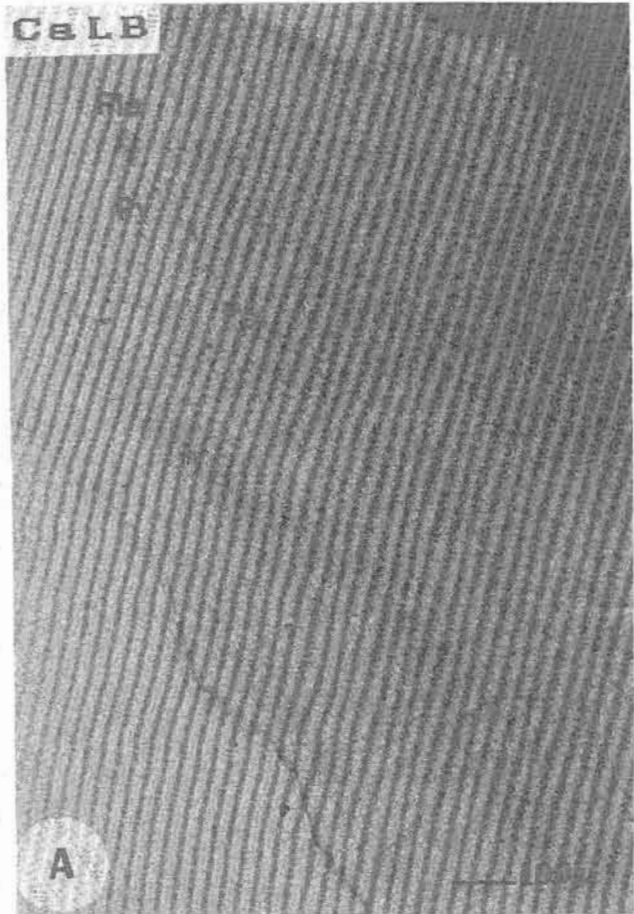
Calbindin - D28K ในชั้นของ plexiform cell layer (Ple) พบว่าเป็นลบ ทั้งเซลล์ และ fiber ในชั้นของ pyramidal cell layer (Py) เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยมีขนาด 8-20 um fiber ในบริเวณนี้ พบเป็นเส้นจางและบางมาก มีปริมาณ 2+ มีทิศทางการวิ่งไม่แน่นอนโดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น long section ในชั้นของ polymorphic cell layer (Pol) เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์ที่พบ มีขนาด 6-20 um รูปร่างกลม กลมรี กระสวย และสามเหลี่ยม ลักษณะการติดสีค่อนข้างเข้ม มีการกระจายโดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ ปริมาณ fiber ในชั้นนี้พบในปริมาณ 2+ มักเป็น processes ของเซลล์ ลักษณะของ fiber เป็นเส้นบางยาว มีทิศทางการวิ่งไม่แน่นอน ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็น long section (รูปที่ 9A, C, 42D)

Parvalbumin ในชั้น Ple ให้ผลบวกต่อเซลล์ในปริมาณ 0-1+ เซลล์มีลักษณะติดสีเข้ม มีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยม และรูปกระสวย ขนาดของเซลล์ที่พบได้แก่ 15-12 um และพบเซลล์ในขนาดเล็ก (5 um) บ้างเล็กน้อย fiber ในชั้นนี้ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยบริเวณชั้นบน มักจะเป็น fiber ชนิด long section ซึ่งมักวิ่งในแนวตั้งฉาก มีลักษณะบาง ส่วนของ fiber ในบริเวณล่าง ๆ ของชั้น ที่ติดกับ lateral olfactory tract พบว่าส่วนใหญ่เป็น cross section และเซลล์ที่พบก็พบในบริเวณนี้ ส่วนในชั้นของ Py ในชั้นนี้หนาแน่นไปด้วย fiber โดยมีปริมาณถึง 4+ ลักษณะวิ่งประสานกันไม่กันอย่างไม่เป็นระเบียบ เซลล์ที่พบมีปริมาณ 0-1+ เท่านั้น ส่วนใหญ่อยู่ตรงบริเวณรอยต่อระหว่าง Py กับ Pol layer ขนาดของเซลล์ที่พบมีขนาด 9-13 um มีรูปร่างกลม สามเหลี่ยม และกระสวย ติดสีเข้มชัดเจน ในชั้นของ Pol มีปริมาณเซลล์ซึ่งให้ผลบวกมากกว่าในบริเวณอื่น ๆ โดยมีปริมาณ 3+ การกระจายของเซลล์พบมากในบริเวณส่วนกลางของชั้น เซลล์ที่พบมีขนาด 11-20 um โดยมักมีลักษณะกลม, กลมรีและกระสวย มี process บ้างในบางเซลล์ พบได้ทั้งเซลล์ที่มี 1 และ 2 processes เซลล์ขนาดใหญ่มีเป็นส่วนน้อยพบว่าติดสีเข้มชัดเจน ปริมาณ fiber ในชั้นนี้พบในปริมาณ 2+ มีลักษณะส่วนใหญ่เป็น long section ลักษณะบางติดสีเข้ม ส่วนใหญ่จะวิ่งในแนวขนานกับผิวหน้า พบ cross section บ้าง กระจายโดยทั่วไป (รูปที่ 9B, D, 42D)



รูปที่ 9 ภาพถ่ายส่องตัดตามขวางผ่านระดับ accumbens nucleus แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณชั้นต่างๆ ของ piriform cortex (Pir)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Septohippocampal nucleus

Calbindin - D28k ใน nucleus นี้ พบว่ามีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกน้อยมาก เพียง 0-1+ โดยพบมากทางด้านซ้าย ลักษณะเซลล์คือสีเข้มมีขนาด 10-20 um รูปร่างกลมรี ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 2+ โดยลักษณะของ fiber มีลักษณะสั้น ๆ และค่อนข้างหนาบ้างเล็กน้อยทางด้าน medial โดยมีการเรียงตัวในแนวที่ค่อนข้างขนานกัน (รูปที่ 10A, 42D)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วนปริมาณ fiber ที่ให้ผลบวกมีหนาแน่นในบริเวณ 1/3 ทางด้าน lateral พบถึง 4+ และ 2/3 ทางด้าน medial พบในปริมาณ 3+ ปริมาณ fiber ที่พบในลักษณะ cross และ long sections ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน มีลักษณะคือสีเข้มจัด ทิศทางการวิ่งของ fiber มักวิ่งในแนวขนานกันกับ ventricle (รูปที่ 10B, 42D)

### Septal nucleus

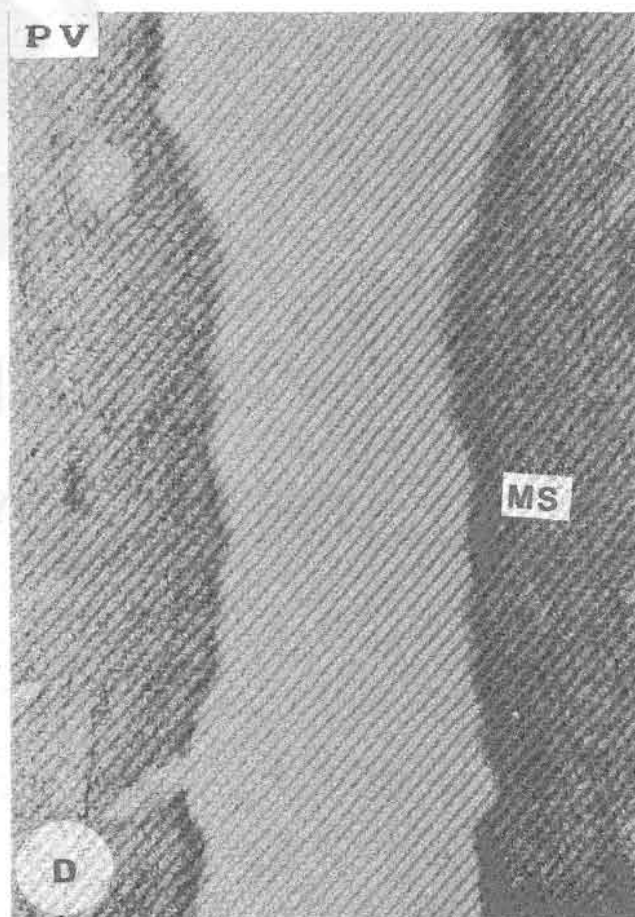
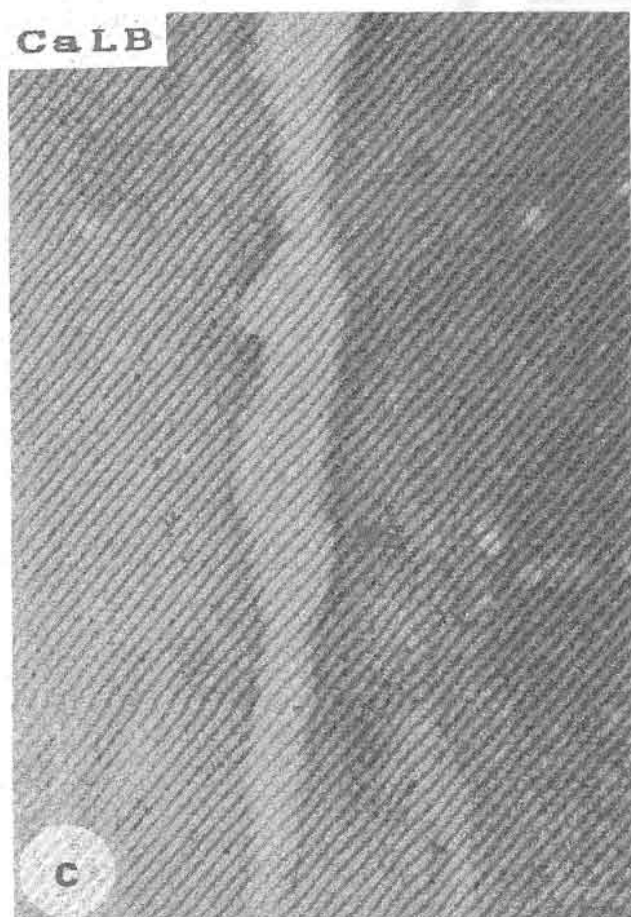
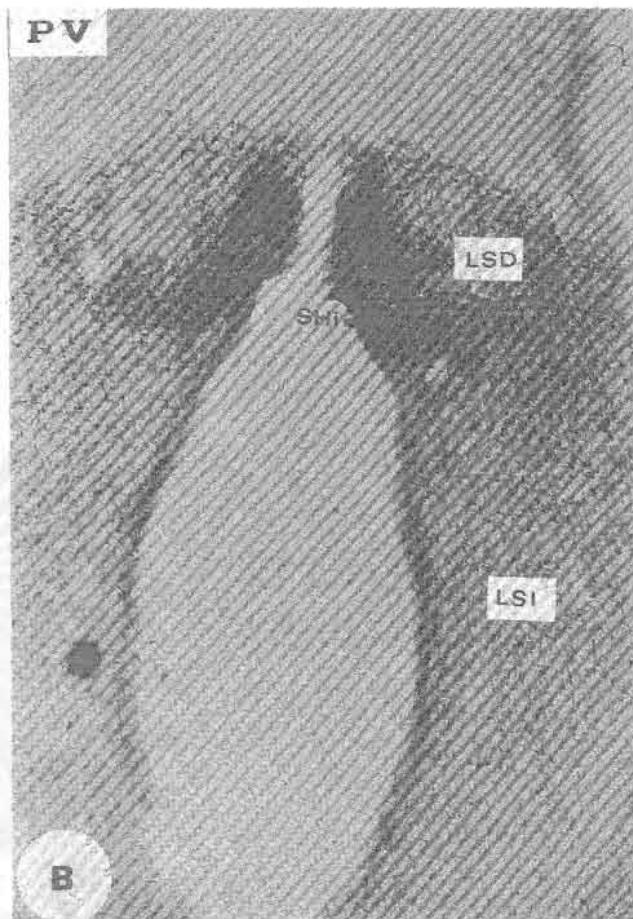
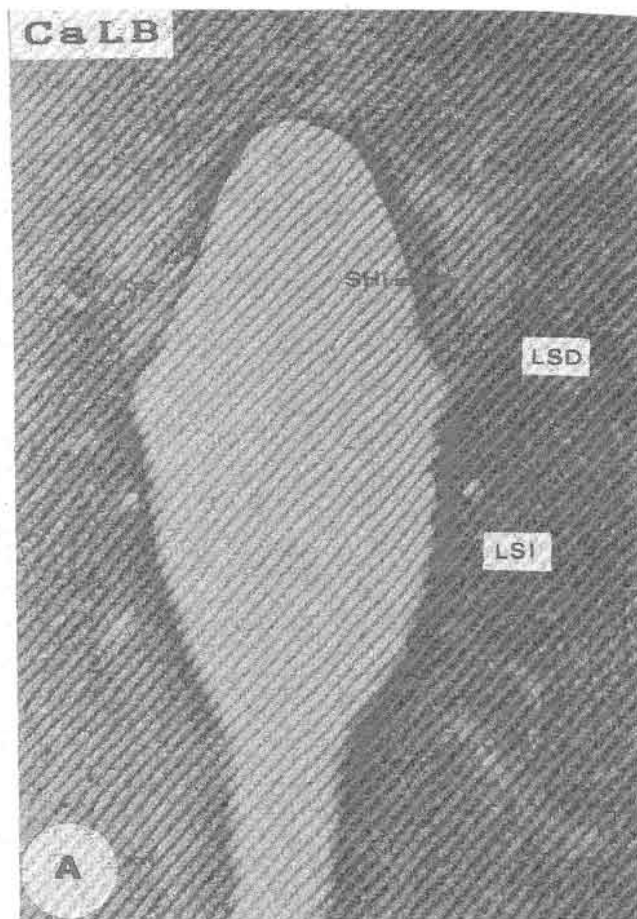
#### Lateral septal nucleus (LS)

Calbindin - D28k พบเซลล์ที่ให้ผลบวกอยู่ในบริเวณ ventral และบริเวณ intermediate มากกว่าบริเวณอื่น ๆ เล็กน้อย โดยปริมาณเซลล์ซึ่งให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์มีขนาด 8-20 um โดยมีรูปร่างกลม กกลมรี สามเหลี่ยม และกระสวย ปริมาณของ fiber ในบริเวณ ventral, dorsal และ intermediate พบมี 3+ แนวของ fiber มีทิศทางการวิ่งไม่แน่นอน มีแถบ fiber ที่มีลักษณะหนาบ้างในปริมาณปานกลาง (รูปที่ 10A, 12C, 42D)

Parvalbumin ในบริเวณนี้ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber เห็นเป็นเส้นเล็ก ๆ อย่างชัดเจน โดยมีทั้ง long และ cross section ในปริมาณ 2+ ที่บริเวณตรงรอยต่อระหว่างบริเวณ dorsal และ intermediate มีปริมาณ fiber ที่หนาและชัดกว่าบริเวณอื่น ๆ โดยมีปริมาณ 3+ ในบริเวณอื่น ๆ นอกจากบริเวณดังกล่าวก็พบเพียงปริมาณ 2+ โดยมีทั้ง long และ cross section มีปริมาณใกล้เคียงกัน และเป็น fiber ที่ค่อนข้างหนา ส่วนในบริเวณที่ติดกับ third ventricle พบ fiber มีลักษณะเป็น long section เป็นส่วนใหญ่และมีการเรียงตัวขนานกันไป ตามแนวยาวของ ventricle โดยพบในปริมาณ 2+ เช่นกัน (รูปที่ 10B, 12D, 42D)

รูปที่ 10 ภาพถ่ายส่องตัดตามขวางผ่านระดับ accumbens nucleus แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ septohypothalamic nucleus (SHi), lateral septal nucleus (LS) และ medial septal nucleus (MS)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 100 $\mu$

### Triangular septal nucleus (TS)

Calbindin - D28k ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 1+ (รูปที่ 18A, 42F)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในบริเวณนี้ พบเพียง fiber ในปริมาณ 1+ โดยทั้งหมดเป็น cross section ลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนา และมีการกระจายโดยสม่ำเสมอ (รูปที่ 18B, 42F)

### Medial septal nucleus (MS)

Calbindin - D28k เซลล์ในบริเวณนี้มีปริมาณ 1+ โดยมีขนาด 12-18  $\mu\text{m}$  มีลักษณะคิคลีเข้ม รูปร่างกลมรี ในบางเซลล์มี process 1-2 processes อย่างชัดเจน การกระจายของเซลล์มีการกระจายโดยทั่วไป ลักษณะของ fiber พบในปริมาณ 2+ การเรียงตัวส่วนใหญ่อยู่ในแนวขนานกับ ventricle และ fiber ส่วนใหญ่เป็น long section โดยมีความยาวไม่มากนัก ทางด้าน medial ทัดกับ ventricle พบว่ามีการเรียงตัวในแนวขนานและเฉียงกับ ventricle โดยมีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ บ้างเล็กน้อย พบที่แถบหนาบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 10C, 42D)

Parvalbumin พบเซลล์ที่ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ ขนาดของเซลล์ที่พบคือ 10-20  $\mu\text{m}$  โดยส่วนใหญ่มีรูปร่างกลมและกลมรีคิคลีเข้มและจางปะปนกัน ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ ลักษณะโดยส่วนใหญ่เป็น cross section แต่บริเวณที่ติดกับ ventricle มักเป็น long section และวางในแนวตั้งฉากกับ ventricle โดยมีลักษณะเป็นเส้นยาวบาง ส่วนบริเวณด้านล่าง ๆ ของบริเวณนี้ fiber จะไม่วางขนานกัน และประสานกันไม่ทึบทางที่แน่นอน (รูปที่ 10D, 42D)

### Accumbens nucleus

Calbindin - D28K ปริมาณเซลล์ซึ่งให้ผลบวกพบในปริมาณ 3+ เซลล์ที่พบมีขนาด 5-13  $\mu\text{m}$  โดยส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 10-12  $\mu\text{m}$  มักมีรูปร่างกลมหรือค่อนข้างกลมรี การคิคลีของเซลล์โดยส่วนใหญ่จะคิคลีปานกลางจนถึงคิคลีเข้ม บางเซลล์พบมี processes ขนาดสั้น ปริมาณ fiber พบได้ 3+ โดยเรียงชิดติดกันแน่น และสามารถเห็น fiber ที่มีลักษณะเป็นเส้นเล็กบางๆ ได้เพียงเล็กน้อย (รูปที่ 11A, C, 42D)

Parvalbumin ในบริเวณนี้พบเซลล์มากในปริมาณ 1+ การกระจายของเซลล์กระจายสม่ำเสมอ โดยทั่วไปทั้งบริเวณ nucleus ขนาดของเซลล์ที่พบคือ 10-25 um โดยเซลล์ส่วนใหญ่จะมีขนาด 10-15 um ส่วนขนาด 25 um พบได้ในปริมาณเล็กน้อย รูปร่างของเซลล์พบมีรูปร่างกลม กลมรี รูปกระสวย และรูปสามเหลี่ยม บางเซลล์จะมี processes ค่อนข้างหนาและชัดเจน การติดสีของเซลล์ ส่วนใหญ่ติดสีเข้มชัดเจน ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ โดยสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน fiber ส่วนใหญ่พบเป็น long section มีขนาดเป็นเส้นบาง พบที่เป็นเส้นหนาได้บ้างเล็กน้อย fiber ชนิด cross section พบในปริมาณที่น้อยกว่าไม่มากนัก เป็น fiber ที่หนาปานกลางและติดสีเข้ม ปริมาณของ fiber มีความหนาแน่นมากขึ้นถึง 4+ บริเวณนี้คือ lateral septal nucleus โดยมีทิศทางที่วิ่งที่ไม่แน่นอน และประสานกันคล้ายร่างแห พบ long และ cross section ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 11B,D, 42D)

#### Medial forebrain bundle

Calbindin - D28K พบว่าในการย้อม medial forebrain bundle ไม่สามารถสังเกตเห็น ลักษณะของ fiber ได้ ซึ่งคาดว่าให้ผลลบ (รูปที่ 12A, 42D)

Parvalbumin ในการย้อมด้วย parvalbumin เห็นเป็นลักษณะของ fiber กระจายเป็นแถบทั่วไป โดยมีลักษณะเป็น fiber ที่หนาและติดสีเข้ม ปริมาณของ fiber พบในปริมาณ 3+ โดย 90% เป็น cross section มีลักษณะเป็นจุดเข้มขนาดใหญ่กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอกับ fiber ที่เป็น long section พบบ้างในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น และมีลักษณะหนาเหมือนกัน แนวทิศทางของ long section พบในทิศทางที่ไม่แน่นอน ใน medial forebrain bundle พบมีเซลล์ที่แทรกอยู่ในปริมาณ 2+ โดยเซลล์ติดสีอย่างเด่นชัดและค่อนข้างเข้ม เซลล์ที่พบมีขนาดเล็ก คือ <10 um โดยพบเป็นจำนวนไม่มากนัก มีรูปร่างกลมติดสีเข้มและขนาด 10-15 um พบในปริมาณที่ค่อนข้างมากกว่า มีรูปร่างต่าง ๆ กัน คือ กลม กลมรี และสามเหลี่ยม ไม่พบเห็น process อย่างชัดเจน ยังพบเซลล์ในขนาดใหญ่ คือขนาด 20-30 um พบว่าติดสีเข้ม มี process หนาอย่างเด่นชัด พบบางเซลล์มี processes หนามาก และมีความยาวถึง 65 um มี nucleus เห็นอย่างชัดเจน (รูปที่ 12B, 42D)

#### Islands of Calleja

Calbindin - D28K พบว่ามีการกระจายของกลุ่ม nucleus เป็นหลายกลุ่ม มีปริมาณเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ซึ่งพบว่าการติดสีของเซลล์ค่อนข้างจางมาก ขนาดของเซลล์ซึ่งให้ผลบวก

พรมีขนาด 8-15  $\mu\text{m}$  ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม ลักษณะของเซลล์มักพบว่ามี processes เห็นอย่างชัดเจน และส่วนใหญ่พบเพียง 1 process เท่านั้น ปริมาณ fiber พบเพียงปริมาณ 2+ และมีาร่วงที่ขนานกันไปตั้งฉากกับ olfactory tubercle ลักษณะของ fiber มีลักษณะเส้นเล็กและคดสีจาง ส่วนบริเวณของ islands of Calleja major เซลล์ที่โผล่พบมีความหนาแน่นมากกว่า บริเวณ olfactory tubercle โดยพบในปริมาณ 3+-4+ เซลล์มีลักษณะคดสีจาง มีขนาด 5-10  $\mu\text{m}$  และขนาด 18  $\mu\text{m}$  บ้างในปริมาณเล็กน้อย รูปร่างของเซลล์มักมีรูปร่างกลม กลมรี และรูปกระสวย การกระจายพบโดยสม่ำเสมอทั้งบริเวณ ลักษณะของ fiber สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก พบมีปริมาณ 3+ มีลักษณะบางคดสีจางเป็น cross section เกือบทั้งหมด พบ fiber ที่มีลักษณะหนาและเป็น long section ะบนอยู่บ้างในปริมาณเล็กน้อย ทิศทางของ fiber ส่วนใหญ่วิ่งในแนวขนานกันตามยาวของบริเวณนี้ (รูปที่ 12A, C, 42D)

Parvalbumin ในบริเวณ olfactory tubercle ไม่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนนัก เนื่องจากไม่พบเซลล์ซึ่งโผล่พบ แต่พบว่ามี fiber ที่โผล่พบในปริมาณ 2+ โดยพบทั้ง long และ cross section ลักษณะของ long section มีลักษณะเป็นเส้นสั้น ๆ มีลักษณะบางและคดสีจางประสานกันไปมา ส่วน cross section มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ในบริเวณ islands of Calleja major มีเซลล์โผล่พบในปริมาณ 1+ ทางด้าน dorsal ของบริเวณนี้ ขนาดของเซลล์ที่พรมีขนาด 10-15  $\mu\text{m}$  โดยมีลักษณะกลม กลมรี และกระสวย พบขนาดใหญ่ถึง 25  $\mu\text{m}$  ได้บ้าง โดยพรมีลักษณะกลมรีและคดสีเข้ม ปริมาณ fiber พบว่ามีปริมาณ 3+ โดยลักษณะเป็น long section และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber พบว่ามีลักษณะค่อนข้างหนาคดสีเข้ม และทิศทางกรวิ่งมีทิศทางขนานกัน ตามความยาวของบริเวณนี้ (รูปที่ 12B, D, 42D)

#### Ventral pallidum

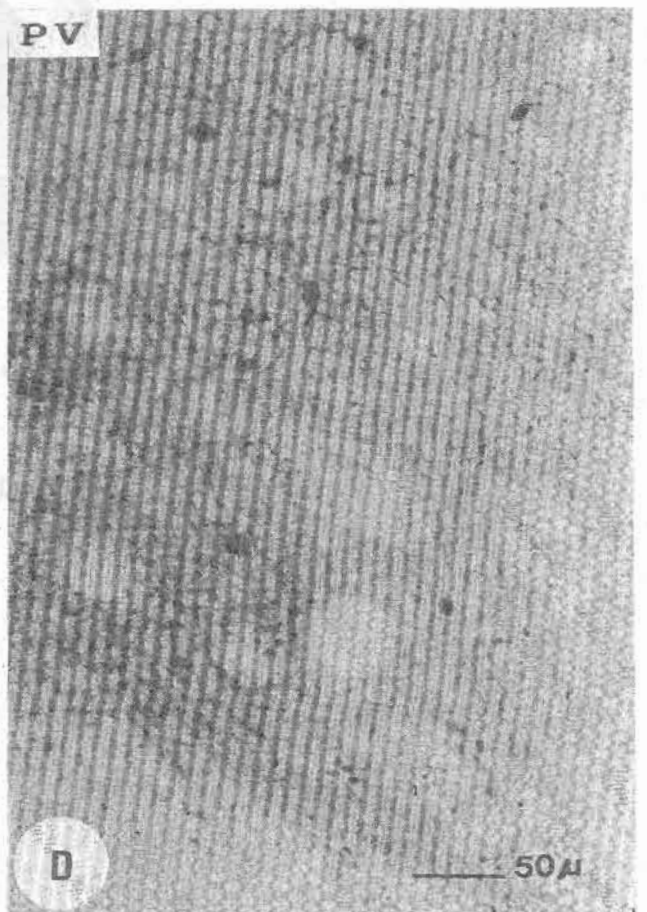
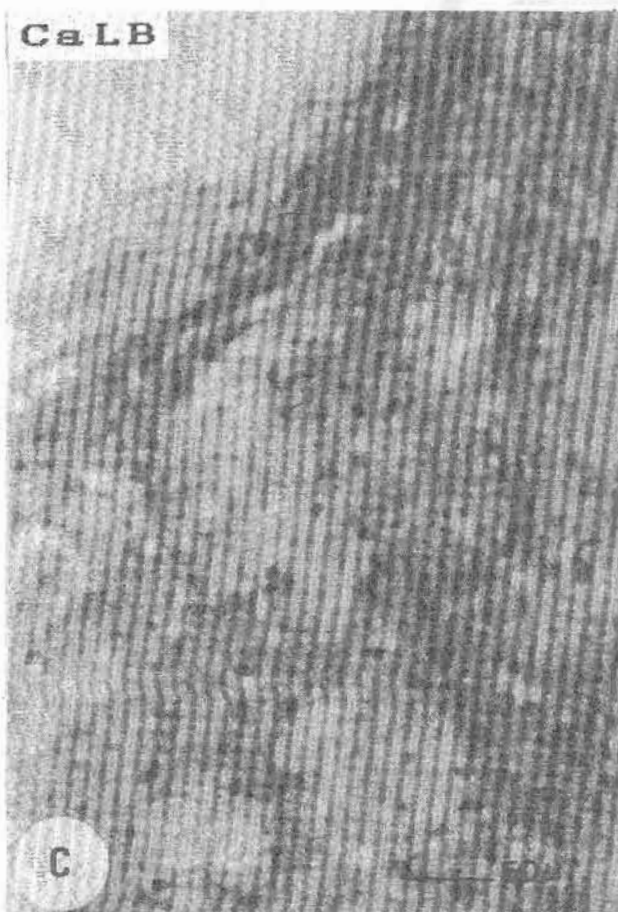
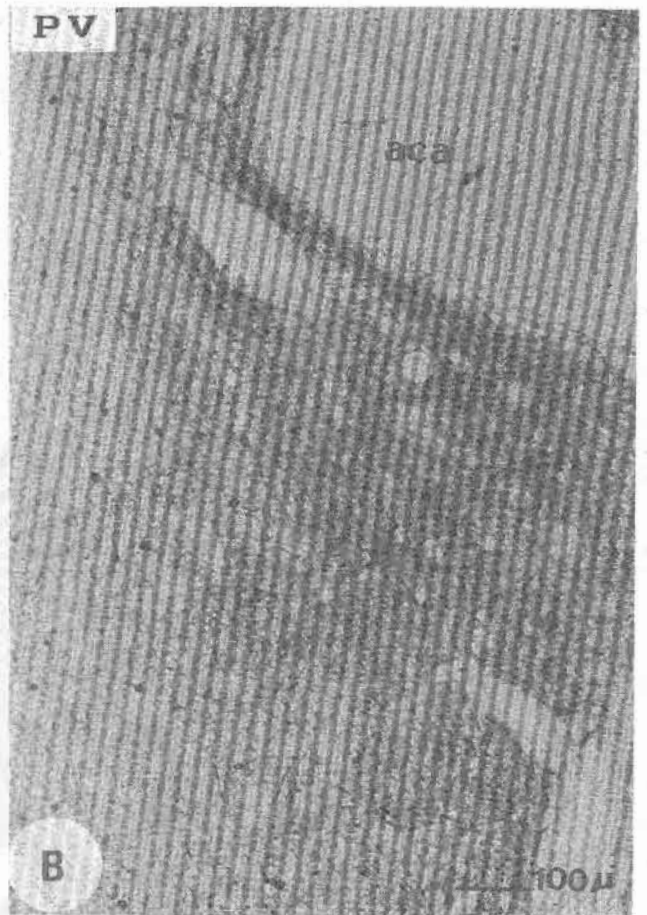
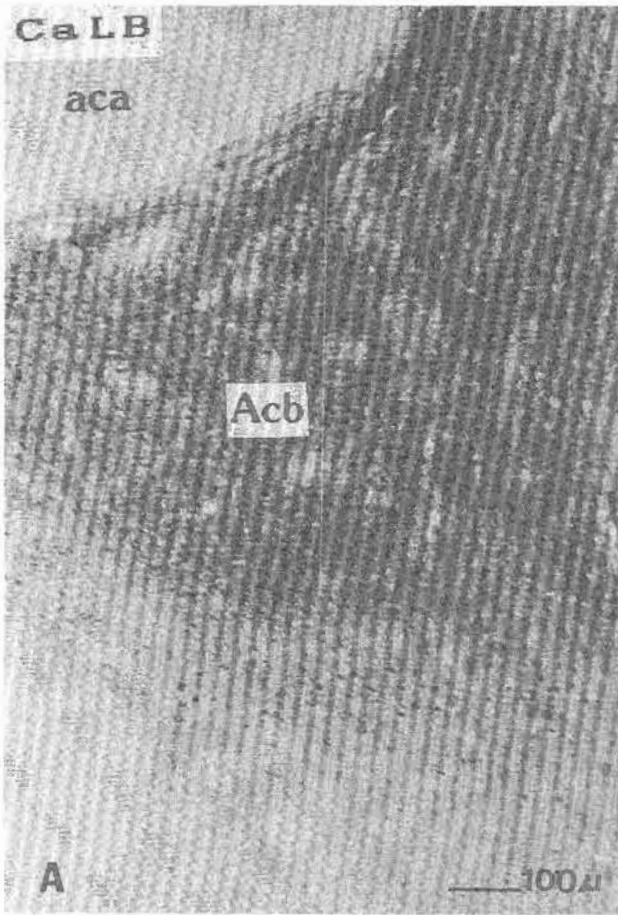
Calbindin - D28K เซลล์ซึ่งโผล่พบในปริมาณ 1+ มีขนาด 8-12  $\mu\text{m}$  โดยทั่วไปพบว่ามีลักษณะกลม และกลมรี บางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้ และบางเซลล์พบว่ามี process 1 process การคดสีค่อนข้างจางเกือบทุกเซลล์ ปริมาณ fiber มีปริมาณ 2+-3+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section คดสีที่ค่อนข้างจาง และมีลักษณะเป็นเส้นเล็กบางมาก การกระจายตัวของ fiber ไม่สม่ำเสมอ ไม่พบ fiber ที่มีลักษณะหนา (รูปที่ 42F)

Parvalbumin จากการย้อมไม่สามารถระบุตำแหน่งได้ชัดเจนนัก แต่คาดว่าเซลล์ที่โผล่พบในปริมาณ 1+ โดยมีขนาด 10-20  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม, กลมรี และรูปกระสวย คดสีเข้ม fiber พบในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน พรมีลักษณะคดสีปานกลางและเข้มปะปนกัน (รูปที่ 42F)



รูปที่ 11 ภาพถ่ายส่องตัดตามขวางผ่านระดับ accumbens nucleus แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ accumbens nucleus (Acb).

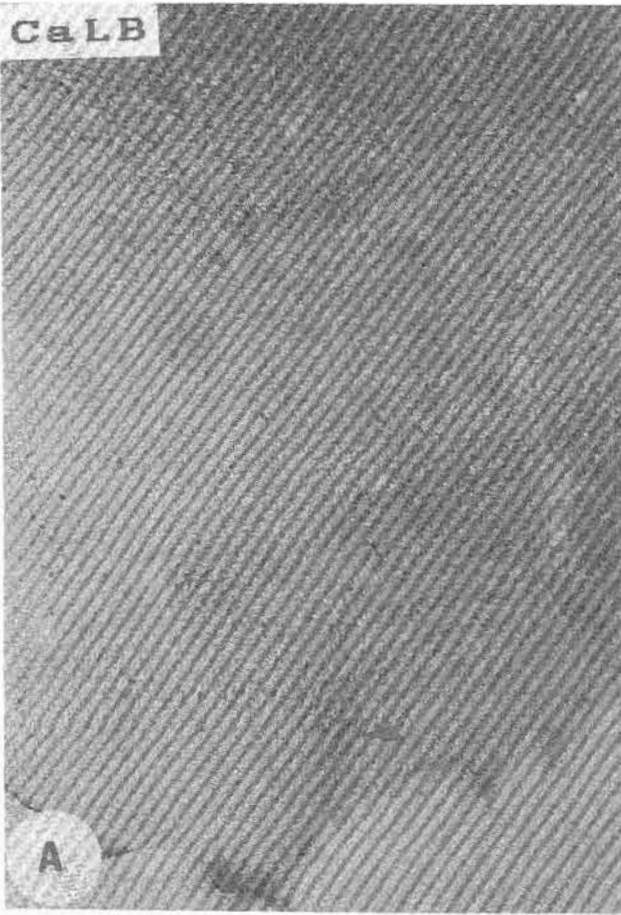
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



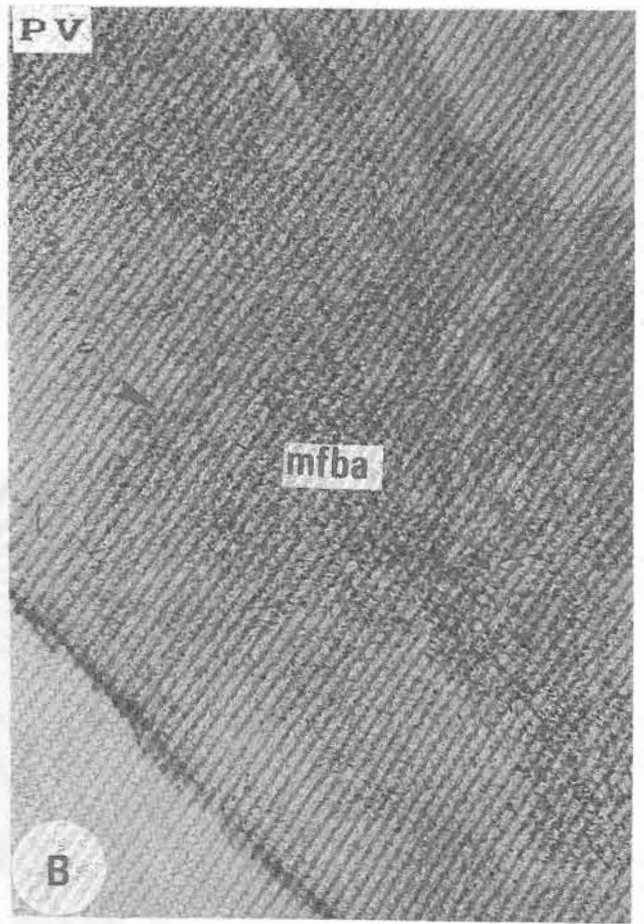
รูปที่ 12 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางผ่านระดับ accumbens nucleus แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน medial forebrain bundle (mfba) ,islands of Calleja (ปลายศรชี้) และ บริเวณ intermediate ของ lateral septal nucleus (LSI)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

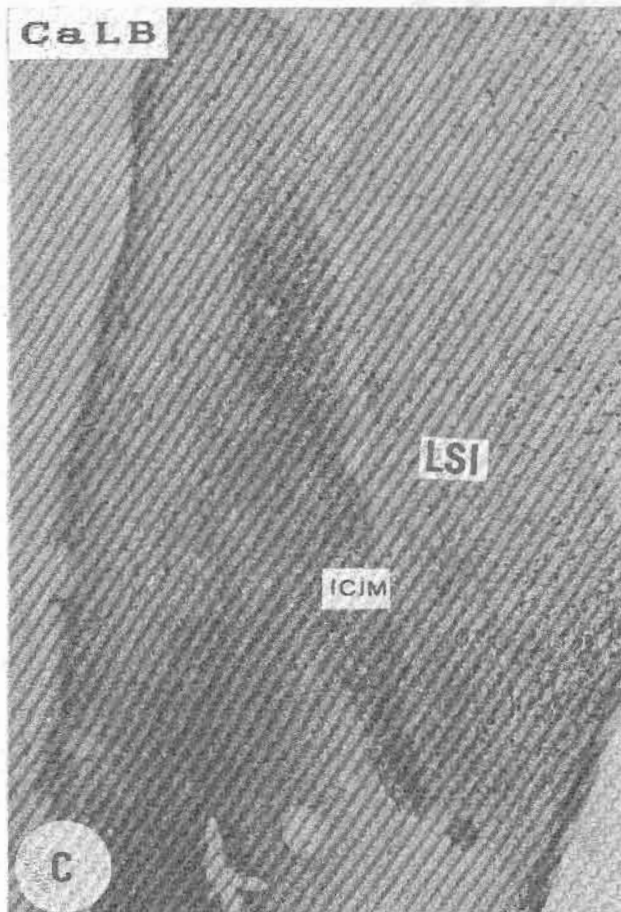
CaLB



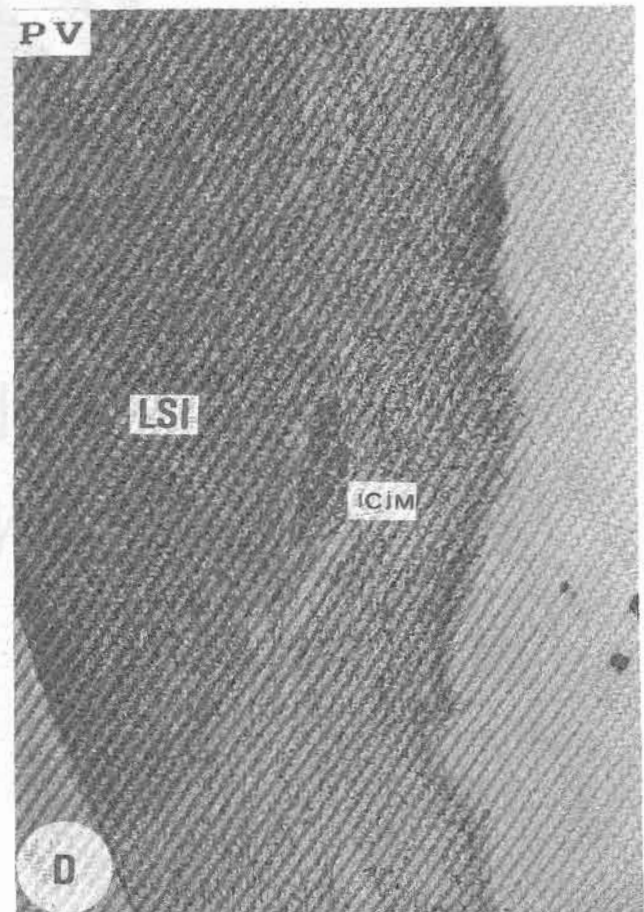
PV



CaLB



PV



100μ

## Fornix

Calbindin - D28K ในบริเวณนี้ให้ผลเซลล์เป็นลบทางด้าน dorsal ส่วนบริเวณ ventral มีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณเล็กน้อยคือ 1+ โดยมีขนาด 5-17 um ลักษณะของเซลล์มีรูปร่างกลม และกลมรี การติดสีของเซลล์พบว่าติดสีค่อนข้างเข้ม ลักษณะคล้ายกับเซลล์ของบริเวณ medial septum ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยทั้งหมดเป็น cross section ลักษณะของ fiber ติดสีค่อนข้างจาง ส่วน long section fiber พบได้น้อยมาก ซึ่งมีลักษณะบางและติดสีจาง ไม่พบลักษณะของ fiber ที่เป็นแถบหนา (รูปที่ 13A, 42E)

Parvalbumin พบว่าในบริเวณนี้มีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ มีขนาด 8-20 um รูปร่างกลม และกลมรี ติดสีเข้ม มีการกระจายทั่วไป ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ - 4+ มีลักษณะเป็นเส้นบางและสั้นติดสีจาง โดยส่วนใหญ่ fiber มีลักษณะเป็นชนิด cross section พบลักษณะ fiber ที่หนาในบริเวณนี้กระจายทั่วไป (รูปที่ 13B, 42E)

## Median preoptic nucleus

Calbindin - D28K มีเซลล์และ fiber ให้ผลบวกในบริเวณนี้ค่อนข้างน้อยมาก เซลล์ซึ่งให้ผลบวกพบในปริมาณ 0-1+ โดยมีขนาด 9-20 um มีรูปร่างกลม, กลมรี และกระสวยบ้างเล็กน้อย ติดสีเข้ม ปริมาณ fiber ที่ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber มีลักษณะเป็นเส้นบางขนาดเล็บบาง การเรียงตัวของ fiber มักมีการเรียงตัวในแนวขนานกันเกือบทั้งหมด และส่งออก ไปยังบริเวณ preoptic area ไม่พบว่ามี fiber ลักษณะที่เป็นแถบหนาในบริเวณนี้ (รูปที่ 42F)

Parvalbumin ในบริเวณนี้พบว่าเซลล์และ fiber ให้ผลบวกค่อนข้างหนาแน่น เซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยพบมีการกระจายโดยสม่ำเสมอทั้งบริเวณ 3/4 ทางด้าน lateral ส่วนบริเวณ 1/4 ทางด้าน medial ปริมาณเซลล์ที่ให้ผลบวกเพียง 2+ และบริเวณที่ติดกับ anterior commissure ปริมาณเซลล์ที่พบคือ 2+ ขนาดของเซลล์ที่ได้มีขนาด 10-23 um โดยส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม กลมรี และรูปสามเหลี่ยม พบว่าสามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน การติดสีของเซลล์ทั่วทั้งบริเวณ มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่ามีลักษณะของการติดสีปานกลาง การเรียงตัวของเซลล์ส่วนใหญ่ จะเรียงตัวในแนวขนานกัน ตามความยาวของบริเวณนี้ โดยจะเห็นชัดทางด้าน ventral ของบริเวณเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 3+ ลักษณะของ fiber เกือบทั้งหมดเป็น cross section พบลักษณะ long section บ้างในปริมาณที่เล็กน้อย และส่วนใหญ่จะเรียงตัวในแนวขนานกันตามยาว ลักษณะ fiber ที่เป็น

cross section มีลักษณะค่อนข้างหนา และคิคลีปานกลาง (รูปที่ 42F)

### Septohypothalamic nucleus

Calbindin - D28K เซลล์ให้ผลมากในบริเวณนี้ในปริมาณ 2+ - 3+ โดยมีขนาด 5-15 um แต่ส่วนใหญ่ พบว่ามีขนาด 10-15 um มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์โดยทั่วไปมักเห็น nucleolus ชัดเจน ลักษณะการคิคลีของเซลล์ในบริเวณนี้คิคลีค่อนข้างเข้ม การจัดเรียงตัวพบว่าไม่เท่ากัน โดยในบริเวณตรงกลางของ nucleus มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ พบเซลล์ที่คิคลีจางบ้างเล็กน้อย ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้มีปริมาณ 3+ การเรียงตัวของ fiber มีทิศทางที่ไม่แน่นอนและมีทั้งลักษณะ cross และ long section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดย long section มีลักษณะเป็นแถบหนาบ้างเล็กน้อย ส่วน cross section ส่วนใหญ่มีลักษณะของเส้น fiber ที่ค่อนข้างหนา และคิคลีเข้มอย่างชัดเจน (รูปที่ 42E)

Parvalbumin ไม่พบว่าให้ผลมากทั้งกับเซลล์ และ fiber (รูปที่ 42E)

### Preoptic area

Calbindin - D28K ในบริเวณ preoptic area (รูปที่ 42E, 42F) ในส่วน anteromedial พบว่าเซลล์ให้ผลมากในบริเวณนี้ในปริมาณ 2+ - 3+ โดยในบริเวณทางด้าน ventromedial ของบริเวณนี้ มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ (3+) ขนาดของเซลล์ที่พบโดยส่วนใหญ่มีขนาด 7-20 um มีรูปร่างกลม กลมรี และรูปสามเหลี่ยม การคิคลีของเซลล์มีทั้งที่คิคลีเข้มและคิคลีจางปะปนกัน โดยเซลล์ที่คิคลีจางมีปริมาณมากกว่าเล็กน้อย เซลล์ส่วนใหญ่พบว่าสามารถสังเกตเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 2+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในบริเวณ median preoptic area นั้น พบปริมาณเซลล์ซึ่งให้ผลมากเพียงเล็กน้อย คือ 0-1+ ขนาดของเซลล์พบว่ามีความยาว 8-20 um โดยส่วนใหญ่มีลักษณะกลมและกลมรี สามารถเห็น nucleolus ได้โดยชัดเจน ซึ่งบางเซลล์สามารถเห็น processes ได้อย่างชัดเจนเช่นกัน โดยมีลักษณะหนา การคิคลีของเซลล์คิคลีเข้มปานกลาง พบเพียงเล็กน้อยที่คิคลีเข้ม ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 2+ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section พบว่าโดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น cross section คิคลีจาง ลักษณะของ long section พบว่าคิคลีจาง และ fiber มีลักษณะบาง ทิศทางการวิ่งของ fiber พบมีทิศทางการวิ่งไม่แน่นอน

บริเวณ lateral preoptic area เซลล์ซึ่งให้ผลมากในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์ที่พบมีขนาด 5-15 um ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม และกลมรี มักเห็น nucleolus

อย่างชัดเจน การติดสีของ เซลล์ทั้งคิคสีเข้มและจางปะปนกัน และบางเซลล์เห็น process อย่างชัดเจน 1 process มีส่วนน้อยที่พบว่ามี 2 processes การกระจายของเซลล์ มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ตลอดคามแนวยาวของบริเวณนี้ ปริมาณ fiber พบว่ามีความหนาแน่น ในปริมาณ 2+ โดยส่วนน้อยเป็น long section ไม่มีทิศทางการวิ่งที่แน่นอนและคิคสีปานกลาง ส่วน cross section พบว่าคิคสีจางมีลักษณะบาง ไม่พบ fiber ที่มีแถบหนาในบริเวณนี้

บริเวณ anteroventral preoptic nucleus เซลล์ที่โผล่ลวกในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์พบมีขนาดประมาณ 6-18  $\mu\text{m}$  มีลักษณะค่อนข้างกลมและกลมรีเห็น nucleolus อย่างชัดเจน การติดสีของเซลล์ พบทั้งที่คิคสีเข้มและจางปะปนในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยเซลล์ที่ คิคสีเข้ม โดยทั่วไปมักจะอยู่ทางด้าน lateral ส่วนเซลล์ที่คิคสีจางพบมี processes ที่ชัดเจน บ้างเล็กน้อย ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ ลักษณะค่อนข้างหนาและคิคสีปานกลาง ส่วนใหญ่เป็น fiber ชนิด long section ส่วนชนิด cross section มีน้อยมาก fiber ส่วนใหญ่มีทิศทางการวิ่งที่ไม่แน่นอน

Parvalbumin ในบริเวณ preoptic area (รูปที่ 42E, 42F) ในส่วน anteromedial ไม่พบเซลล์ซึ่งโผล่ลวก ส่วน fiber พบโผล่ลวกในปริมาณ 1+ โดยเป็น long section ทั้งหมด ลักษณะของ fiber เป็นเส้นหนาปานกลาง คิคสีเข้ม มีทิศทางการวิ่งในแนวที่ค่อนข้างเฉียง

บริเวณ median preoptic area พบเซลล์ซึ่งโผล่ลวกเพียง 0-1+ โดยมีขนาด 13-15  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลมรี คิคสีปานกลาง ปริมาณ fiber ที่โผล่ลวกในบริเวณนี้ มีปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่เป็น long section มีความหนาและคิคสีปานกลาง ทิศทางการวิ่งค่อนข้างขนานกับ third ventricle

บริเวณ lateral preoptic area พบเซลล์โผล่ลวกในปริมาณ 1+ โดยมีความหนาแน่นอยู่มากทางด้าน medial ขนาดของเซลล์ที่พบคือขนาด 10-17  $\mu\text{m}$  ส่วนใหญ่ขนาดของเซลล์ ในบริเวณนี้ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก รูปร่างของเซลล์ที่พบมีรูปร่างกลม และกลมรี บางเซลล์มี processes ที่ค่อนข้างหนา และสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน การติดสีของเซลล์มีความเข้มปานกลาง พบเพียงเล็กน้อยที่คิคสีจาง เซลล์โดยส่วนใหญ่สามารถสังเกตเห็น nucleolus ได้ ชัดเจน ความหนาแน่นของเซลล์ทางด้าน medial มีมากกว่าทางด้าน lateral ปริมาณ fiber พบว่าโผล่ลวกในปริมาณ 2+-3+ โดยส่วนใหญ่ fiber เป็นชนิด cross section และมีลักษณะค่อนข้างหนาและคิคสีเข้ม พบ long section fiber ในปริมาณที่น้อยมาก โดยมักเป็น process ของเซลล์และไม่สามารถบอกทิศทางการวิ่งของ fiber ได้

บริเวณ anteroventral preoptic nucleus ไม่พบเซลล์ซึ่งโผล่ลวก พบปริมาณ fiber ที่โผล่ลวกในปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่เป็น fiber ชนิด long และ cross section

ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber พบมีลักษณะบางและคดค้ำง

#### Supraoptic nucleus

Calbindin - D28K ปริมาณเซลล์ที่พบมากในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 2+~3+ โดยเซลล์มีขนาด 5-14 um มีรูปร่างกลมและกลมรี มีลักษณะคดค้ำงและมีหาง และพบเพียงบางเซลล์ที่สามารถมองเห็น nucleolus ได้ มีเพียงเส้นน้อยที่เห็น processes ชัดเจนค่อนข้างหนา ความหนาแน่นของเซลล์ ในบริเวณ medial มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ของ nucleus นี้ ปริมาณ fiber ของบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+~4+ ลักษณะของ fiber คดค้ำงเด่นชัด และมีความหนาแน่นมากทางบริเวณ Medial ของ nucleus เช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่เป็น fiber ชนิด cross section และพบ long section ได้น้อยกว่าไม่มากนัก ลักษณะ fiber ค่อนข้างหนา และคดค้ำงปานกลาง จนถึงเข้ม มีลักษณะหางงอ ไม่สามารถบอกแนวทิศทางการวิ่งได้ (รูปที่ 42F)

Parvalbumin ไม่พบทั้งเซลล์และ fiber ที่พบมาก (รูปที่ 42F)

#### Stria terminalis

Calbindin - D28K พบเซลล์ซึ่งพบมากในบริเวณนี้ในปริมาณ 2+ โดยมีขนาด 8-10 um ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม และขนาดใกล้เคียงกัน ไม่พบเห็น process เซลล์ที่พบมีทั้งคดค้ำงและคดค้ำงปานกลางอยู่ปะปนกัน fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น fiber ชนิด cross section โดยมีลักษณะคดค้ำงและค่อนข้างบาง พบ long section ได้บ้างในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วน fiber ที่เป็นแถบหนามีบ้างเล็กน้อย ทิศทางการวิ่งของ fiber มีทิศทางที่ไม่แน่นอน

Parvalbumin ไม่พบทั้งเซลล์และ fiber ซึ่งพบมากในบริเวณนี้

#### Bed nucleus stria terminalis

Calbindin - D28K ใน bed nucleus stria terminalis (รูปที่ 13C, 42E) บริเวณ medial division (anterior) พบเซลล์ที่พบมาก 1+ มีขนาด 5-10 um มีรูปร่างกลมและกลมรี สามารถเห็น nucleolus ได้ในบางเซลล์ มีการกระจายโดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ fiber พบในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน โดยมีความหนาปานกลาง และคดค้ำงเด่นชัด พบแถบหนามากบ้างเล็กน้อย



บริเวณ lateral division พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ มีขนาด 6-10  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลมและกลมรี เห็น nucleolus ชัดเจน บางเซลล์พบมี process 1 process การกระจายของเซลล์สม่ำเสมอทั้งบริเวณ ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+-4+ เกือบทั้งหมด เป็น cross section ลักษณะค่อนข้างบาง คีดสีปานกลาง

บริเวณ ventral division พบเซลล์ที่ให้ผลมากในปริมาณ 1+-2+  $\mu\text{m}$  มีขนาด 7-12  $\mu\text{m}$  โดยส่วนใหญ่จะมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน มีรูปร่างกลมและกลมรี มักเห็น nucleolus อย่างชัดเจน ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+-4+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section fiber มีลักษณะค่อนข้างหนาและคีดสีเข้ม

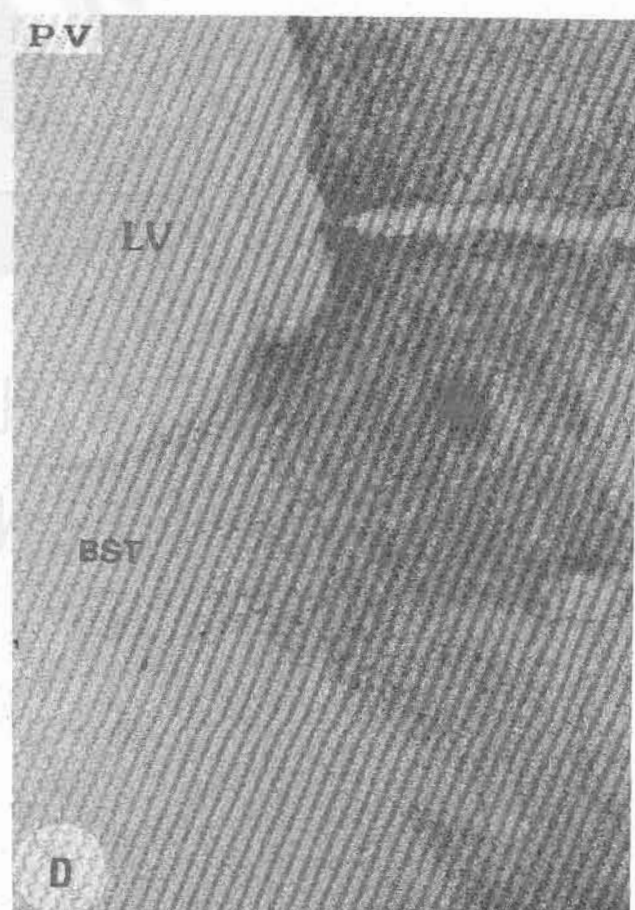
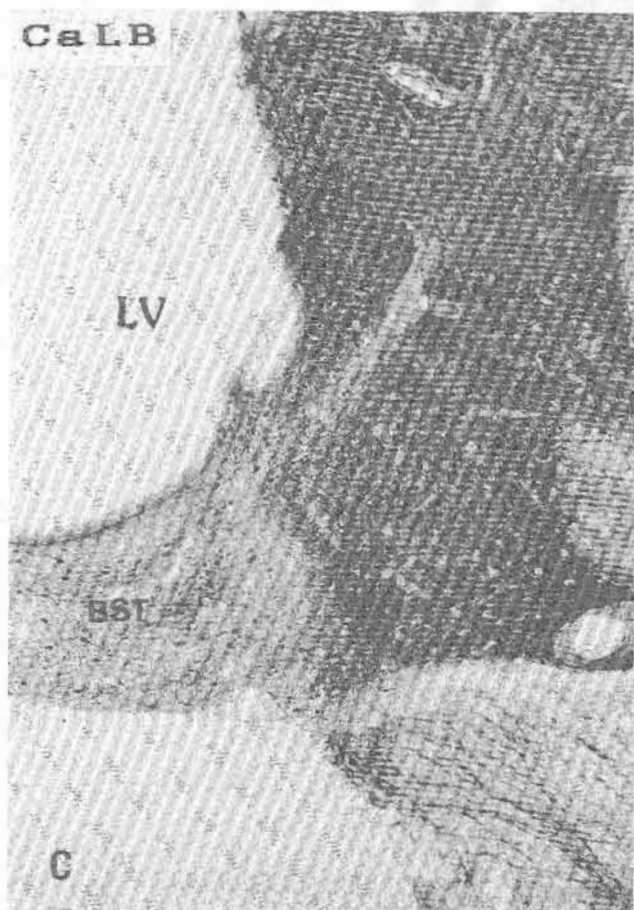
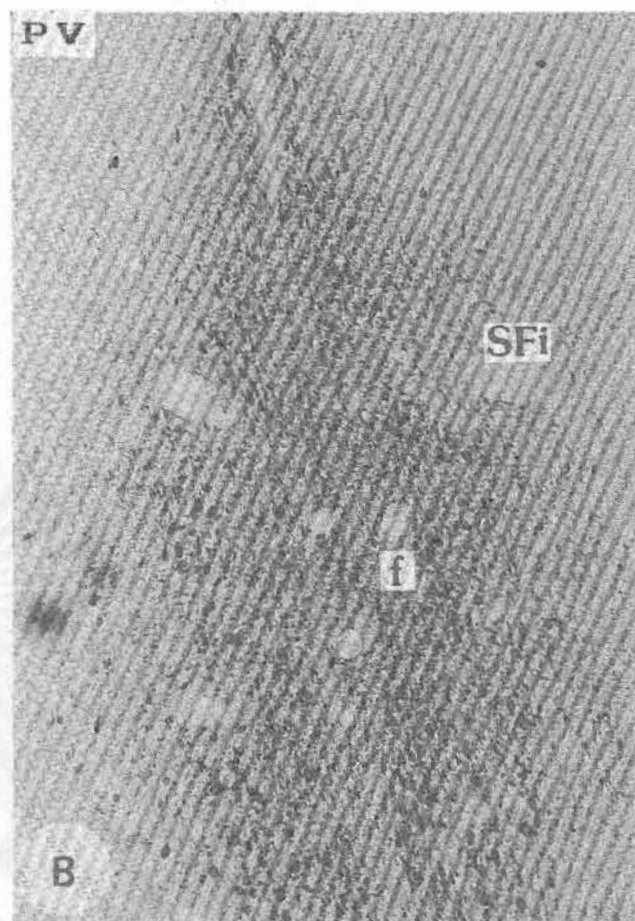
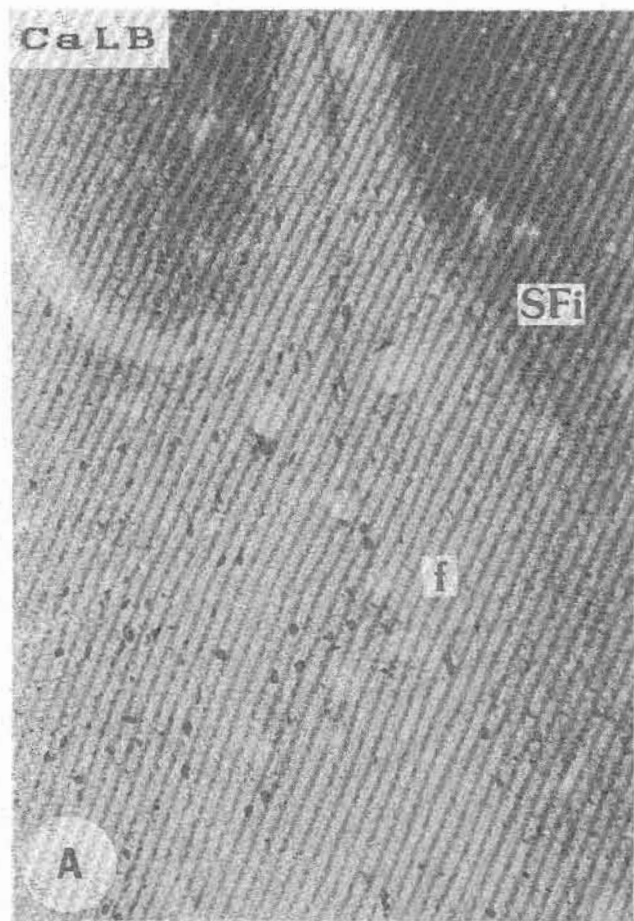
Parvalbumin ใน bed nucleus stria terminalis (รูปที่ 13D, 42E) บริเวณ medial division (anterior) ให้ผลทั้งเซลล์และ fiber ส่วนบริเวณ lateral division เซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0+-1+ เซลล์มีขนาด 8-10  $\mu\text{m}$  โดยมักมีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวย เซลล์ซึ่งเป็นรูปกระสวยมักพบว่าคีดสีเข้มตรงข้ามกับบางเซลล์ มักคีดสีที่จางมาก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยมักเป็น long section มีขนาดปานกลาง และคีดสีปานกลางเช่นกัน ลักษณะของ fiber ประสานกันไปมา มีทิศทางไม่แน่นอน

บริเวณ ventral division ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลมาก ส่วน fiber พบได้ในปริมาณ 2+ ลักษณะของ fiber ใกล้เคียงกับ division อื่น ๆ โดยพบว่าส่วนใหญ่เป็น long section ขนาดของ fiber ปานกลางและคีดสีปานกลางเช่นเดียวกัน พบ cross section บ้างเล็กน้อย โดยมีการกระจายโดยทั่วไป

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 13. ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางระดับ anterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ fornix (f) , septofimbrial nucleus (SFi) และ bed nucleus stria terminalis (BST)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 100μ

### Caudate nucleus

Calbindin - D28K เซลล์ที่พบมากในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่มีขนาด 8-12 um การกระจายของเซลล์พบโดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ ยกเว้นบริเวณ dorsal ของ nucleus มีปริมาณทั้ง cells และ fiber ค่อนข้างเบาบางกว่าบริเวณอื่น ๆ เซลล์พบว่ามีรูปร่างกลมและกลมรี การติดสีเข้มชัดเจน เซลล์ส่วนใหญ่ไม่พบเห็น process แต่ในบางเซลล์พบว่าสามารถเห็นได้บ้าง การติดสีของเซลล์พบว่าเหมือนกันทั้งบริเวณ ปริมาณ fiber ในบริเวณ caudate nucleus นั้น มีปริมาณ 3+ ในบริเวณ dorsal และ 4+ ในบริเวณ ventral ลักษณะของ fiber เกือบทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะเป็นเส้นเล็ก ๆ ติดสีจาง ไม่พบ fiber ที่มีลักษณะหนา (รูปที่ 14A, C, 42D, 42E, 42F)

Parvalbumin การกระจายของเซลล์พบในปริมาณ 2+ เซลล์มีลักษณะคล้ายกับเซลล์ในบริเวณ caudate nucleus โดยมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ และพบว่ามีทั้งที่ติดสีเข้มและติดสีปานกลางปะปนกันมีขนาด 7-15 um มีรูปร่างกลม และกลมรี นอกจากนี้ยังพบเซลล์ที่มีขนาดเล็กประมาณ 3-4 um มีลักษณะกลมและติดสีเข้มมาก เซลล์ในบริเวณนี้สามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน ประมาณ 50% ของเซลล์ทั้งหมด และบางเซลล์สามารถเห็น processes ได้ชัดเจน 1-2 processes ปริมาณ fiber พบว่าส่วนใหญ่เป็น long section มีลักษณะเป็นเส้นบาง พบในปริมาณ 3+ ในบริเวณที่ติดกับ ventricle ส่วนในบริเวณอื่น ๆ พบในปริมาณ 2+ fiber ติดสีปานกลาง และพบที่มีแกนหนาบ้างเล็กน้อย ในบริเวณที่ติดกับ ventricle แนวของ fiber มีทิศทางกว้างส่วนใหญ่ในแนวขนานกัน (รูปที่ 14B, D, 42D, 42E, 42F)

### Putamen

Calbindin - D28K ในบริเวณนี้มีการกระจายของเซลล์โดยสม่ำเสมอ เซลล์ที่พบมากในปริมาณ 3+ ลักษณะขนาดและรูปร่างของเซลล์คล้ายคลึงกับบริเวณ caudate nucleus โดยมีขนาด 7-13 um มีรูปร่างกลมและกลมรี การติดสีของเซลล์ติดสีที่ค่อนข้างเข้มและพบเพียงบางเซลล์ที่สามารถเห็น processes ได้อย่างชัดเจน ปริมาณ fiber ที่พบในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section ติดสีค่อนข้างจาง และบาง ไม่พบลักษณะที่เป็นแกนหนา ส่วนบริเวณ dorsal ของบริเวณนี้พบว่า ปริมาณ fiber มีความหนาแน่นมากถึง 4+ (รูปที่ 15A, C, 42D, 42E, 42F)

Parvalbumin เซลล์ที่พบมากในปริมาณ 2+ ลักษณะของเซลล์คล้ายคลึงกับบริเวณ caudate nucleus การกระจายของเซลล์พบว่ามีารรวมกันเป็นกลุ่ม มีขนาด 7-15 um มักมีรูปร่างกลม

และกลมรี เห็น nucleolus อย่างชัดเจน และในบางเซลล์สามารถเห็น processes 1-2 processes ได้ ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 2+ โดยลักษณะเหมือนกับ fiber ในบริเวณ caudate nucleus การกระจายของเซลล์ในบริเวณนี้ค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีการกระจายเป็นกลุ่ม ๆ ลักษณะของ fiber ไม่พบว่ามีลักษณะที่เป็นแถบหนา และมีทิศทางการวิ่งประสานกันไปมา ไม่มีทิศทางที่แน่นอน (รูปที่ 15B, D, 42D, 42E, 42F)

### Globus Pallidus

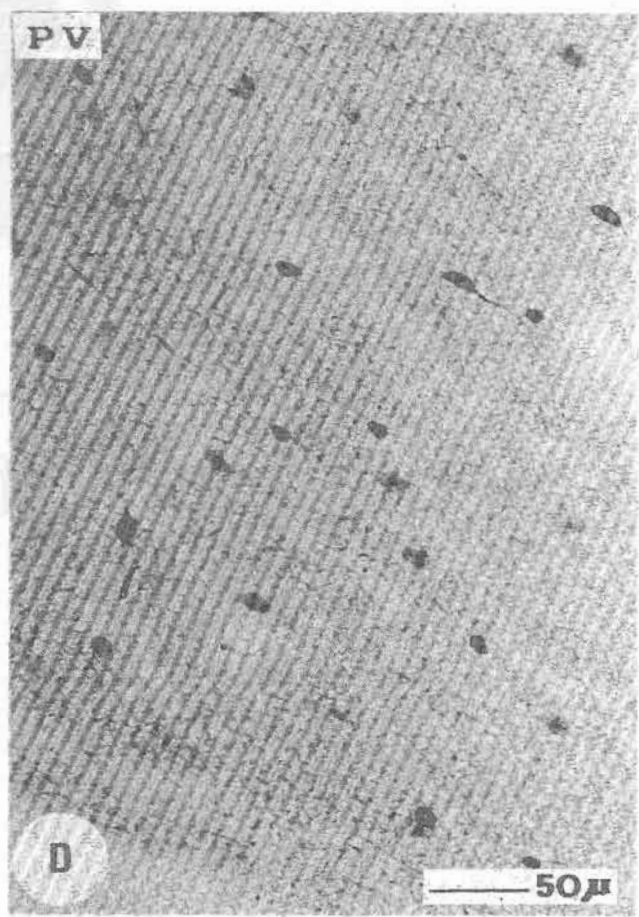
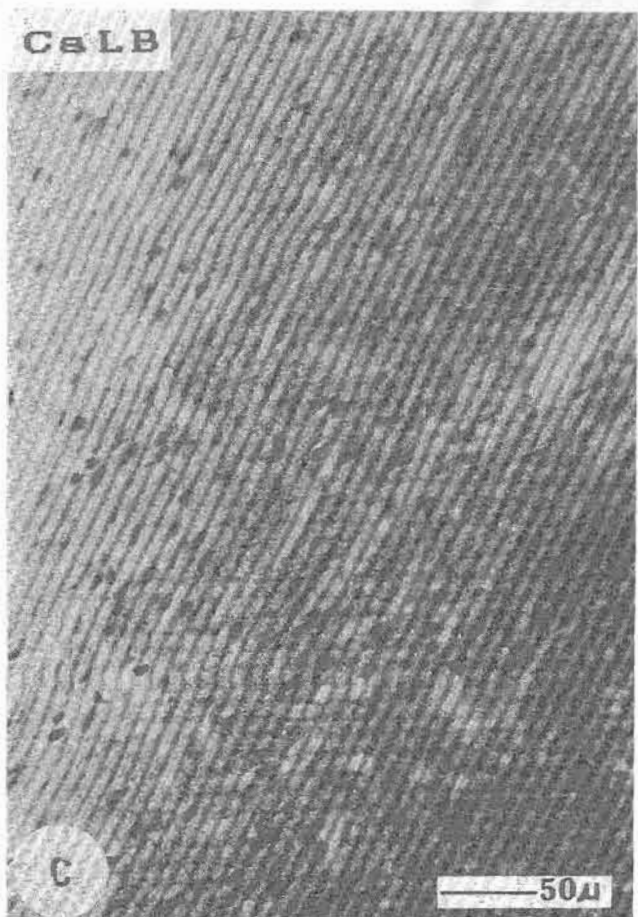
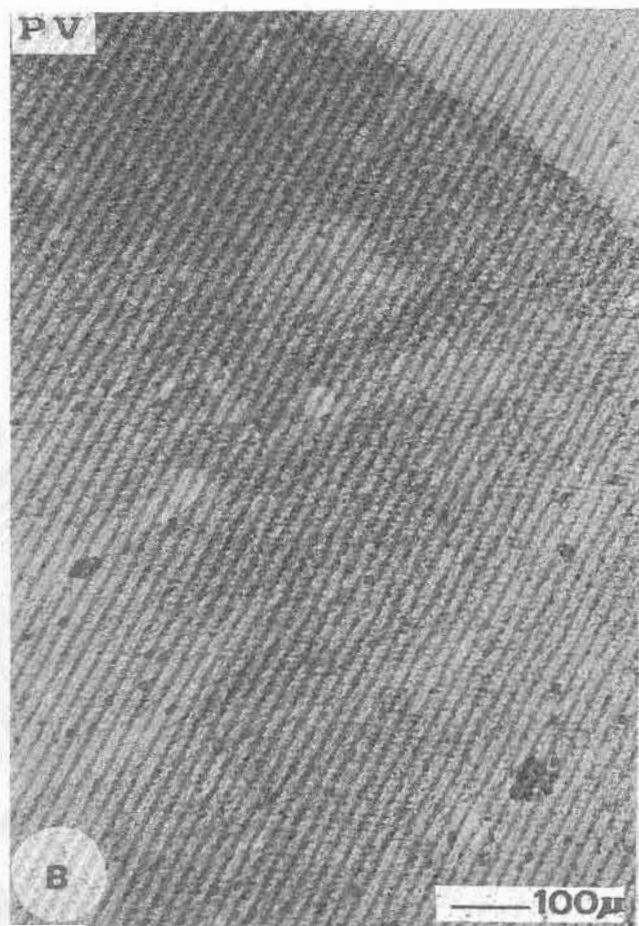
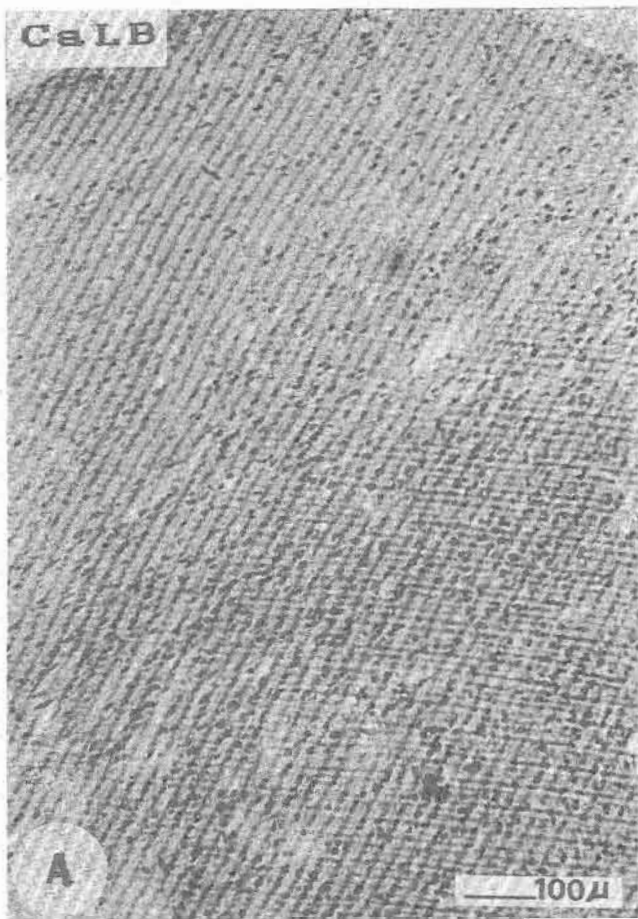
Calbindin - D28K พบเซลล์ที่พบสลับในปริมาณ 0-1+ โดยจะรวมกลุ่มกันอยู่ในบริเวณตรงกลางของบริเวณเซลล์ที่มีขนาด 10-15 um มีรูปร่างกลมและกลมรี คีคสีเข้มทึบ ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+-4+ มีการรวมกันเป็นกลุ่ม ๆ โดยเฉพาะในบริเวณที่ติดกับ anterior commissure การประสานกันของ fiber มีลักษณะคล้ายค้ำช้าย fiber ทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะคีคสีปานกลางจนถึงเข้ม (รูปที่ 16A, C, 42E, 42F)

Parvalbumin พบเซลล์ที่พบสลับในปริมาณ 2+ มีความหนาแน่นในบริเวณ mediodorsal มากกว่าบริเวณอื่น ๆ เซลล์มีขนาด 8-25 um มีรูปร่างกลม กลมรี สามเหลี่ยม และหลายเหลี่ยม มีลักษณะคีคสีเข้มและบางเซลล์จะเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน มีเพียงจำนวนเล็กน้อย พบมี processes ขนาดหนา 1-2 processes ปริมาณ fiber มีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอโดยมีปริมาณ 3+-4+ มีการกระจายเป็นหย่อม ๆ จนทำให้มีลักษณะคล้ายค้ำช้าย fiber เกือบทั้งหมด เป็น cross section ค่อนข้างหนาและคีคสีเข้ม ส่วนชนิด long section มีการรวมกันเป็นกลุ่ม ๆ มีลักษณะหนาเช่นเดียวกับ cross section การคีคสีของบริเวณนี้โดยรวมจะเห็นว่าค่อนข้างเข้มชัดเจนทั้งบริเวณ แต่แนวทิศทางการวิ่งของ fiber ไม่สามารถบอกทิศทางการวิ่งได้ (รูปที่ 16B, D, 42E, 42F)

รูปที่ 14 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางระดับ anterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน caudate nucleus (Ca)



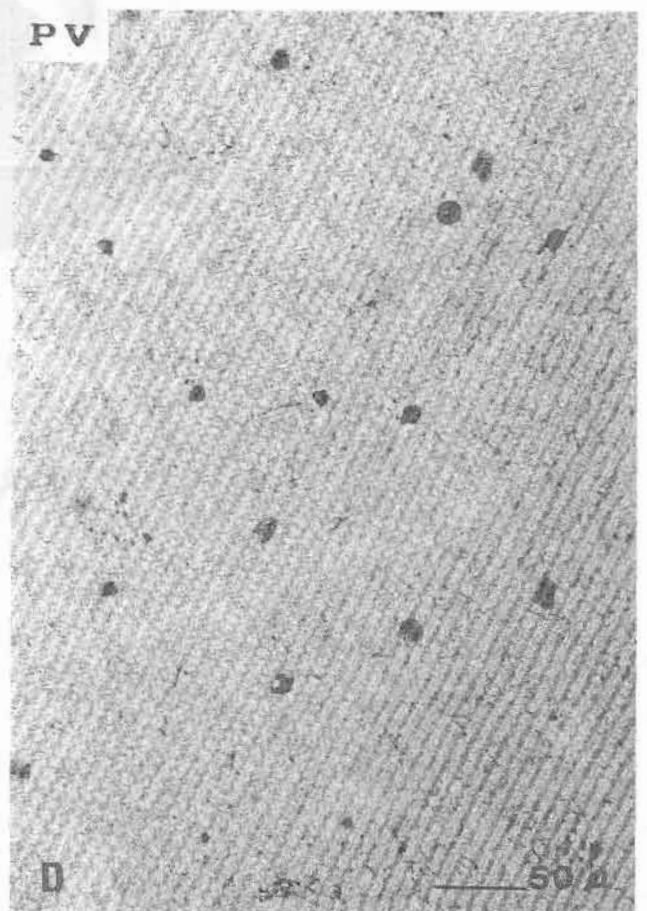
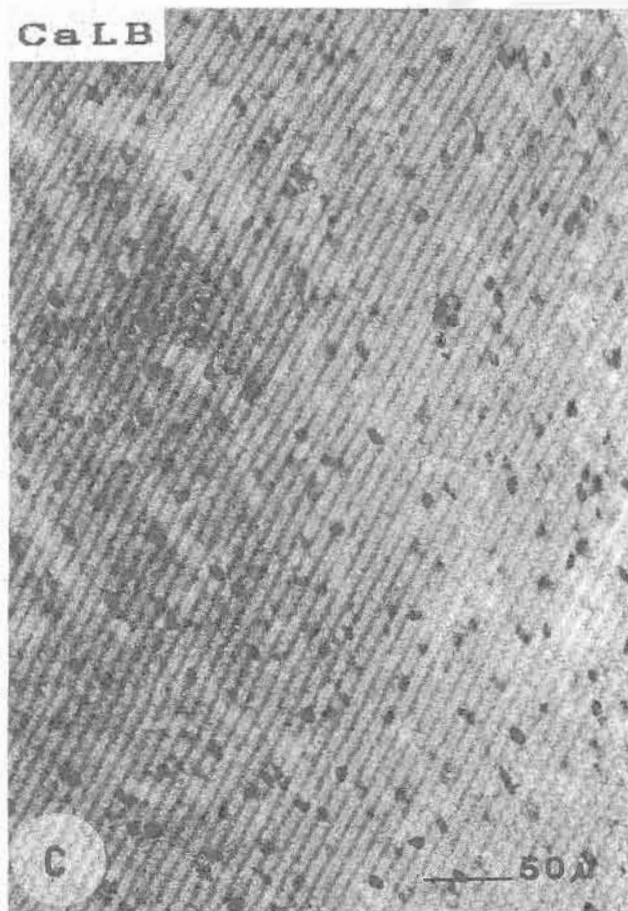
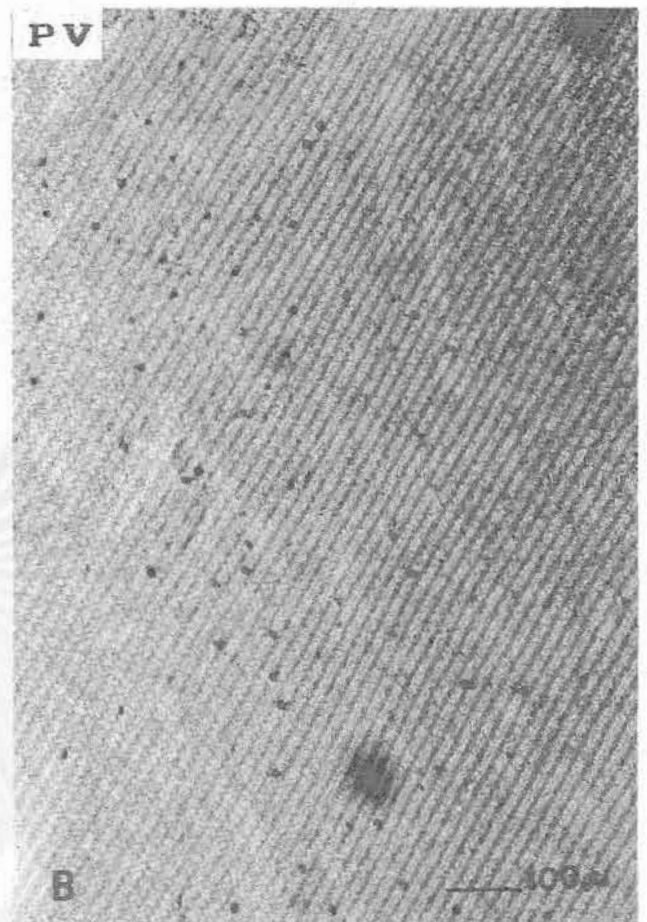
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 15 ภาพถ่ายมองตัดตามขวางระดับ anterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน putamen (Pu)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

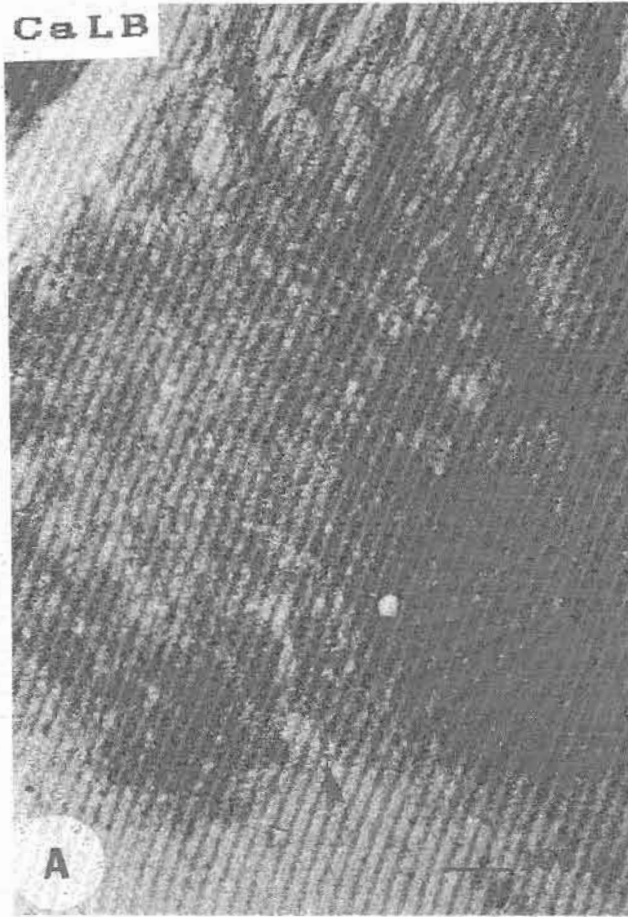




รูปที่ 16 ภาพถ่ายสมองตัดคามขวางระดับ anterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน globus pallidus (GP) ปลายศรชี้แสดงตำแหน่งของ GP

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CaLB



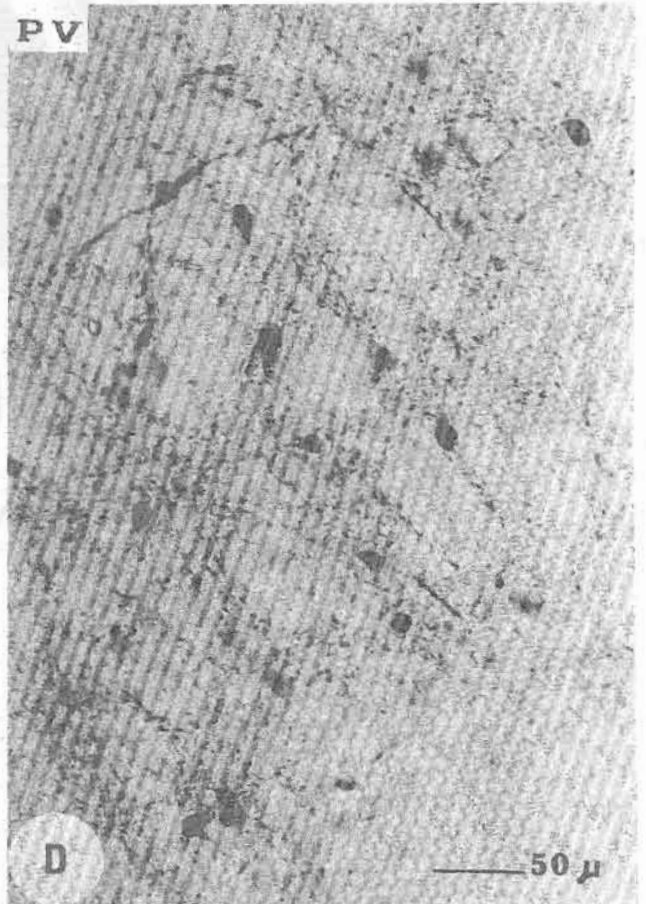
PV



CaLB



PV



### Clastrum

Calbindin-D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในบริเวณนี้ในปริมาณ 1+ ซึ่งเซลล์มีการกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีความหนาแน่นในบริเวณ dorsal มากกว่าบริเวณอื่น ๆ เซลล์ที่มีขนาด 6-10 um โดยมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลมและกลมรี การติดสีของเซลล์สีจางปะปนอยู่บ้างเล็กน้อยและบางเซลล์สามารถสังเกตเห็น processes ได้ 1 process ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 1+-2+ ในบริเวณตรงกลางมีความหนาแน่นของ fiber น้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ (1+) ส่วนในบริเวณ dorsal และ ventral พบมีปริมาณ 2+ ลักษณะของ fiber พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน long section มีลักษณะค่อนข้างหนา และติดสีเข้ม มีการกระจายโดยทั่วไปส่วนในบริเวณที่ติดกับ putamen พบว่า fiber มักวิ่งในแนวขนานกัน ไปตามขอบของ putamen (รูปที่ 17A, C, 42D, 42E)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยมีขนาด 7-18 um และขนาด 2-4 um รูปร่างของเซลล์ขนาดเล็กมีรูปร่างกลมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในขนาดอื่นพบมีรูปร่างกลมและกลมรี การติดสีของเซลล์ค่อนข้างเข้ม ส่วนใหญ่ไม่สามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน และในบางเซลล์สามารถเห็น processes ได้ 1 process ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ โดยมีทั้ง cross และ long section ปะปนกัน แต่ cross section ค่อนข้างพบได้มากกว่า ลักษณะ long section เป็นเส้นสั้น ๆ ค่อนข้างคงอ มีความหนาปานกลาง พบ fiber ที่มีลักษณะหนาบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 17B, D, 42D, 42E)

### Septofimbrial nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+- 3+ โดยมีความหนาแน่นทางด้าน ventral มากกว่าบริเวณอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ติดกับ lateral ventricle ในบริเวณ dorsal fornix พบได้น้อยมาก เซลล์มีขนาด 10-15 um โดยมีรูปร่างกลม, กลมรี และกระสวย บางเซลล์สามารถเห็น processes ได้ชัดเจน 1 process การติดสีของเซลล์ในบริเวณนี้พบว่าค่อนข้างเข้ม ในบริเวณที่ติดกับ lateral ventricle ในบางเซลล์สามารถเห็น nucleolus และ processes ได้อย่างชัดเจน ส่วนบริเวณ medial ของบริเวณนี้ พบเซลล์ให้ผลบวกเพียงเล็กน้อย (1+) และ fiber พบในปริมาณ 3+-4+ ซึ่งส่วนใหญ่ fiber เกือบทั้งหมดพบเป็น cross section โดยไม่มีลักษณะของ fiber ที่หนา ส่วนบริเวณที่ติดกับ lateral ventricle จะพบว่ามี long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นลักษณะของ fiber ที่ค่อนข้างหนา และพบแถบ fiber ที่มีขนาดใหญ่ได้ในปริมาณปานกลาง (รูปที่ 18A,

C, 42F)

Parvalbumin พบเซลล์ที่ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยมีอยู่ทางตรงกลางของบริเวณเซลล์ที่พบ มีขนาด 15-23 um มีลักษณะคิซซีเข้ม โดยมีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์ทั้งหมดไม่พบเห็น processes ชัดเจนและในบริเวณที่ติดกับ lateral ventricle ก็ไม่มีเซลล์ที่ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 1+-3+ โดยบริเวณที่ติดกับ lateral ventricle มักมีปริมาณน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ (1+) fiber เกือบทั้งหมดพบว่าเป็น long section โดยมีขนาดเล็ก และคิซซีจาง บริเวณทางด้าน mediodorsal พบ fiber ในปริมาณ 2+ และทางด้าน dorsolateral พบในปริมาณ 3+ ซึ่ง fiber เกือบทั้งหมด เป็น cross section มีลักษณะค่อนข้างหนา และคิซซีเข้ม ทิศทางของ fiber ไม่มีทิศทางกว้างที่แน่นอน (รูปที่ 18B, D, 42F)

### Thalamic nucleus

#### Reuniens thalamic nucleus (Re)

Calbindin - D28K พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 2+ การกระจายของเซลล์ในบริเวณนี้มีค่อนข้างสม่ำเสมอ ขนาดของเซลล์ที่พบได้แก่ 10-20 um โดยเซลล์ส่วนใหญ่มีขนาดใกล้เคียงกัน รูปร่างของเซลล์พบรูปร่างกลม กลมรี สามเหลี่ยม และรูปกระสวย การคิซซีของเซลล์มีลักษณะปานกลาง และเซลล์ส่วนใหญ่เห็น nucleolus ชัดเจน พบว่าเซลล์ซึ่งเป็นรูปกระสวยมักจะคิซซีเข้มกว่าบริเวณอื่น ๆ ส่วน fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมด เป็น cross section แต่จะพบ long section ได้บ้างในบริเวณที่ติดกับ third ventricle โดย fiber มักจะขนานกันไปตามขอบของ ventricle นอกจากนี้ยังพบว่า fiber มีลักษณะหนาและคิซซีปานกลาง โดยพบ fiber ที่มีลักษณะหนาคิซซีเข้มได้บ้างเล็กน้อย (รูปที่ 19A, 42G)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ที่ให้ผลบวก แต่พบ fiber ที่ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ ลักษณะของ fiber เป็น long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกันโดย fiber ชนิด cross section มักพบว่าคิซซีเข้ม และหนากว่าปานกลาง โดยมีการกระจายทั่วไปทั้งบริเวณ ส่วน fiber ชนิด long section เป็นเส้นบางมีการกระจายโดยทั่วไป คิซซีจาง ประสานไขว้กันไปมา โดยมีทิศทางกว้างที่ไม่แน่นอน (รูปที่ 19B, 42G)

### Central medial thalamic nucleus (CM)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยรูปแบบการกระจายเหมือนกับในบริเวณ reuniens thalamic nucleus แต่ทั้งปริมาณเซลล์และ fiber ค่อนข้างหนาแน่นกว่า เซลล์ที่พบมีขนาด 8-18 um มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม การติดสีของเซลล์ พบว่าติดสีปานกลาง และเซลล์ส่วนใหญ่จะเห็น nucleolus ชัดเจน แต่ไม่สามารถสังเกตเห็น process ได้ ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 4+ โดย fiber เป็นชนิด cross section เกือบทั้งหมด ลักษณะของ fiber มีขนาดเล็ก และติดสีจาง ไม่พบลักษณะ fiber ที่มีขนาดหนา (รูปที่ 19A, 42G)

Parvalbumin พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในบริเวณนี้ในปริมาณ 1+ โดยการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอ ทั่วทั้งบริเวณเซลล์ที่พบมีขนาด 7-22 um โดยมีรูปร่างกลม กลมรี และหลายเหลี่ยม การติดสีของเซลล์ค่อนข้างจางมาก และไม่พบว่ามี nucleolus ส่วนบางเซลล์พบมี process ที่ค่อนข้างหนา fiber พบในปริมาณ 4+ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น cross section มีลักษณะเส้นบางเล็ก และติดสีจาง แต่พบว่ามี fiber ที่มีลักษณะหนาคิดสีจางปะปนโดยทั่วไปเพียงเล็กน้อย (รูปที่ 19B, 42G)

### Paraventricular thalamic nucleus (Pa)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยมีขนาด 7-21 um รูปร่างกลม, กลมรี และเป็นรูปกระสวย พบบางเซลล์มี nucleolus ขนาดใหญ่ชัดเจน การติดสีของเซลล์ พบว่ามีการติดสีปานกลาง บางเซลล์พบว่าสามารถเห็น process ได้ 1 process ชัดเจน ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ โดย fiber เกือบทั้งหมดพบว่ามีลักษณะเป็น cross section โดย fiber ค่อนข้างติดสีจาง long fiber พบได้บ้างเล็กน้อย แต่เห็นไม่ชัดเจนนัก (รูปที่ 19A, 42G)

Parvalbumin พบเซลล์ที่ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยเซลล์ที่พบมีขนาด 10-12 um ลักษณะติดสีปานกลาง เซลล์ทั้งหมดไม่สามารถสังเกตเห็น process หรือ nucleolus ได้ชัดเจน มีรูปร่างกลม และกลมรี fiber มีลักษณะเส้นบางและติดสีจาง พบลักษณะ fiber หนา ติดสีเข้ม ได้บ้างเล็กน้อย 19B, 42G)

รูปที่ 17 ภาพถ่ายมองคตัดตามขวางระดับ anterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ claustrum (Cl)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CaLB



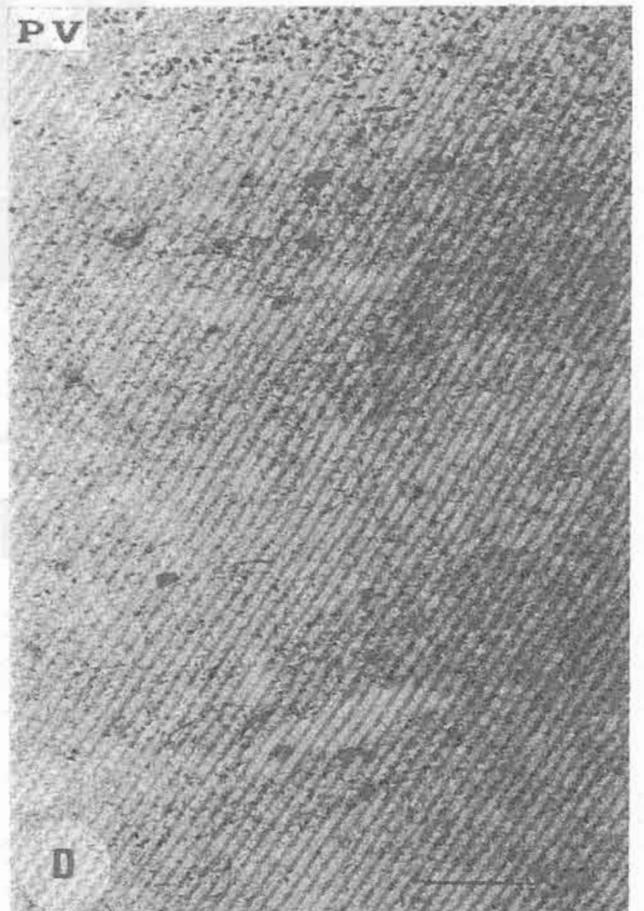
PV



CaLB



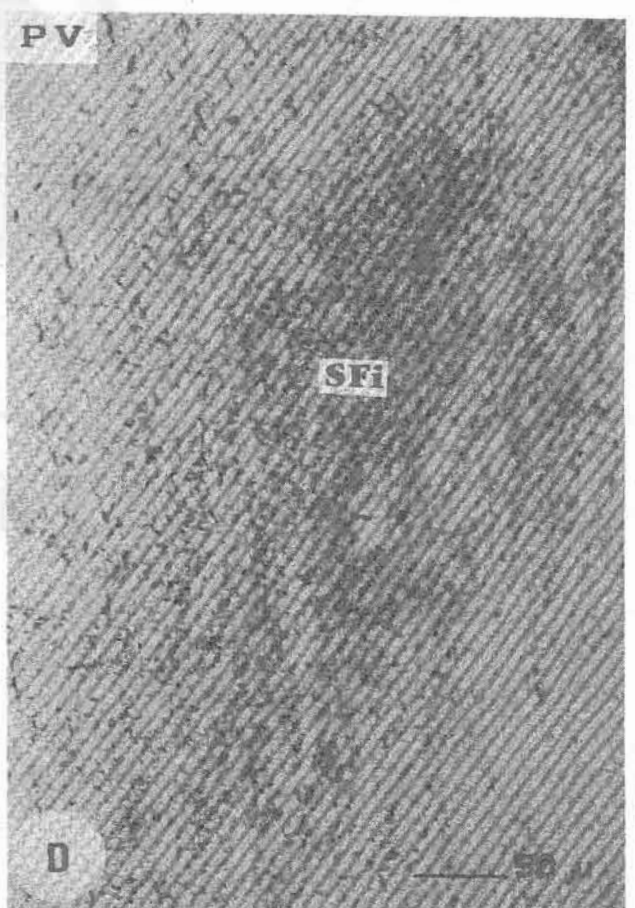
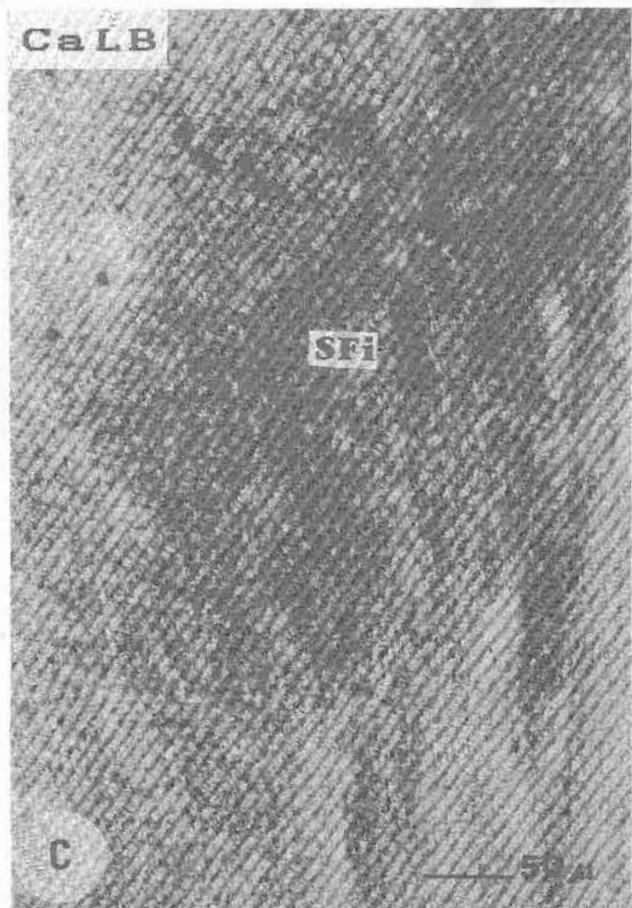
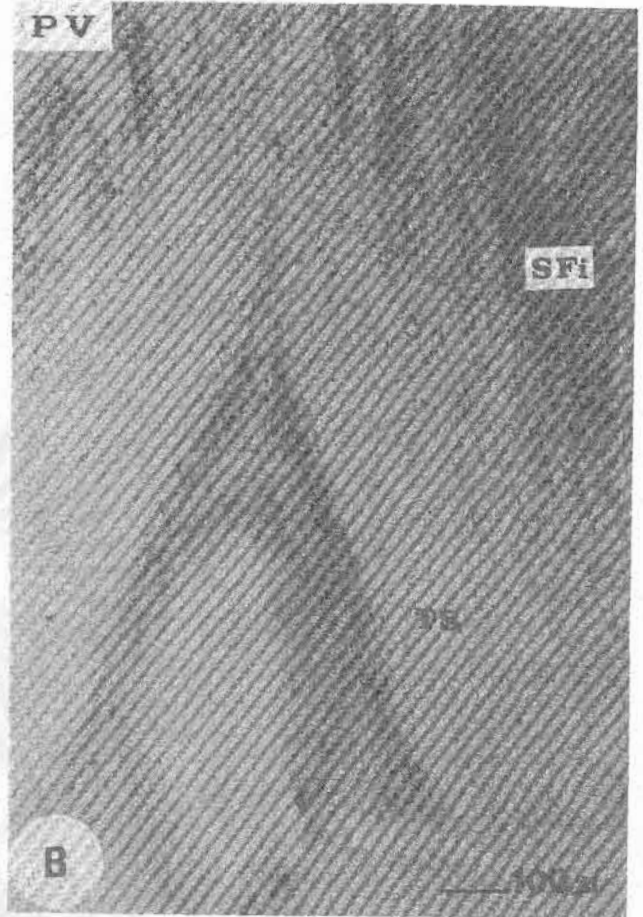
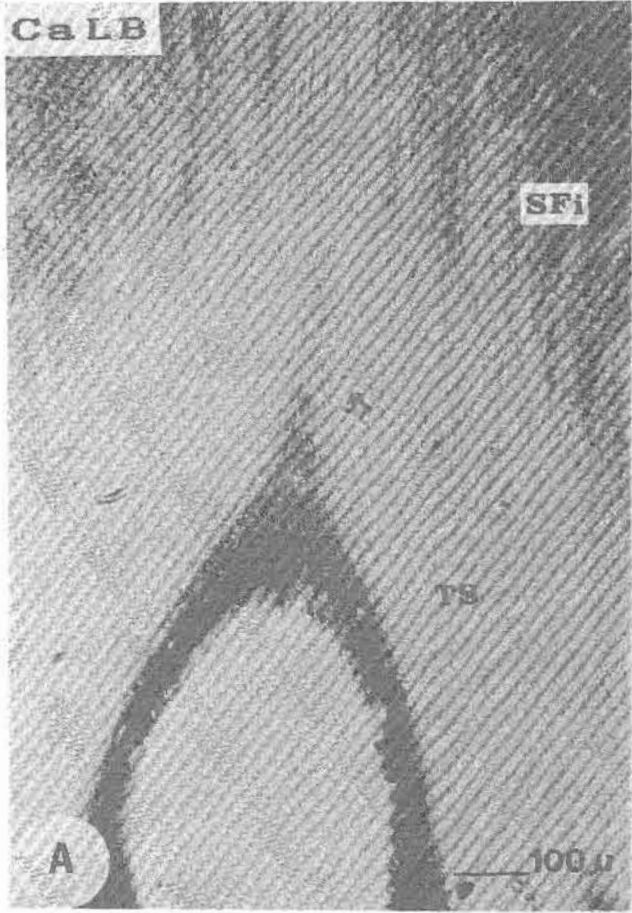
PV





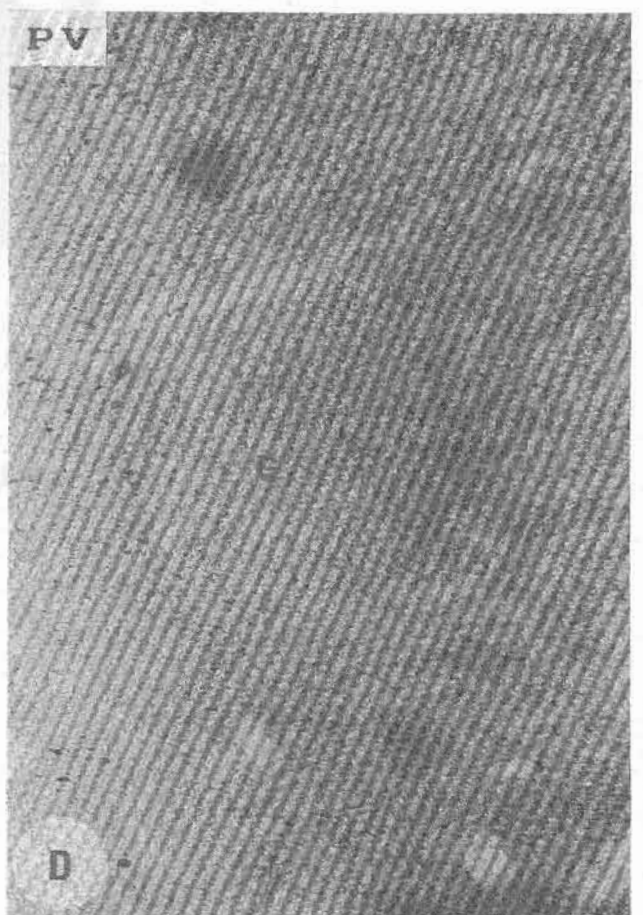
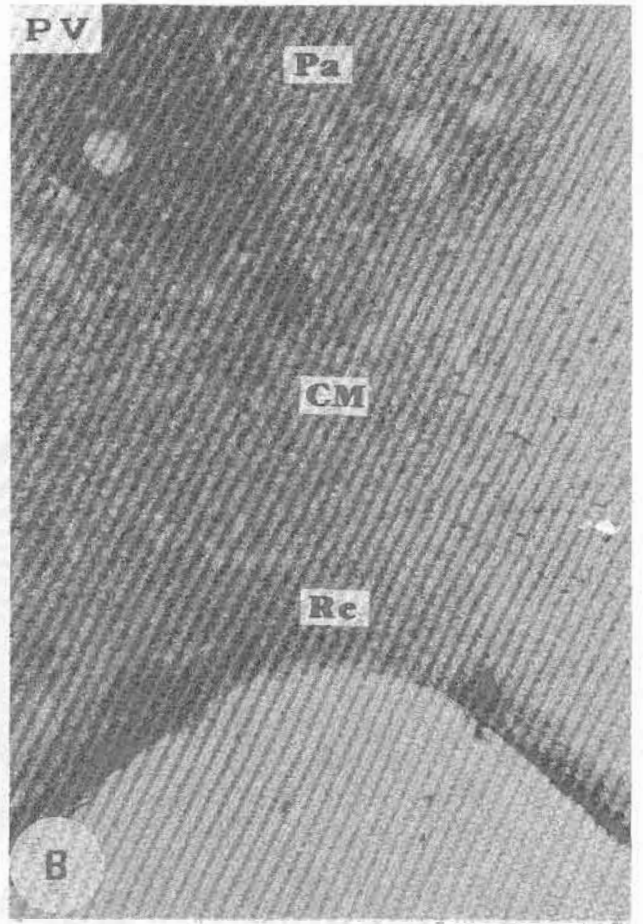
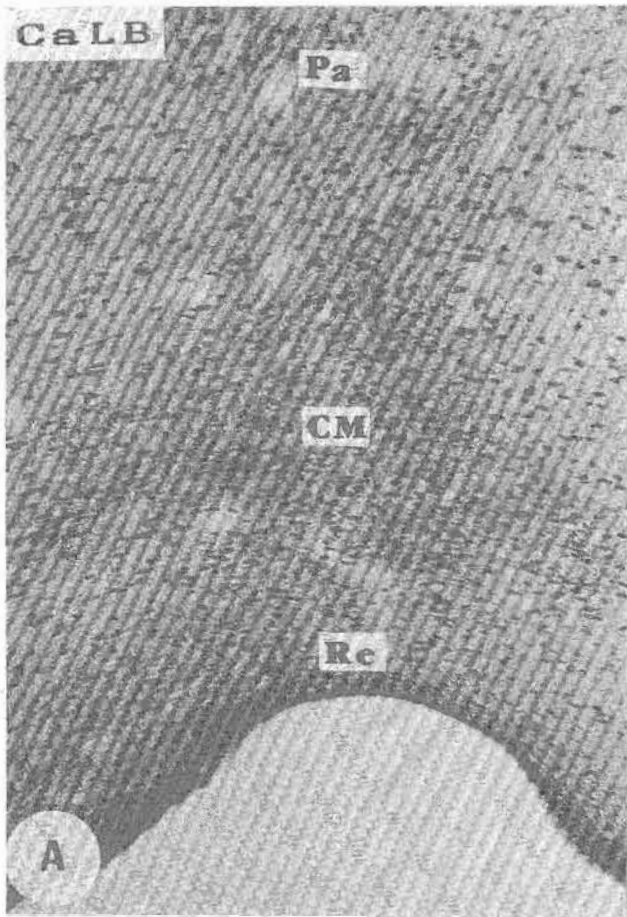
รูปที่ 18 ภาพถ่ายส่องตัดตามขวางระดับ optic chiasm แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ triangular septal nucleus (TS) และ septofimbrial nucleus (SFi)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 19 ภาพถ่ายสมองคัตตามขวางผ่านระดับ mammillary body แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน reuniens thalamic nucleus (Re) , central medial thalamic nucleus (CM) , paraventricular thalamic nucleus (Pa) และ gelatinous thalamic nucleus (G)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 100  $\mu$

### Anterior thalamic nucleus

Calbindin - D28K Anterior thalamic nucleus (รูปที่ 22A, 42G) ในบริเวณ medial พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ เซลล์คิคลีค่อนข้างจางมากกว่าคิคลีเข้ม ขนาดของเซลล์ที่พบได้แก่ 7-19 um รูปร่างกลม กลมรี และรูปกระสวย เซลล์โดยส่วนใหญ่พบว่าสามารถเห็น process ได้อย่างชัดเจน การกระจายของเซลล์ค่อนข้างสม่ำเสมอทั้งบริเวณ ยกเว้นบริเวณที่ติดกับ ventricle ซึ่งมีปริมาณเซลล์น้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ เล็กน้อย ปริมาณ fiber พบว่าให้ผลมากในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่พบว่าเป็น cross section ไม่พบ fiber ที่มีลักษณะหนา และคิคลีค่อนข้างจางในบริเวณ lateral ของ anterior thalamic nucleus พบว่ามีเซลล์ซึ่งให้ผลมากในปริมาณ 3+ ขนาดของเซลล์ที่พบมีขนาด 10-24 um โดยมีรูปร่างกลม กลมรี สามเหลี่ยม และหลายเหลี่ยม เซลล์โดยส่วนใหญ่จะสามารถสังเกตเห็น processes หนาได้ อย่างชัดเจน และบางเซลล์ก็สามารถเห็น nucleolus ได้ การคิคลีของเซลล์พบว่าค่อนข้างเข้ม และมีกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยพบว่าการกระจายเป็นกลุ่ม ๆ ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น long section มีลักษณะเป็นเส้นบางคิคลีเข้ม ส่วนใหญ่จะวิ่งไปในทิศทางเดียวกัน

Parvalbumin Anterior thalamic nucleus (รูปที่ 22B, 42G) ในบริเวณ medial พบเซลล์ให้ผลมากปริมาณ 0-1+ มีขนาดประมาณ 12 um มีรูปร่างกลมรี คิคลีจาง fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+-3+ โดยการกระจายของ fiber ไม่สม่ำเสมอและมีความหนาแน่นมากในบริเวณที่ติดกับ ventricle fiber ชนิด long และ cross section พบในปริมาณใกล้เคียงกับ โดย fiber มีลักษณะบางประสานกัน พบลักษณะหนาบ้างเล็กน้อย ในบริเวณ lateral ของ anterior thalamic nucleus มีเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ โดยเซลล์ที่พบมีขนาด 10-15 um มีรูปร่างหลายเหลี่ยมเห็น nucleus ได้อย่างชัดเจน มีลักษณะคิคลีปานกลาง ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบปริมาณ 2+-3+ โดยพบ long และ cross section พบว่าค่อนข้างหนา และคิคลีเข้มกระจายโดยทั่วไป

### Ventral thalamic nucleus

Calbindin - D28K Thalamic nucleus (รูปที่ 20A, 22A, 42G) บริเวณ ventrolateral พบว่าในบริเวณนี้มีการกระจายของเซลล์ค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยพบเซลล์มีการกระจายในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์ที่พบได้แก่ 10-18 um และขนาดของเซลล์พบมีขนาดใกล้เคียงกัน มีรูปร่างกลมและกลมรี การคิคลีของเซลล์พบว่า มีลักษณะปานกลาง เซลล์โดย

มากสามารถเห็น processes ได้บ้างสั้น ๆ และไม่พบ nucleolus ปริมาณ fiber ของบริเวณนี้ พบในปริมาณ 2+ มีทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน long section พบว่าติดสีจางมากและอยู่เป็นกลุ่ม ส่วน cross section มีการกระจายโดยทั่วไป โดยมีลักษณะค่อนข้างหนา

ในบริเวณ ventral posterolateral thalamic nucleus พบทั้งเซลล์และ fiber ติดสีที่ชัดเจน เซลล์ที่พบพบได้ปริมาณ 3+ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ติดกับ anterior thalamic nucleus มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ขนาดของเซลล์ในบริเวณนี้มีขนาด 7-20  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์โดยส่วนใหญ่พบว่าติดสีเข้ม และสามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจนพบเพียงเล็กน้อยที่สามารถเห็น processes ได้ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบได้ปริมาณ 2+-3+ ลักษณะของ fiber ส่วนใหญ่เป็น long section ประสานกันไขว้กันไขว้กันไม่เป็นระเบียบ พบ cross section กระจายระบอบอยู่โดยทั่วไป โดยมีลักษณะหนาและติดสีค่อนข้างเข้ม

บริเวณ ventral posteromedial thalamic nucleus พบลักษณะของเซลล์คล้ายกับบริเวณ ventral lateral thalamic nucleus ปริมาณเซลล์ในบริเวณนี้พบได้ปริมาณ 3+ เซลล์มีขนาด 10-20  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลมและกลมรี ติดสีเข้มและสามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน และบางเซลล์พบมี process 1 process ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ ทั้งหมดเป็น cross section ติดสีปานกลางเส้นเล็กค่อนข้างละเอียด

Parvalbumin Thalamic nucleus (รูปที่ 20B, 22B, 42G) บริเวณ ventrolateral พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 1+ เซลล์มีการกระจายโดยสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ และมีขนาด 8-15  $\mu\text{m}$  รูปร่างกลม และกลมรี เซลล์ซึ่งเป็นรูปกลมรี มักเห็น process อย่างชัดเจน และในเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้เช่นกัน fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันส่วน long section มีลักษณะเป็นเส้นเล็บบาง ประสานไขว้กันไขว้กันไม่มีทิศทาง ส่วน cross section พบว่ามีการรวมกันเป็นกลุ่ม ๆ มีลักษณะค่อนข้างหนาและติดสีเข้ม โดยมีการกระจายทั่วไปทั้งบริเวณ

ในบริเวณ ventral posterolateral thalamic nucleus พบว่ามีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยในบริเวณ 1/2 ทางด้าน ventral ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก แต่ 1/2 ทางด้าน dorsal ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ fiber โดยทั่วไปพบในปริมาณ 2+-3+ เกือบทั้งหมดพบว่าเป็น cross section พบ long section บ้างเล็กน้อย ซึ่งติดสีเข้มและมีความหนาปานกลาง เซลล์มีขนาด 10-20  $\mu\text{m}$  รูปร่างกลมและกลมรีและเช่นเดียวกับ fiber พบว่าเซลล์ติดสีเข้มเห็น nucleolus และ process ได้อย่างชัดเจน

บริเวณ ventral posteromedial thalamic nucleus พบว่ามีลักษณะต่าง ๆ ใกล้เคียง

กับบริเวณ ventrolateral thalamic nucleus เซลล์ซึ่งให้ผลพบในปริมาณ 1+ ลักษณะ คิคสีปานกลาง มีรูปร่างกลมและกลมรี บางเซลล์พบมี process 1 process และเป็นส่วนน้อย ที่มี nucleolus มีขนาด 10-20 um ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+

#### Reticular thalamic nucleus (Rt)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 3+ มีลักษณะ เป็นเส้นบางคิคสีจางมาก การเรียงตัวของ fiber พบมีลักษณะเป็นกลุ่ม ๆ มีทั้ง long และ cross section จึงทำให้มีลักษณะเหมือนตาข่าย ปริมาณ cross section ค่อนข้างมากกว่า long section บ้างเล็กน้อย (รูปที่ 20C, 42G)

Parvalbumin พบเซลล์ซึ่งให้ผลพบในปริมาณ 2+-3+ โดยมีขนาดของเซลล์ค่อนข้างใหญ่ มีขนาดประมาณ 8-30 um ในบริเวณ dorsomedial ของบริเวณนี้มีปริมาณเซลล์ค่อนข้างหนาแน่น กว่าบริเวณอื่น ๆ เซลล์ที่พบมีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม มักพบว่าเห็น nucleolus โดยชัดเจน เซลล์ที่มีขนาดใหญ่มีคิคสีปานกลาง ส่วน fiber พบในปริมาณ 1+-3+ โดยพบว่า fiber จะมีการรวมกันและประสานตัวคล้ายตาข่าย พบว่ามีทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดย cross section มักจะรวมกลุ่มกันตามช่องตาข่าย และมีลักษณะ หนาคิคสีปานกลาง ทิศทางของ fiber ไม่สามารถบอกได้ (รูปที่ 20D, 42G)

#### Gelatinosus thalamic nucleus (G)

Calbindin - D28K ให้ผลพบต่อเซลล์ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 3+ ลักษณะของ fiber มีการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบในแนวขนานกัน พบได้ทั้ง long และ cross section โดย long section พบว่าวิ่งเข้าสู่บริเวณ ventrolateral thalamic nucleus (รูปที่ 19C, 42G)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 3+ มีลักษณะคิคสีเข้ม และค่อนข้างหนา พบทั้ง long และ cross section โดยเรียงตัวกันเป็นระเบียบ แต่ไม่สามารถสังเกตเห็นทิศทางได้ (รูปที่ 19D, 42G)

### Lateral posterior thalamic nucleus (LP)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในบริเวณนี้ในปริมาณ 2+ เซลล์พบว่ามีการกระจายอย่างสม่ำเสมอและมีลักษณะคิคลีเข้มชัดเจน มีขนาด 10-20 um รูปร่างกลมรี กระจายเป็นสามเหลี่ยม เซลล์ส่วนมากสามารถเห็น nucleolus ได้ชัดเจน และมี process 1-2 processes fiber พบในปริมาณ 2+ มีลักษณะคิคลีจาง ส่วนใหญ่พบเป็น cross section และมี long section ปะปนอยู่บ้าง ลักษณะของ fiber ค่อนข้างเล็กลง (รูปที่ 21C, 42H)

Parvalbumin พบเซลล์มีความหนาแน่นในบริเวณ 2+ เซลล์ทั้งหมดคิคลีค่อนข้างจาง เซลล์ที่มีขนาด 10-25 um โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 10-15 um เซลล์เกือบทั้งหมดพบว่าเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน มีรูปร่างกลม กกลมรี สามเหลี่ยม และเป็นรูปกระจายเป็นสามเหลี่ยม สามารถเห็น processes ได้โดยชัดเจน และค่อนข้างหนา ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบว่าปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น cross section คิคลีค่อนข้างจาง และพบ long section ได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย (รูปที่ 21D, 42H)

### Posterior thalamic nuclear group (Po)

Calbindin - D28K พบปริมาณเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในบริเวณนี้เท่ากับ 1+-2+ การกระจายของเซลล์มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ โดยมีการกระจายมีลักษณะคล้ายตาข่าย อันเนื่องมาจากการประสานกันของ fiber เซลล์ที่มีขนาด 10-20 um โดยมีรูปร่างกลมรี กระจายเป็นสามเหลี่ยม และไม่มีรูปร่าง เซลล์ส่วนน้อยสามารถเห็น process ได้ชัดเจน แต่โดยส่วนใหญ่สามารถเห็น nucleolus ได้ fiber พบในปริมาณ 2+ ซึ่งมีการกระจายและเรียงตัวคล้ายตาข่ายดังกล่าว fiber พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีลักษณะหนาปานกลาง และคิคลีจาง (รูปที่ 21C, 42H)

Parvalbumin เซลล์ที่ให้ผลบวกมีความหนาแน่น 2+ โดยเซลล์ส่วนใหญ่จะคิคลีที่ค่อนข้างจาง ขนาดที่พบค่อนข้างใหญ่ คือ 10-30 um แต่โดยมากจะอยู่ในช่วง 21-30 um มีรูปร่างกลม กระจายเป็นสามเหลี่ยม เซลล์ที่มีขนาดใหญ่จะพบว่ามี 1 process ค่อนข้างหนา การเรียงตัวของเซลล์ค่อนข้างสม่ำเสมอ fiber ที่มีลักษณะประสานกันเป็นตาข่าย พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น long section มีลักษณะบางคิคลีจาง พบ fiber ที่มีลักษณะหนา คิคลีเข้ม กระจายเป็นตาข่ายเล็กน้อย (รูปที่ 21D, 42H)



### Anterior pretectal area

Calbindin - D28K ใน anterior pretectal area (รูปที่ 21A, 42H) ทางด้าน dorsal ของบริเวณนี้เซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 1+ ส่วนในบริเวณด้าน ventral ไม่พบเซลล์และ fiber ซึ่งให้ผลมาก เซลล์ซึ่งให้ผลมากมีขนาด 10-15  $\mu\text{m}$  โดยมีลักษณะกลม และกลมรี การติดสีของเซลล์พบว่าจางมาก แต่ยังเห็นขอบเขตได้และในบางเซลล์ก็สามารถสังเกตเห็น nucleolus ได้ ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ มีลักษณะคดสีจางเช่นเดียวกัน และโดยส่วนใหญ่เป็น fiber ชนิด cross section พบ long fiber แทรกอยู่บ้างในปริมาณไม่มากนัก

Parvalbumin Anterior pretectal area (รูปที่ 21B, 42H) ในบริเวณ dorsal พบเซลล์ซึ่งให้ผลมากในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะคดสีจาง มีขนาด 10-15  $\mu\text{m}$  รูปร่างโดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปกระสวย มีการเรียงตัวในแนวตามยาว fiber พบในปริมาณ 2+ โดยสังเกตเห็นชัดเจนทางด้าน medial ของบริเวณนี้ ลักษณะส่วนใหญ่เป็น cross section ค่อนข้างหนา และติดสีเข้ม ส่วนบริเวณอื่น ๆ สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก ในบริเวณ ventral ของ anterior pretectal nucleus มีเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 1+ ลักษณะต่าง ๆ ของเซลล์คล้ายกับทางด้าน dorsal แต่พบว่าค่อนข้างคดสีจางมาก สังเกตได้ไม่ชัดเจน fiber ในบริเวณนี้ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ เพราะคดสีจางมากเช่นกัน ซึ่งคาดว่าปริมาณ 1+

### Zona incerta

Calbindin - D28K พบมีเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ มีรูปร่างกลม และกลมรี เซลล์ที่มีขนาด 12-18  $\mu\text{m}$  และสามารถเห็น process ได้ 1 process อย่างชัดเจน การกระจายของเซลล์มีการกระจายที่ไม่สม่ำเสมอ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น fiber ชนิด long section มีความหนาปานกลาง และคดงอ และมีทิศทางการวิ่งในแนวขนานกัน (รูปที่ 42G)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-2+ มีขนาด 10-20  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม พบบางเซลล์มี process 1 process อย่างชัดเจน และบางเซลล์สามารถสังเกตเห็น nucleolus ได้ การกระจายพบหนาแน่นในบริเวณที่ติดกับ reticular thalamic nucleus มากกว่าบริเวณอื่น ๆ (2+) ส่วน fiber ในบริเวณนี้พบได้ในปริมาณ 2+-3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียง โดยบริเวณที่ติดกับ reticular thalamic nucleus จะมีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วน long section พบมีลักษณะบางกระจายโดยทั่วไป และมีทิศทางการวิ่งที่ไม่แน่นอน ส่วน cross section มีลักษณะคดสีเข้ม

กระจายอย่างสม่ำเสมอ (รูปที่ 42G)

### Optic tract

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยเป็นชนิด cross section ทั้งหมด ลักษณะการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ในแนวขนานกัน fiber พบว่าติดสีเข้ม และมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน การกระจายของ fiber สม่ำเสมอกัน (รูปที่ 42G)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 4+ โดย fiber เป็นชนิด cross section ทั้งหมด fiber พบว่ามีขนาดหนาปานกลาง และค่อนข้างติดสีเข้ม การกระจายพบว่ามีขนาดหนาแน่น โดยสม่ำเสมอทั้ง tract (รูปที่ 42G)

### Supraoptic decussation

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+-3+ การกระจายของ fiber ทั้งหมดพบว่ามีลักษณะเป็น long section โดยมีรวมตัวกันเป็นกลุ่ม ๆ และมีทิศทางวิ่งไปในแนวเดียวกัน โดยขนานกันไปตามยาว โดยมีลักษณะเส้นเล็บบางติดสีจาง

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยขนาดที่พบคือ 14-25  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม, กลมรี และรูปสามเหลี่ยม พบว่าบางเซลล์มีขนาดใหญ่มากและเห็น process 1 process อย่างชัดเจน โดยลักษณะของ process ค่อนข้างหนามาก มีเซลล์เพียงเล็กน้อยที่สังเกตเห็น nucleolus ได้ fiber ในบริเวณนี้พบปริมาณ 2+-3+ โดยมีการกระจายที่สม่ำเสมอ fiber ที่พบเกือบทั้งหมดเป็น cross section โดยมีลักษณะที่หนา และติดสีเข้ม ส่วน long section มีลักษณะบางเล็ก และติดสีปานกลาง

### Mammillary body

#### Medial mammillary body (MM)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+-3+ เซลล์มีขนาด 10-25  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม และกลมรี เห็น nucleolus อย่างชัดเจน เซลล์มีลักษณะติดสีปานกลาง มีการกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยมีการรวมกันเป็นกลุ่ม ๆ 2-3 กลุ่ม ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+-4+ ส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะหนาและติดสีปานกลาง (รูปที่ 42G)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์และ fiber ซึ่งให้ผลมาก (รูปที่ 42G)

#### Lateral mammillary body (LM)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ มีขนาด 20-30 um มีรูปร่างกลม, กลมรี และสามเหลี่ยม เห็น nucleolus อย่างชัดเจน และคิคสีปานกลาง ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section มีขนาดหนาและคิคสีปานกลาง (รูปที่ 42G)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber พบในปริมาณ 1+ และส่วนใหญ่เป็น cross section (รูปที่ 42G)

#### Habenular

Calbindin-D28K พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ มีขนาด 8-25 um มักมีรูปร่างกลม กลมรี และ สามเหลี่ยม เห็น nucleolus ได้ชัดเจน ส่วนใหญ่คิคสีเข้มปานกลาง ส่วน fibers ให้ผลมากในปริมาณ 2+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section พบ long section แทรกบ้างเล็กน้อย มีลักษณะคิคสีจาง กระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fibers ให้ผลมากในปริมาณ 1+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะบางคิคสีจาง ส่วน long section พบได้บ้างเล็กน้อย

#### Pineal body

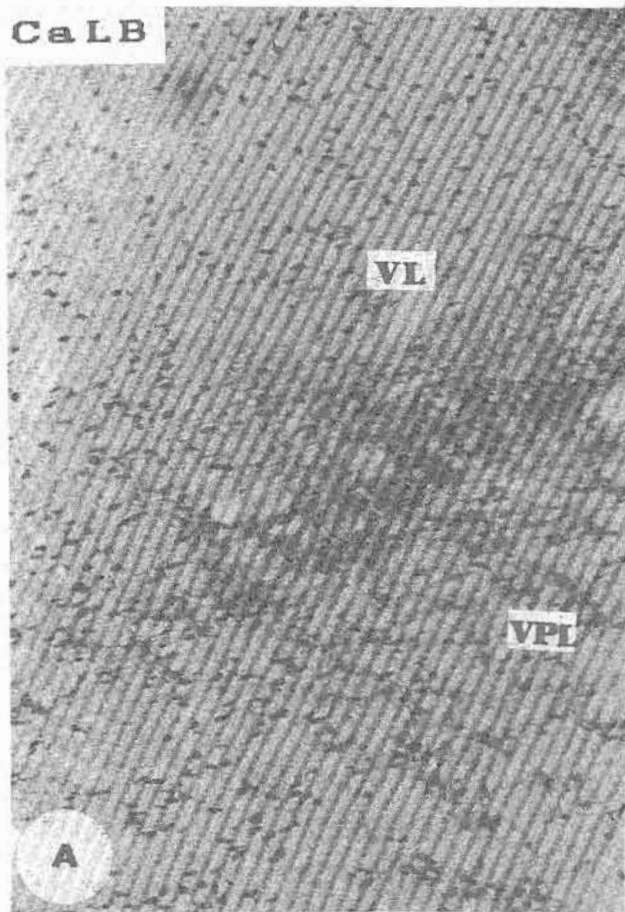
Calbindin-D28K พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ มีลักษณะกลมและกลมรีมีขนาด 15-25 um กระจายอยู่เป็นกลุ่ม บางเซลล์เห็น process ได้ชัดเจน ส่วน fibers พบในปริมาณ 2+-3+ มีลักษณะเป็น cross section เกือบทั้งหมด ลักษณะบางคิคสีจาง

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ ลักษณะกลมและกลมรี คิคสีจาง มีขนาด 8-23 um บางเซลล์เห็น nucleolus อย่างชัดเจน กระจายโดยทั่วไป ส่วน fibers พบในปริมาณ 3+-4+ คิคสีจาง โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section

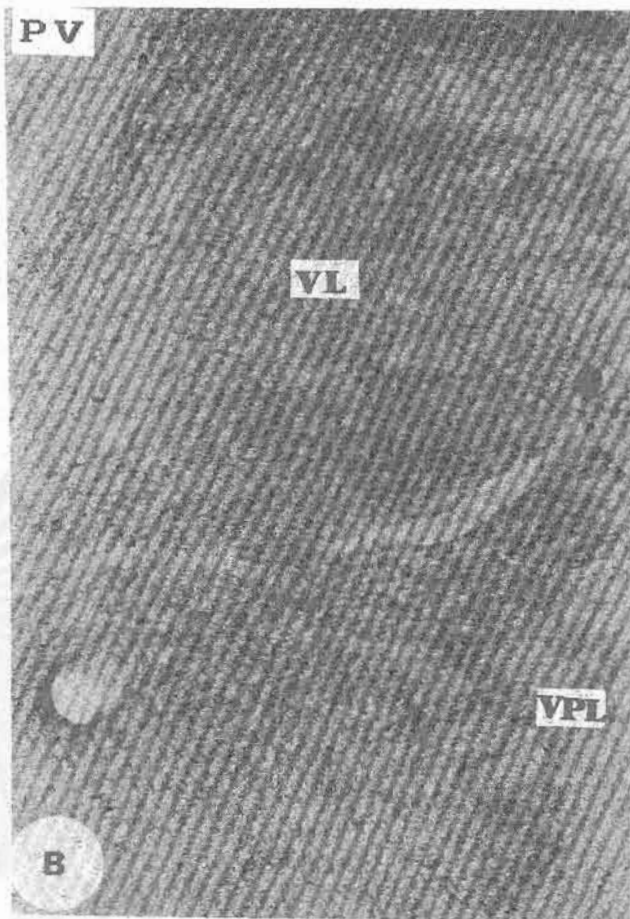
รูปที่ 20 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางผ่านระดับ mammillary body แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณต่างๆของ ventral thalamus และ reticular thalamic nucleus (Rt)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

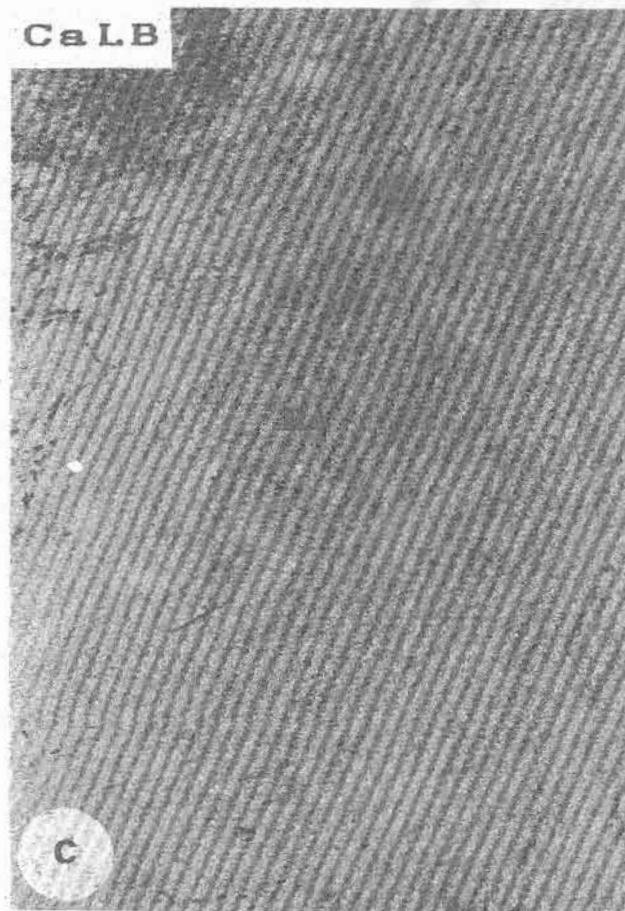
CaLB



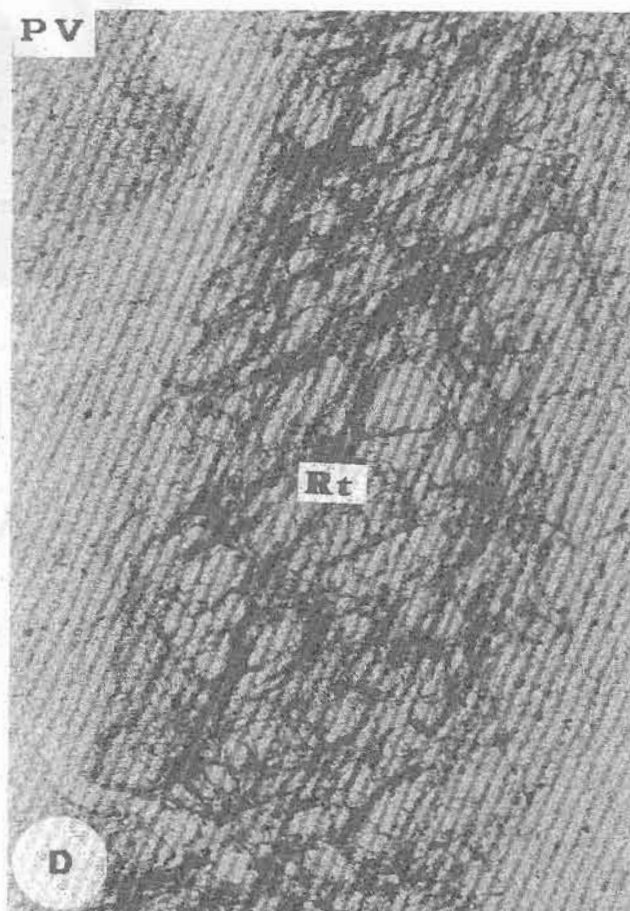
PV



CaLB



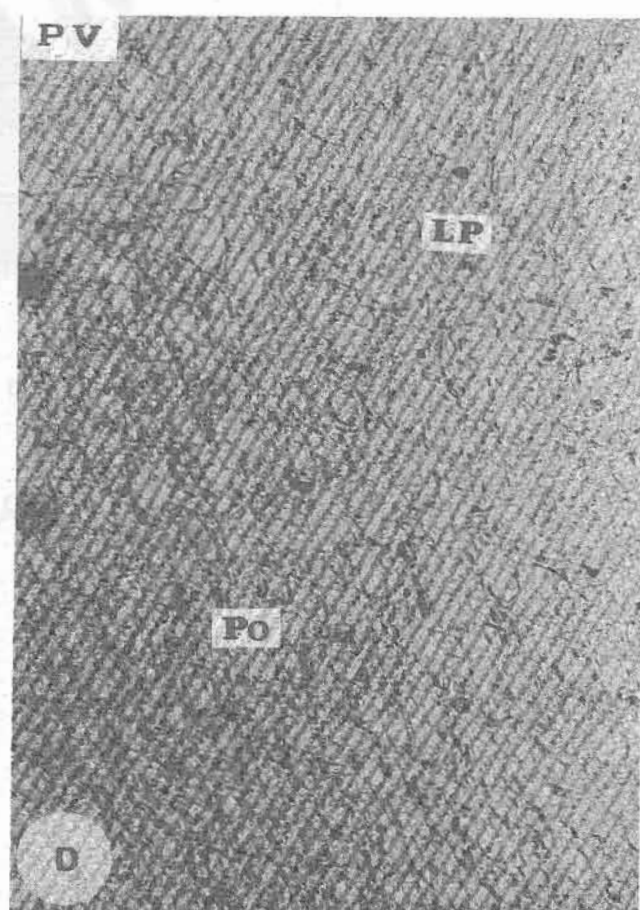
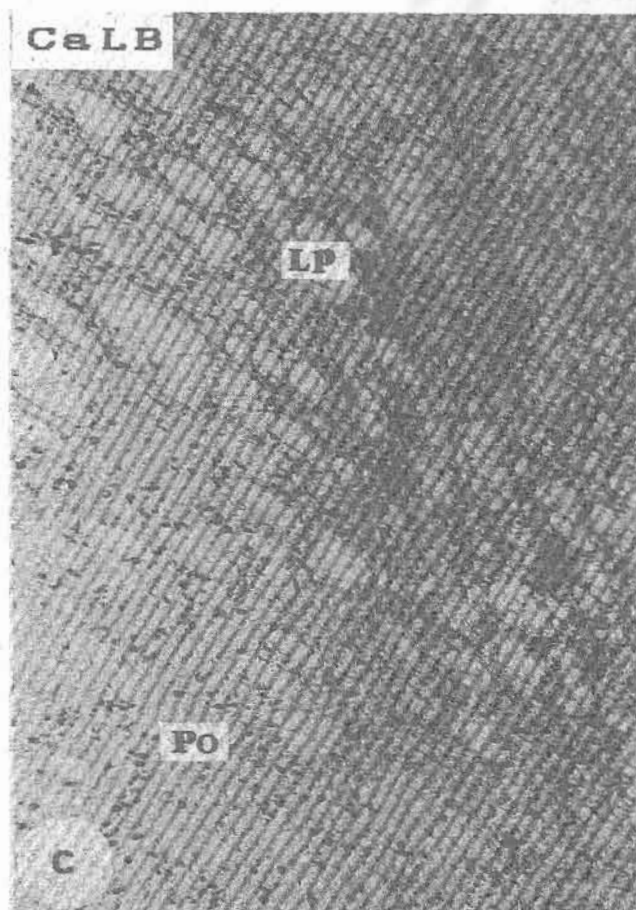
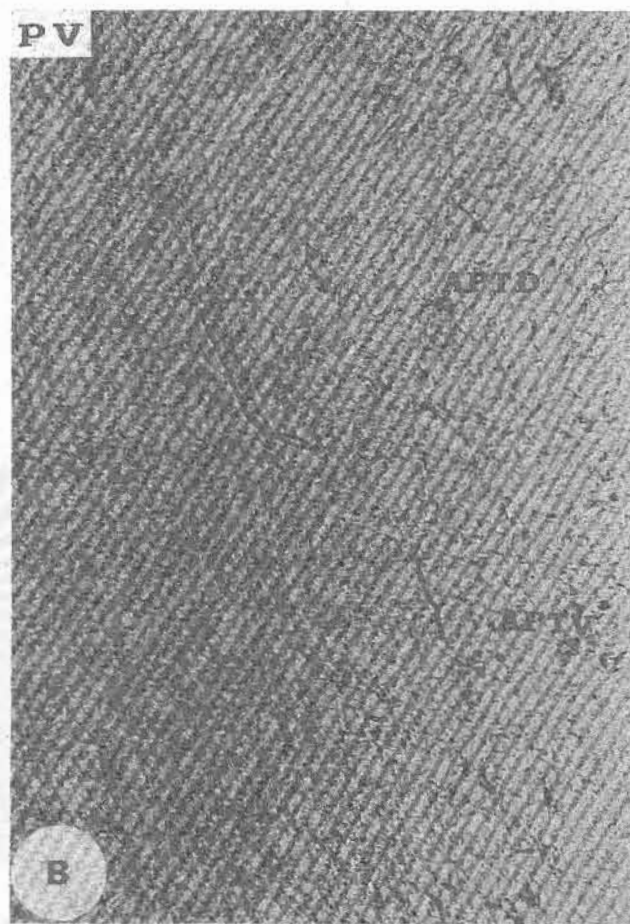
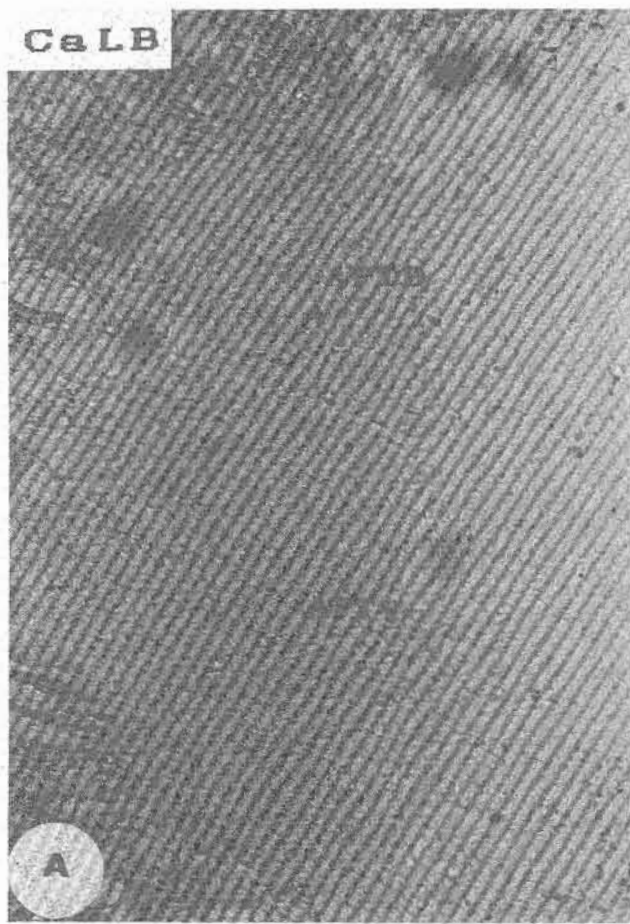
PV



— 100  $\mu$

รูปที่ 21 ภาพถ่ายสองตัดตามขวางผ่านรอยต่อระหว่าง midbrain กับ diencephalon ระดับ posterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ anterior pretectal nucleus (APT) , lateral posterior thalamic nucleus (LP) และ posterior thalamic nuclear group (PO)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



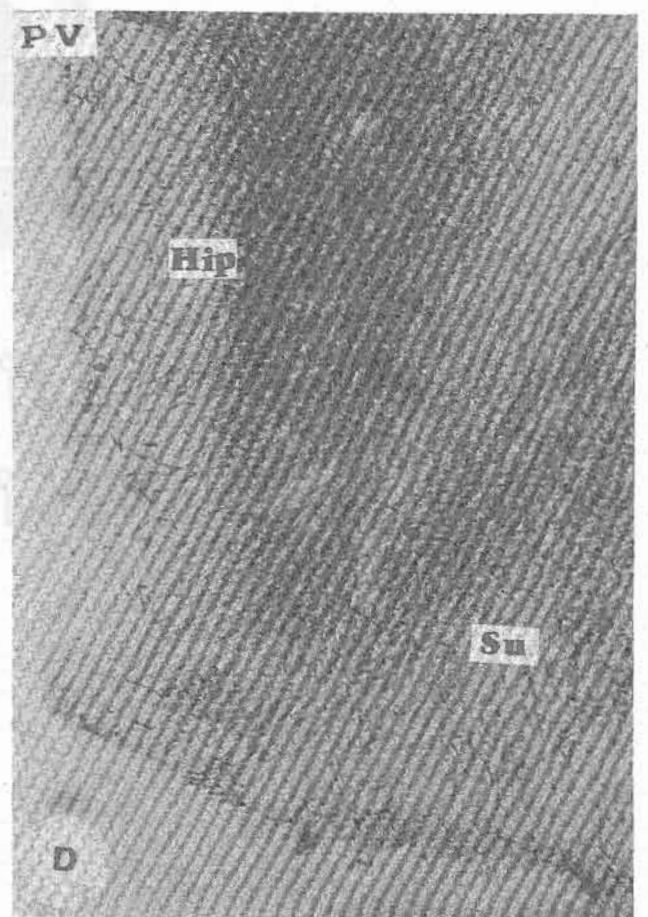
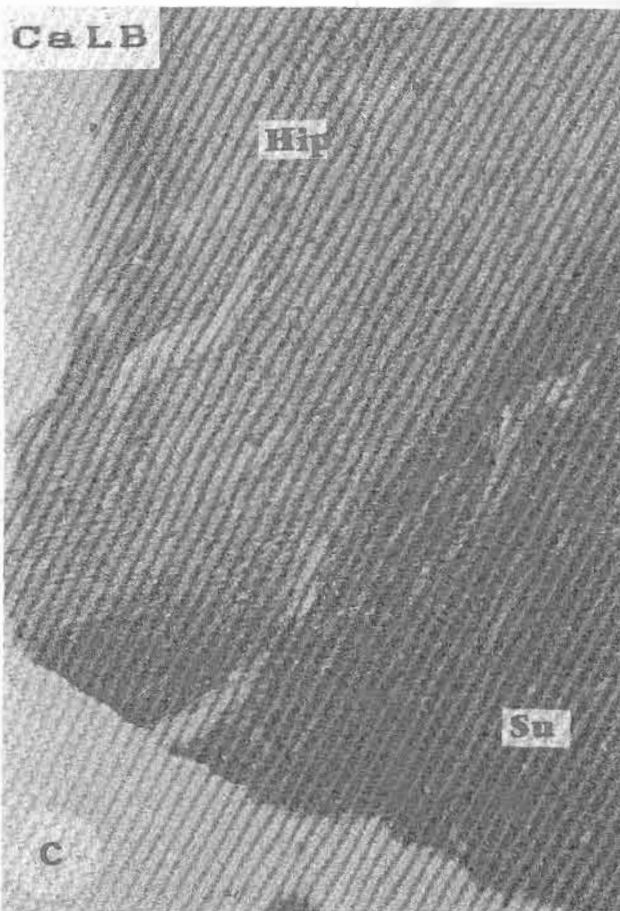
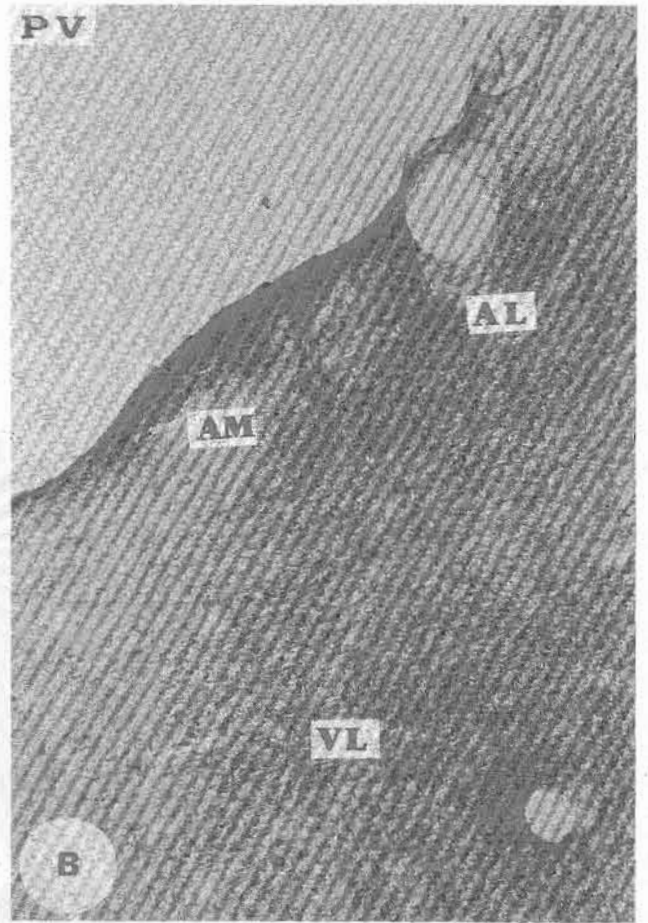
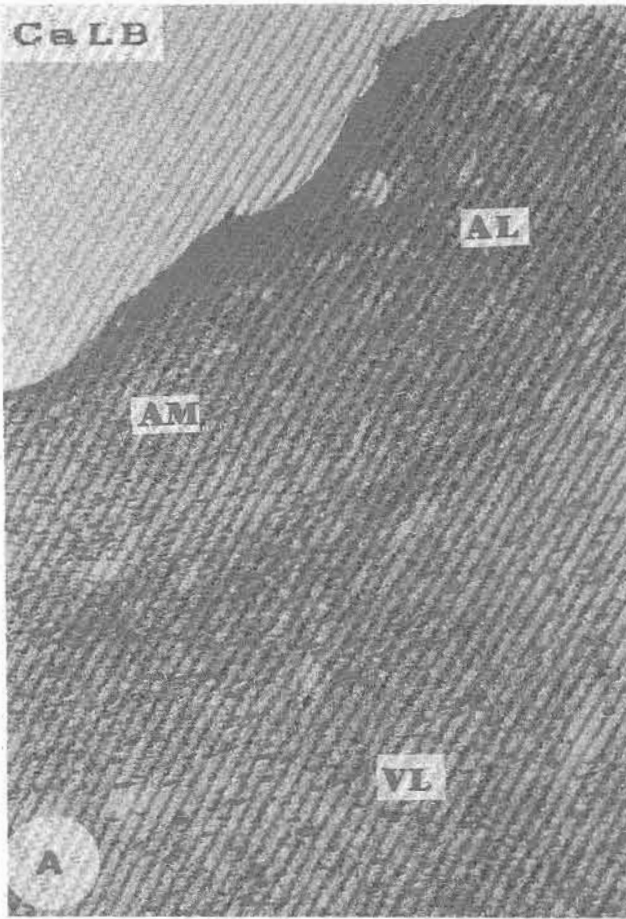
— 100  $\mu$

รูปที่ 22 ภาพถ่ายส่องตัดตามขวางผ่านระดับ mammillary body แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณต่างๆของ thalamus , hippocampus (Hip) และ subicular complex (Su)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





— 100  $\mu$

### Dentate gyrus

Calbindin - D28K ในชั้นของ molecular layer และ granular layer ไม่พบเซลล์ ซึ่งให้ผลมาก ส่วนในชั้น polymorphic cell layer มีเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 3+ โดยมีขนาด 8-15 um และมีขนาดใกล้เคียงกันเกือบทั้งหมด มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์คิคสีเข้มปานกลาง และส่วนใหญ่เห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน เซลล์ซึ่งมีรูปร่างกลมรี พบมี process 1 process ปริมาณ fiber ในชั้น molecular layer พบในปริมาณ 4+ โดยเกือบทั้งหมดพบเป็น cross section ลักษณะเป็น fiber เล็กและคิคสีปานกลาง ในชั้น polymorphic cell layer พบ fiber ในปริมาณ 4+ โดยพบทั้ง long และ cross section มีลักษณะหนาปานกลางและคิคสีเข้ม ส่วนชั้น granular layer fiber ให้ผลมากในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section โดย long section พบน้อยกว่า เล็กน้อย มีลักษณะหนาปานกลาง และคิคสีเข้มกระจายเป็นร่างแห (รูปที่ 23A, C, 42G)

Parvalbumin ในชั้นของ molecular layer และ granular layer ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลมากเช่นเดียวกับ calbindin-D28K ในชั้น polymorphic cell layer พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 18-25 um ลักษณะคิคสีเข้ม มีรูปร่างกลมรี เห็น nucleolus ในขนาดเล็กได้ ปริมาณ fiber ในชั้น molecular layer พบ 2+ โดยเป็น long section ทั้งหมด มีขนาดหนาและคิคสีเข้ม ว่างในแนวขนานกันชั้น ไม่คงฉากกับพื้นผิว ในชั้น polymorphic cell layer พบ fiber ในปริมาณ 3+-4+ เป็นทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดย long section พบลักษณะหนาปานกลางคิคสีเข้ม ส่วน cross section ค่อนข้างหนาและคิคสีปานกลางจนถึงเข้ม ในชั้น granular layer พบ fiber ในปริมาณ 2+ พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนาปานกลาง และคิคสีเข้มกระจาย โดยทั่วไป และไม่พบเซลล์ให้ผลมาก (รูปที่ 23B, D, 42G)

### Hippocampus

Calbindin - D28K ในบริเวณนี้ไม่พบเซลล์และ fiber ซึ่งให้ผลมากในชั้น molecular layer และ pyramidal cell layer ส่วนในชั้น polymorphic cell layer พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-2+ โดย 1/2 ทางด้าน medial ไม่ให้ผลมาก แต่ fiber พบในปริมาณ 3+ คิคสีจางมากเห็นเป็นแถบของ fiber ที่มีลักษณะขนานกัน ในบริเวณ 1/2 ทางด้าน lateral ของชั้นนี้ พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ เซลล์มีขนาดประมาณ 10-14 um โดยมีรูปร่างกลม และกลมรี คิคสีจางมาก บางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้โดยชัดเจน เซลล์รูปกลมรี มัก

เห็น process ได้ 1 process ปริมาณ fiber ทางด้าน lateral ของชั้นนี้ พบเหมือนกับ บริเวณทางด้าน medial (รูปที่ 22C, 23A, 42G)

Parvalbumin ในชั้นของ molecular layer พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 10-20 um โดยมีรูปร่างกลม และกลมรี คติสีเข้มชัดเจน ไม่เห็น process ส่วน fiber พบได้ ในปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่เป็น cross section มี long section สะบนได้บ้างเล็กน้อย fiber มีลักษณะหนาและคติสีปานกลาง ในชั้น pyramidal cell layer พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ ลักษณะกลมรีคติสีเข้มมีขนาด 10-20 um เช่นเดียวกัน และบางเซลล์จะสังเกตเห็น nucleolus ได้ แต่ไม่เห็น processes fiber มีปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะหนาและคติสีปานกลาง ในชั้น polymorphic cell layer พบว่าเซลล์ให้ผลบวกใน ปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่มีลักษณะกลมและกลมรี ขนาด 10-20 um เช่นกัน ไม่เห็น nucleolus และ process fiber พบได้ในปริมาณ 3+ มีลักษณะของ fiber เหมือนกับชั้น polymorphic cell layer (รูปที่ 22D, 23B, 42G)

#### Subicular complex

Calbindin - D28K ในชั้น molecular layer ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วนปริมาณ fiber พบได้ในปริมาณ 3+ ซึ่งเป็น cross section เป็นส่วนใหญ่ ลักษณะของ fiber มีลักษณะเป็น เส้นเล็กมาก และคติสีปานกลาง ในชั้น pyramidal cell layer พบปริมาณเซลล์ที่ให้ผลบวก คือ 2+ โดยเซลล์คติสีจางมาก รวมกันอยู่เป็นกลุ่ม จึงทำให้มีลักษณะเป็นแถบเซลล์มีขนาด 10-20 um โดย process ของเซลล์ โดยส่วนใหญ่ส่งเข้าไปยังชั้น polymorphic cell layer รูปร่างของเซลล์มีลักษณะกลม กลมรี และสามเหลี่ยม เห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน fiber ในบริเวณนี้พบได้ในปริมาณ 2+ โดยพบทั้ง long และ cross section โดย long section พบว่ามีลักษณะหนา ซึ่งโดยส่วนมากเป็น processes ของเซลล์ในชั้นนี้ ชั้นของ polymorphic cell layer พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ เซลล์พบว่า มีขนาด 10-25 um และหนาแน่นในบริเวณ prosubiculum มากกว่าบริเวณอื่น โดยบริเวณ subiculum และ presubiculum จะมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยเซลล์มีรูปร่างกลม, กลมรี และสามเหลี่ยม ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบว่ามีปริมาณ 2+-3+ โดยในบริเวณ prosubiculum จะมีความ หนาแน่นของ fiber มากกว่าบริเวณอื่น ๆ เช่นกัน (3+) ลักษณะของ fiber พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดย fiber มีความหนาปานกลาง และคติสีเข้ม ทิศทางของ fiber ไม่สามารถบอกได้ (รูปที่ 22C, 42G)

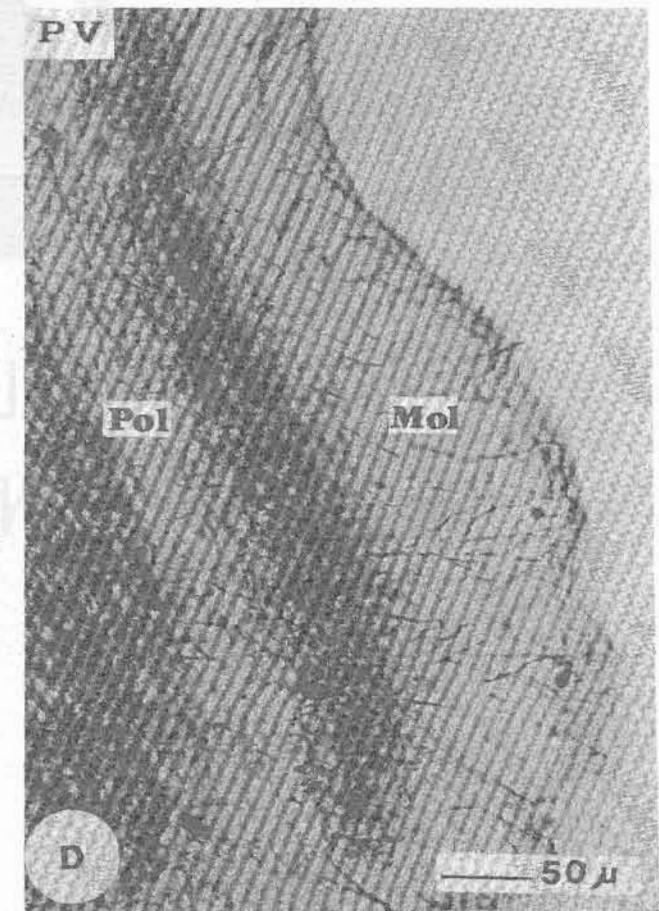
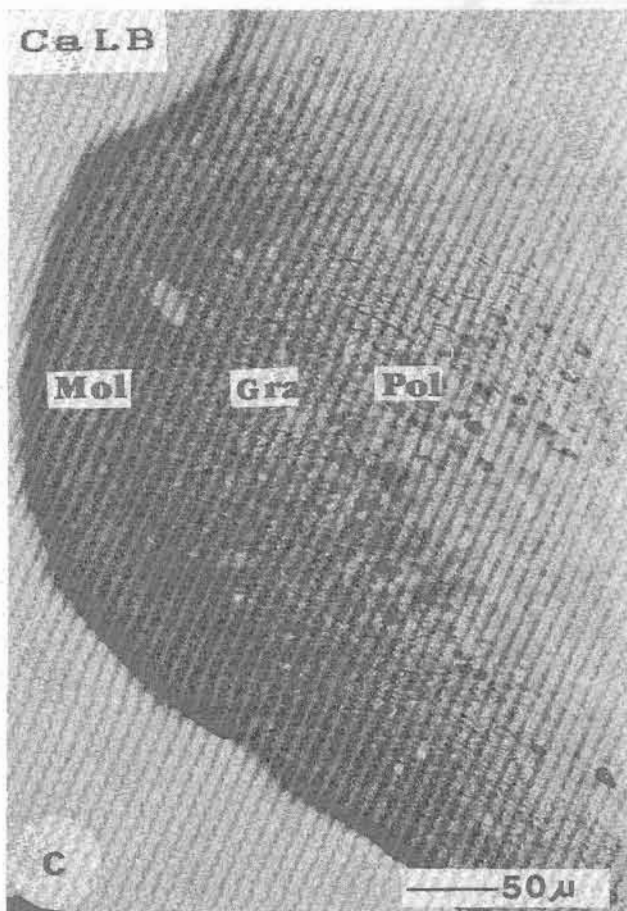
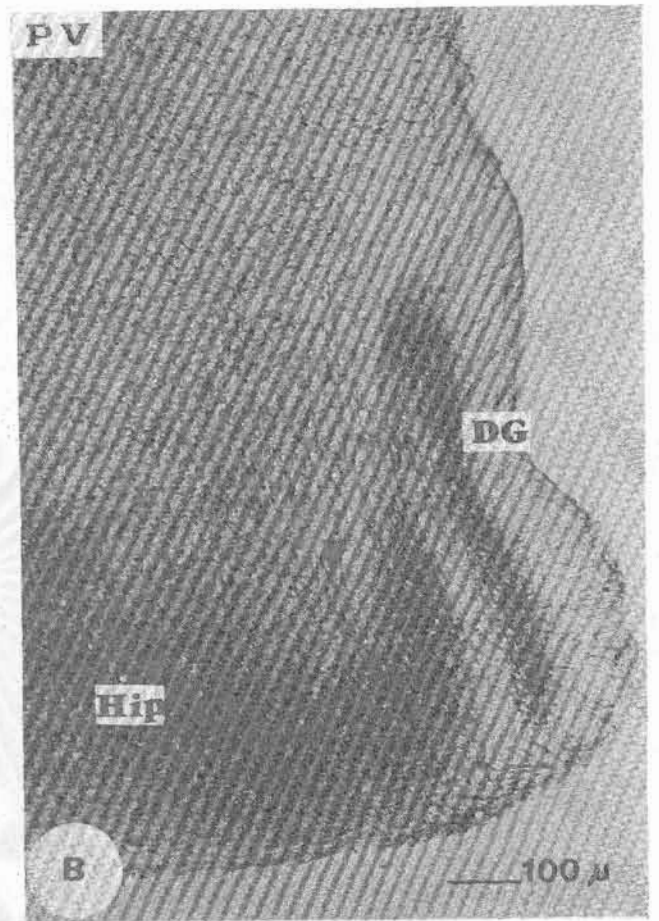
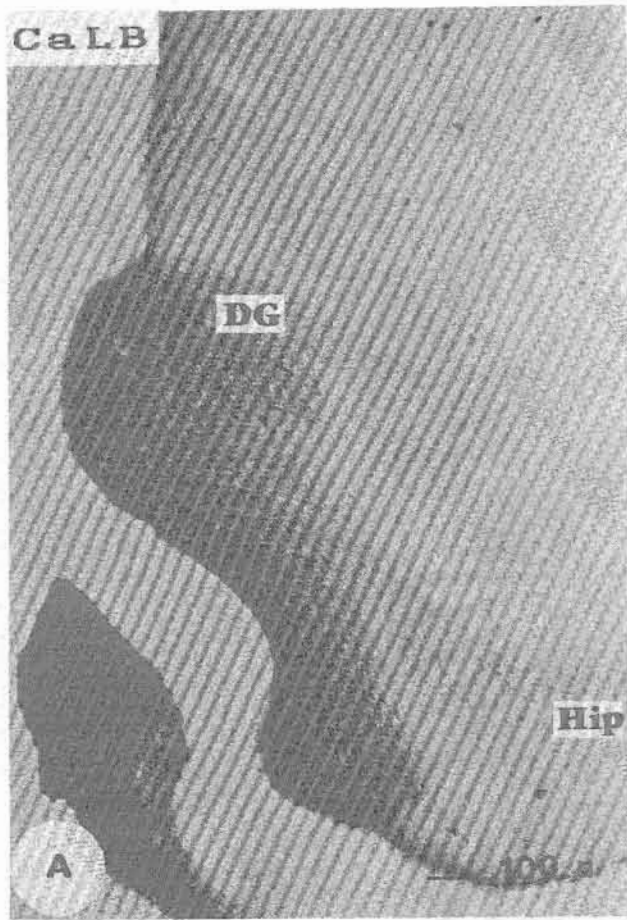
Parvalbumin ในชั้นของ molecular layer ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก แต่พบ fiber ได้ใน

ปริมาณ 1+ ทั้งหมดพบว่าเป็น long section โดยมีลักษณะค่อนข้างหนาวิ่งในแนวขนานกับไข  
 คั่งฉากกับพื้นผิว ในชั้นของ pyramidal cell layer เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยมี  
 ขนาด 15-23 um มีรูปร่างกลมและกลมรี ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ เป็น cross  
 section และ long section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันพบว่าประสานกันไขมาคล้ายร่างแห ไม่  
 สามารถบอกทิศทางของ fiber ได้ ในชั้น polymorphic cell layer เซลล์ให้ผลบวกใน  
 ปริมาณ 2+ ลักษณะติคสีเข้มชัดเจน พบว่ามีขนาด 10-25 um มีรูปร่างกลม, กลมรี และ  
 สามเหลี่ยม เซลล์มี process 1 process พบเซลล์ส่วนน้อยที่เห็น nucleolus ได้ fiber  
 พบในปริมาณ 2+-3+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน fiber ชนิด  
 long section มีลักษณะเป็นเส้นตรงหนา ส่วน cross section มีลักษณะหนาและติคสีเข้ม  
 ปริมาณ fiber จะหนาแน่นในบริเวณ presubiculum มากกว่าบริเวณอื่น ๆ (รูปที่ 22D, 42G)

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 23 ภาพถ่ายสมองคัตตามขวางผ่านระดับ mammillary body แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ ชั้นค่างของ dentate gyrus (DG)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Substantia nigra

Calbindin - D28K Substantia nigra (รูปที่ 24A, 25A, C, 42H) ในบริเวณ pars compacta พบว่ามีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยมีขนาด 12-30 um มีรูปร่างกลมรี กระสวย และสามเหลี่ยม มีลักษณะคิคลีซี่เข้มปานกลาง สามารถเห็น process ได้หนาชัดเจน 1-2 process บางเซลล์จะสามารถสังเกตเห็น nucleolus ได้พบว่ามีขนาดหนาแน่นทางด้าน medial มากกว่าด้าน lateral บ้างเล็กน้อย ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น cross section คิคลีซี่ค่อนข้างจาง long fiber พบได้บ้างเล็กน้อย มีลักษณะเป็นเส้นบาง คิคลีซี่ปานกลาง ในบริเวณ pars lateralis พบเซลล์ที่มีความหนาแน่นในปริมาณ 1+-2+ โดยทางด้าน lateral มีความหนาแน่นมากกว่าทางด้าน medial เซลล์ที่พบมีขนาด 13-25 um โดยมีรูปร่างกลม กระสวย และสามเหลี่ยม ลักษณะต่าง ๆ ของเซลล์ค่อนข้างคล้ายเซลล์ในบริเวณ pars compacta โดยมี fiber ในปริมาณเท่ากัน ในบริเวณ pars reticulata เป็นบริเวณที่ค่อนข้างใหญ่กว่าบริเวณอื่น ๆ ไม่พบมีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในบริเวณนี้ ส่วน fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดพบว่าเป็น cross section คิคลีซี่จางมาก และเห็นเป็นกลุ่ม ๆ อยู่ทางด้าน medial มีลักษณะของ fiber ที่ละเอียดและบางมาก ทิศทางของ fiber มีทิศทางไม่แน่นอน

Parvalbumin Substantia nigra (รูปที่ 24B, 25B, D, 42H) ในบริเวณ pars compacta พบปริมาณเซลล์ให้ผลบวกเท่ากับ 2+ โดยเซลล์ในบริเวณนี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ คือขนาด 15-35 um โดยมีรูปร่างกลม กกลมรี และรูปกระสวย คิคลีซี่ปานกลาง บางเซลล์พบว่ามี process หนาชัดเจน 1-2 processes และเซลล์ส่วนมากมักสังเกตเห็น nucleolus ได้ fiber พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น cross section มีลักษณะหนาและคิคลีซี่เข้มกระจาย โดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ long section พบปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย มีลักษณะคิคลีซี่เข้มชัดเจนเช่นเดียวกัน และมีลักษณะค่อนข้างหนา ในบริเวณ pars lateralis พบมีเซลล์ให้ผลบวกเพียง 0-1+ โดยสังเกตได้ไม่ชัดเจนนักเนื่องจากเซลล์มีลักษณะคิคลีซี่ที่จางมาก คาดว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับบริเวณอื่นของ substantia nigra ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ มีลักษณะบางและคิคลีซี่จาง ในบริเวณ pars reticulata มีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณมากถึง 3+ โดยลักษณะและขนาดของเซลล์คล้ายกับในบริเวณ pars compacta มีขนาด 12-30 um มีรูปร่างกลม กกลมรี และกระสวย เซลล์โดยส่วนใหญ่สามารถเห็น nucleolus ได้ชัดเจน เซลล์ซึ่งมีรูปร่างกระสวย จะมี process 2 processes อย่างชัดเจน ส่วนที่มีรูปกลมรีจะเห็นมี process เพียง 1 process การคิคลีซี่ของเซลล์มีลักษณะคิคลีซี่เข้มปานกลาง ส่วน fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

ลักษณะของ cross section มีลักษณะหนาตึ๊ดซี่เข้มเช่นเดียวกับบริเวณ pars compacta ส่วน long section มีลักษณะเป็นเส้นหนาปานกลาง กระจายโดยทั่วไป

### Amygdaloid nucleus

**Calbindin - D28K** Amygdaloid nucleus (รูปที่ 26A, C, 42F, 42G) ในบริเวณ lateral พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ มีขนาด 8-15 um โดยมีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวย การตึ๊ดซี่ค่อนข้างจาง พบเพียงบางเซลล์ที่สามารถเห็น nucleolus และ processes ได้ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section ส่วน long section พบได้บ้างเล็กน้อย มีลักษณะบางและตึ๊ดซี่ค่อนข้างจาง

บริเวณ central amygdaloid nucleus ไม่พบว่ามีเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber พบได้ ในปริมาณ 1+-2+ เกือบทั้งหมดพบว่าเป็น cross section และพบ long section ได้ บ้างเล็กน้อย

บริเวณ medial amygdaloid nucleus พบมีเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ เซลล์มีขนาด 12-25 um รูปร่างกลม กลมรี และกระสวย ตึ๊ดซี่เข้ม เห็น processes อย่างชัดเจน 1-2 processes เซลล์ที่ไม่เห็น process มักจะเห็น nucleolus ได้ชัดเจน fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 2+ เกือบทั้งหมดเป็น long section มีลักษณะหนาตึ๊ดซี่เข้ม และมีส่วนน้อยที่ ตึ๊ดซี่จาง

บริเวณ basolateral amygdaloid nucleus พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 1+-2+ เซลล์มีขนาด 10-15 um การกระจายของเซลล์พบว่าไม่สม่ำเสมอมากนัก โดยบริเวณที่ใกล้กับ piriform cortex จะมีความหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ๆ มีลักษณะการตึ๊ดซี่ปานกลาง และจาง รูปร่างกลมและกลมรีไม่สามารถเห็น process ได้ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section โดยมี long section ปะปนอยู่บ้างไม่มากนัก ลักษณะของ fiber มี ลักษณะบาง และตึ๊ดซี่จางมาก

**Parvalbumin** Amygdaloid nucleus (รูปที่ 26B, C, 42F, 42G) บริเวณ lateral พบมีเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ โดยพบว่าตึ๊ดซี่เข้มชัดเจน เซลล์มีขนาด 10-20 um มีรูปร่าง กลม, กลมรี และหลายเหลี่ยม ครึ่งหนึ่งของเซลล์พบว่าเห็น processes ได้ชัดเจน 1-2 processes และบางเซลล์ยังพบมากกว่า 2 processes เซลล์มีการกระจายโดยสม่ำเสมอ ทั่วทั้งบริเวณ ส่วน fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่พบเป็น long section มีความหนาปานกลาง มีลักษณะคดงอ ตึ๊ดซี่เข้ม ทิศทางการวิ่งมักขนานกัน ส่วน cross section มีลักษณะหนาและตึ๊ดซี่เข้ม กระจายโดยทั่วไป



บริเวณ central amygdaloid nucleus เซลล์ซึ่งใหญ่ลวก พบในปริมาณ 1+ ลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณ lateral amygdaloid nucleus มีขนาด 10-20 um รูปร่างกลม, กสมรี และสามเหลี่ยม คีคสีเข้ม พบว่าเห็น nucleolus ชัดเจน fiber พบมีปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section fiber มีลักษณะและการคืดสีปานกลาง ส่วน cross section ค่อนข้างบางและคืดสีจางมาก

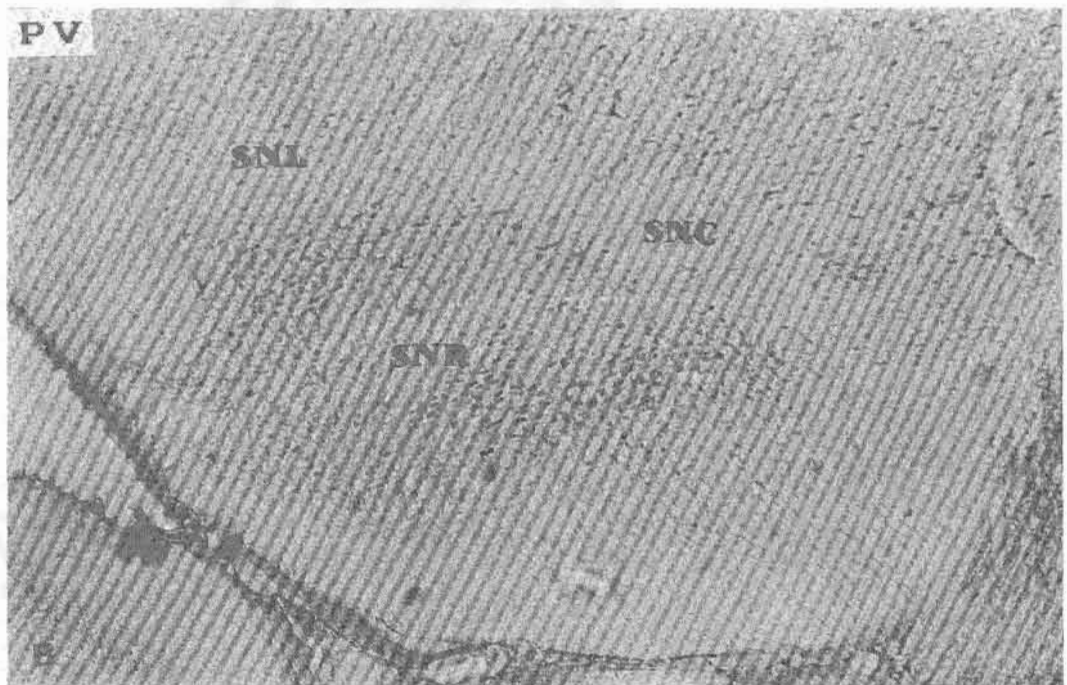
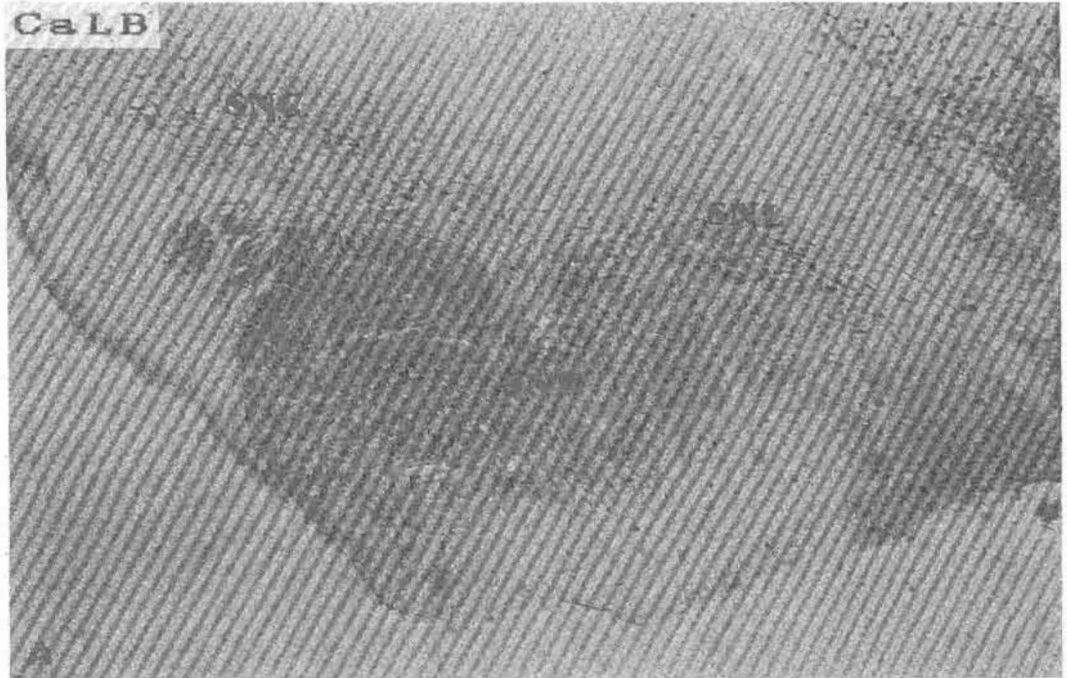
บริเวณ medial amygdaloid nucleus เซลล์ใหญ่ลวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 10-25 um มีรูปร่างกลม กสมรี หลายเหลี่ยม และสามเหลี่ยม เซลล์ซึ่งมีลักษณะกสมรี มักเห็น processes 1 process อย่างชัดเจนและบางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้ เซลล์ส่วนใหญ่คืดสีเข้มชัดเจน ส่วนเซลล์ขนาดใหญ่มักพบมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมและเห็น nucleolus ได้ fiber พบในปริมาณ 2+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน long section คืดสีปานกลาง และคืดขง cross section มีขนาดเล็กมากและคืดสีจาง สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก

บริเวณ basolateral amygdaloid nucleus ลักษณะต่าง ๆ และการกระจายกสมรีขึ้นกับบริเวณ medial amygdaloid nucleus ทั้งเซลล์ และ fiber มีขนาด และการคืดสีที่เหมือนกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 24 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางผ่านรอยต่อระหว่าง midbrain กับ diencephalon  
ระดับ posterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ  
fibers ในบริเวณต่างๆของ substantia nigra (SN)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

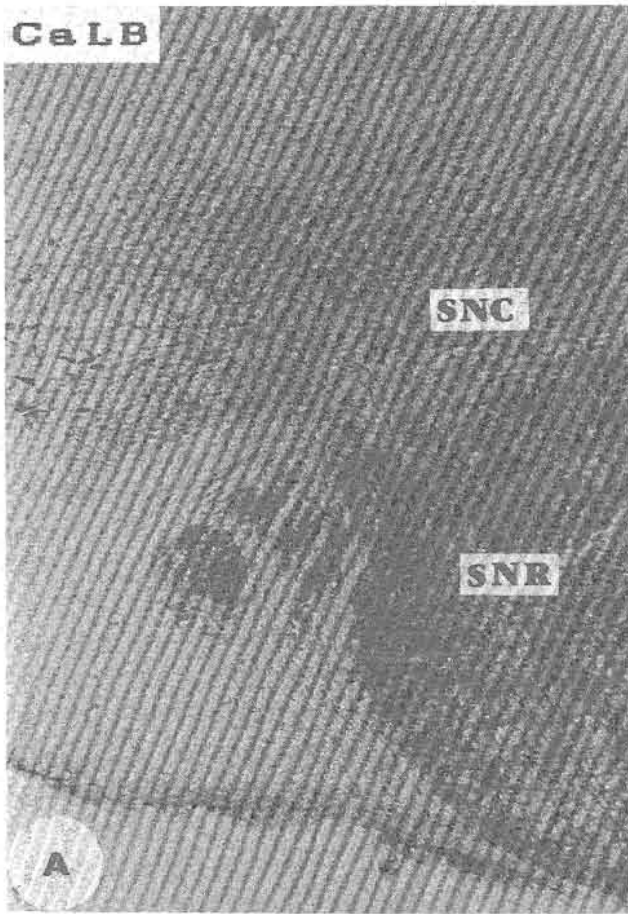


—200  $\mu$

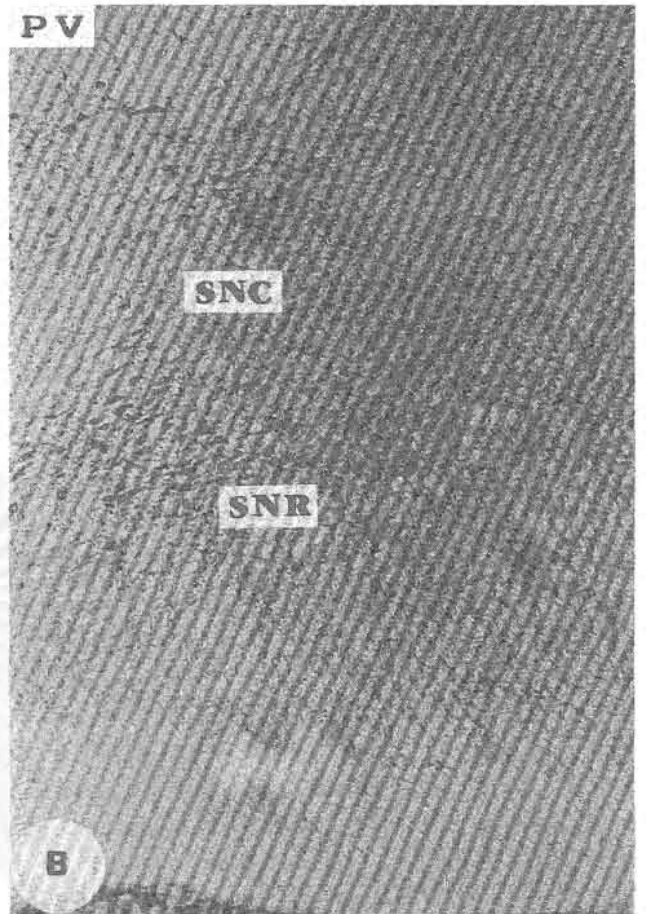
รูปที่ 25 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางผ่านรอยต่อระหว่าง midbrain กับ diencephalon ระดับ posterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ substantia nigra , pars compacta (SNC) , pars lateralis (SNL) และ pars reticulata (SNR)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

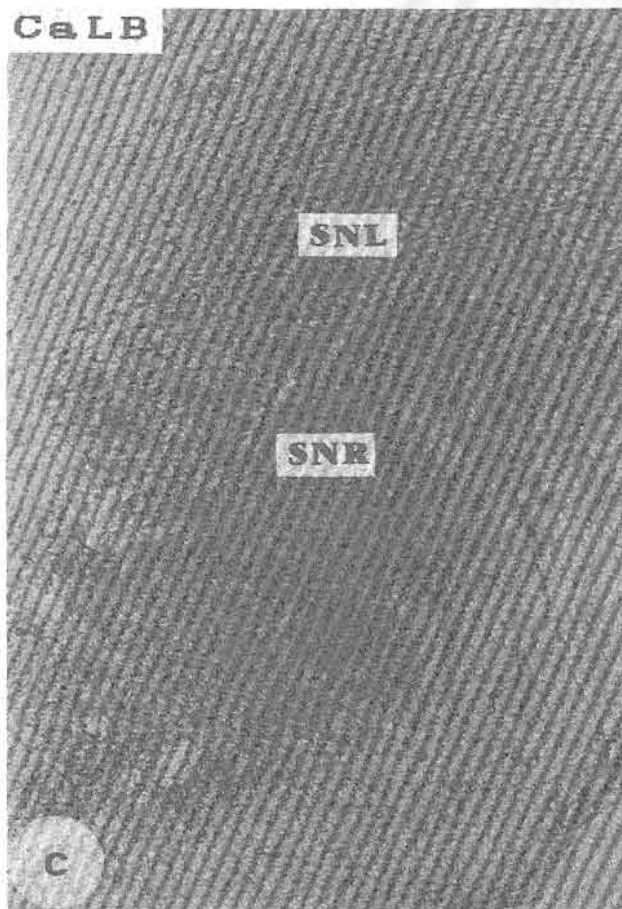
CaLB



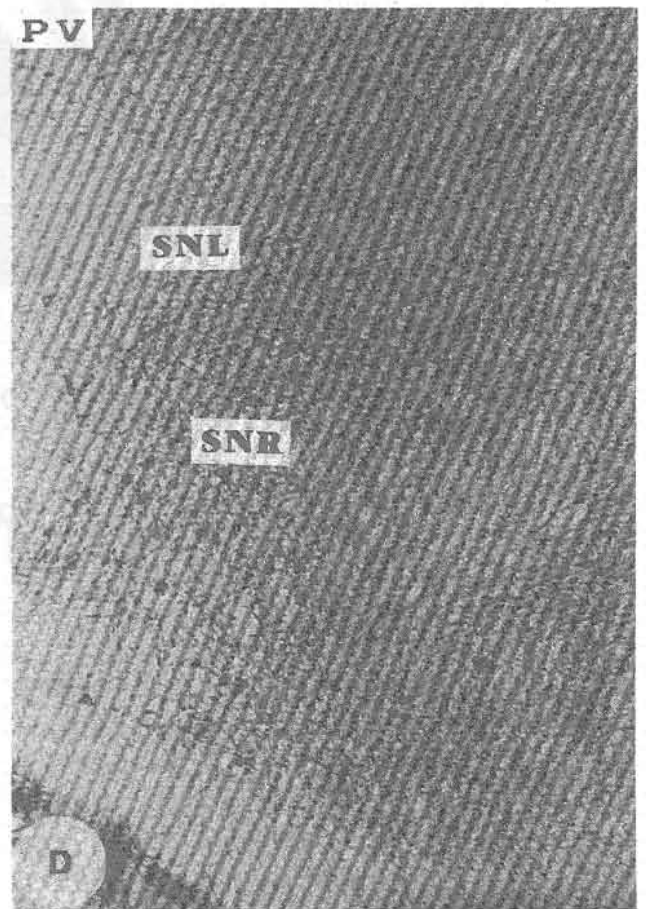
PV



CaLB



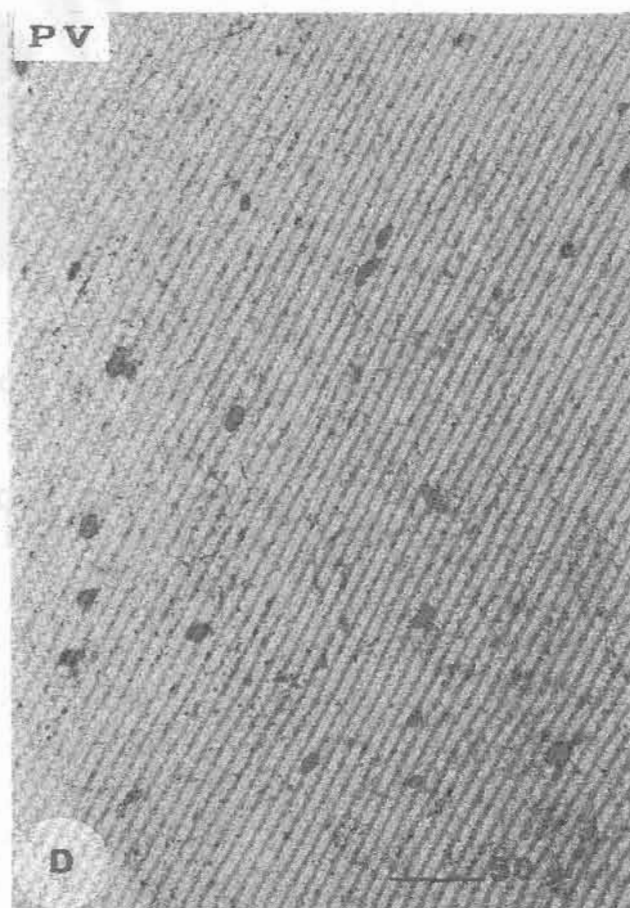
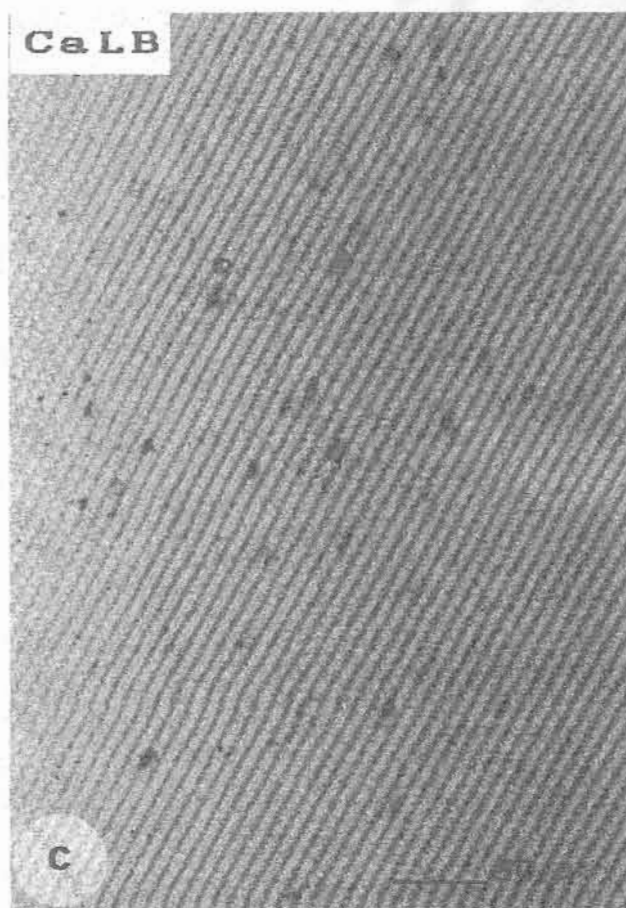
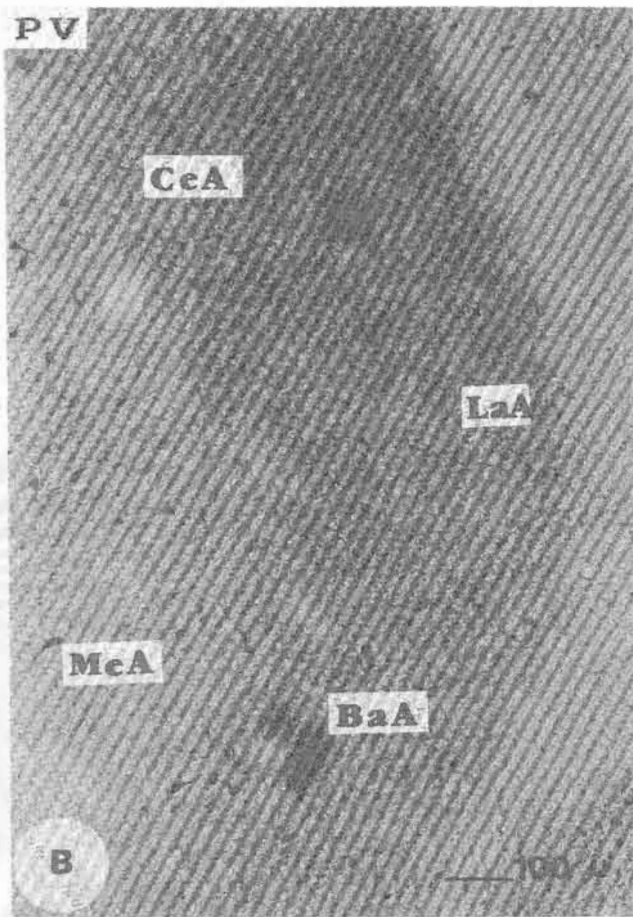
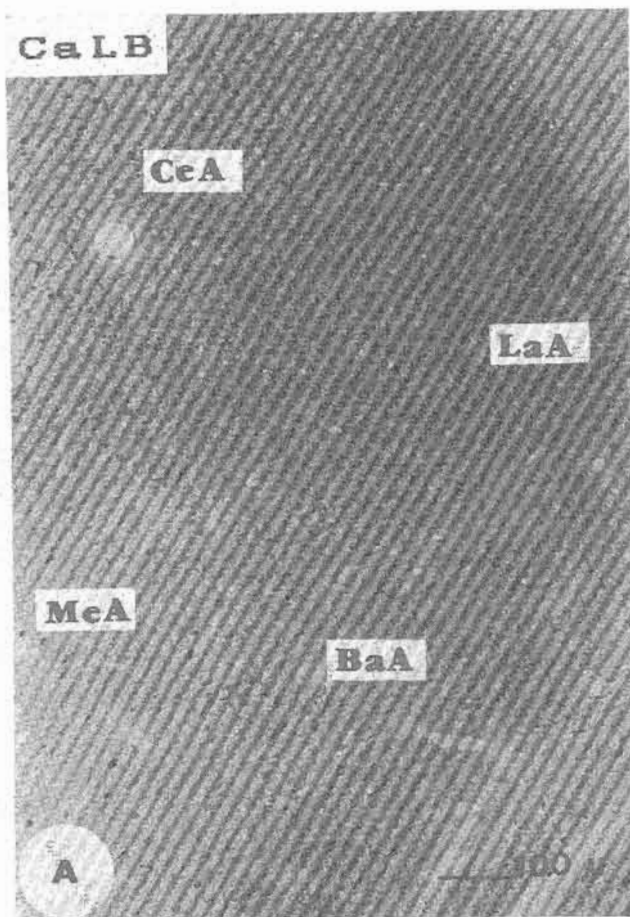
PV



— 100  $\mu$

รูปที่ 26 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางผ่านระดับ mamillary body แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณต่างๆ ของ amygdaloid nucleus (Amy)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Lateral geniculate nucleus

Calbindin - D28K ในบริเวณ dorsolateral geniculate nucleus พบเซลล์ซึ่งได้ผลบวกในปริมาณ 3+ ทางด้าน medial และ 2+ ทางด้าน lateral ลักษณะของเซลล์มี ขนาด 15-25 um ลักษณะกลมรี ติคส์เข้มปานกลาง สามารถเห็น nucleolus และ processes ได้ อย่างชัดเจน พบว่าเซลล์ติคส์ปานกลาง ส่วน fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่ พบว่ามีลักษณะเป็น long section เรียงตัวในแนวขนานกัน ลักษณะเส้น fiber ค่อนข้างบาง ขนาดสั้นส่วน cross section ไม่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน ในบริเวณ ventrolateral geniculate nucleus ลักษณะต่าง ๆ ของเซลล์คล้ายกับกับบริเวณ dorsolateral ซึ่งเซลล์ ให้ผลบวกพบว่ามีปริมาณ 2+-3+ โดยทางด้าน medial มีความหนาแน่นมากกว่าทางด้าน lateral ลักษณะของเซลล์มีรูปร่างกลมรี และมักจะเห็น processes ได้อย่างชัดเจน ปริมาณ fiber พบเหมือนกับบริเวณ dorsolateral (รูปที่ 27A, C, 42H)

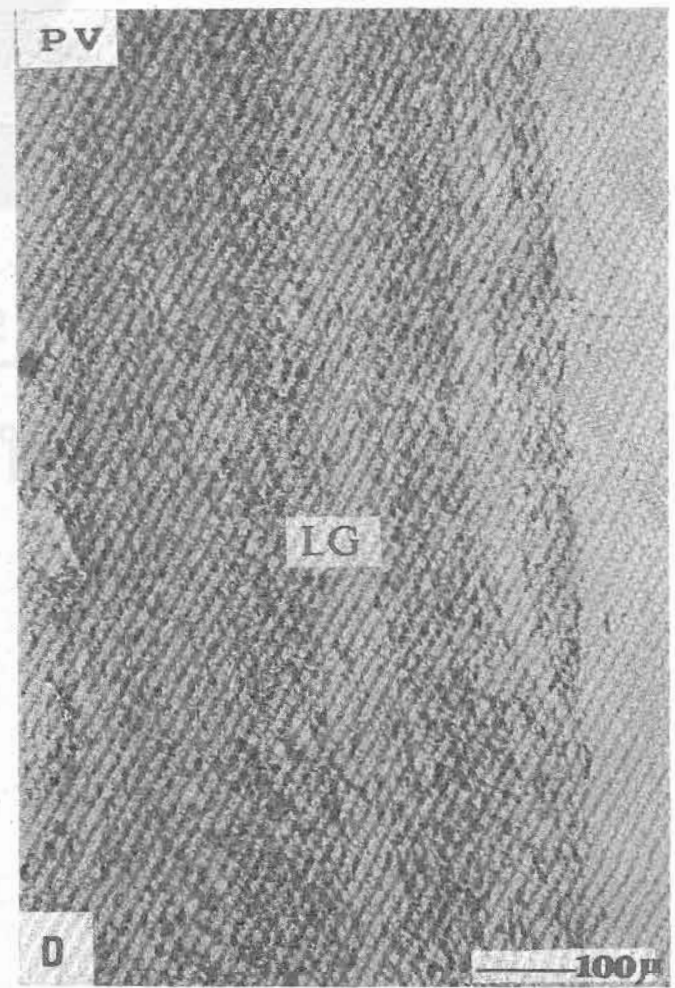
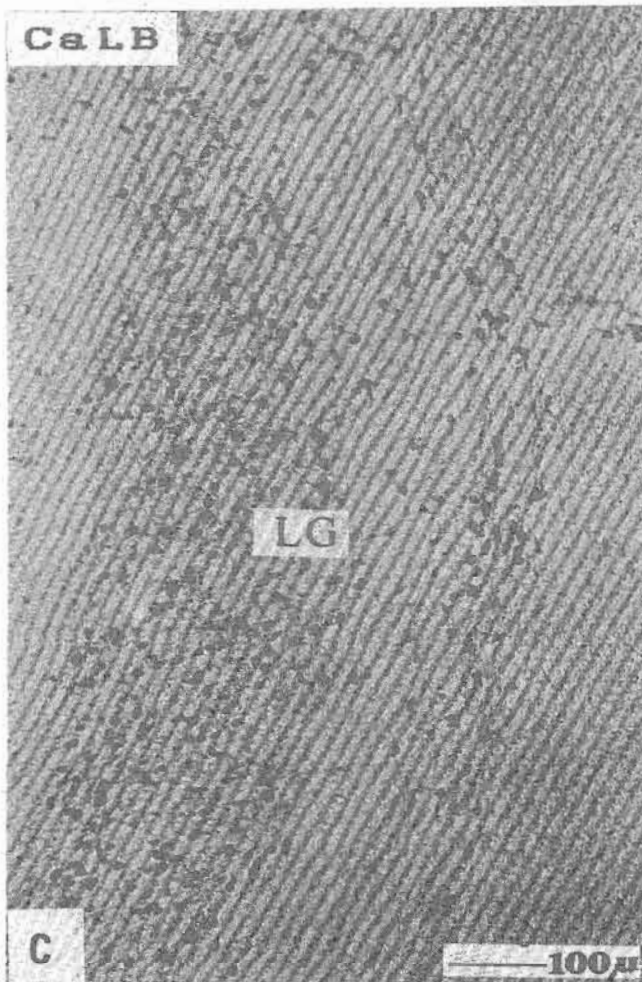
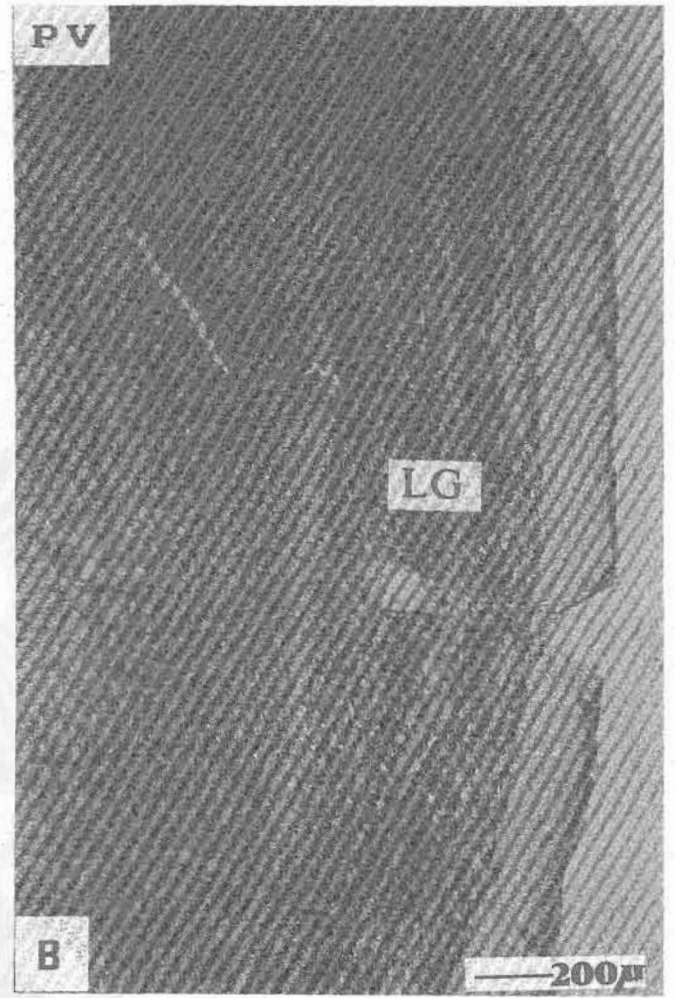
Parvalbumin ปริมาณเซลล์ซึ่งให้ผลบวกพบ 1+-3+ โดยเซลล์มีลักษณะรวมกลุ่มกันเป็นแถบ ในบริเวณ dorsolateral geniculate nucleus ลักษณะการติคส์ของเซลล์มีลักษณะปานกลาง เซลล์มีขนาด 15-22 um โดยมีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวย และเซลล์โดยส่วนใหญ่จะเห็น processes อย่างชัดเจนและเกือบทั้งหมด พบว่าสามารถเห็น nucleolus ได้ fiber พบใน ปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่เป็น cross section ที่ติคส์จาง และค่อนข้างบาง ในบริเวณ ventrolateral geniculate nucleus ลักษณะของเซลล์คล้ายกับบริเวณ dorsolateral โดยมีปริมาณ 2+ แต่ขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าเล็กน้อย คือ มีขนาด 15-25 um มีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวย เซลล์ส่วนใหญ่จะเห็น nucleolus อย่างชัดเจน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยมี ลักษณะ เป็นแถบ ลักษณะของ fiber คล้ายคลึงกับบริเวณ dorsolateral (รูปที่ 27B, D, 42H)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 27 ภาพถ่ายสมองคัตตามขวางผ่านรอยต่อระหว่าง midbrain กับ diencephalon  
ระดับ posterior commissure แสดง immunoreactive neurons และ  
fibers ในบริเวณ lateral geniculate nucleus (LG)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Pontine nucleus

Calbindin - D28K ในบริเวณ pontine nuclei และ brachium pontis พบว่าไม่พบผลบวกต่อเซลล์ ส่วน fiber พบให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะเป็นแถบยาวตามขวางขนานกัน ลักษณะของ fiber คัดสีจางมาก สังเกตได้ไม่ชัดเจน (รูปที่ 28C, 42I)

Parvalbumin พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยเซลล์มีลักษณะคัดสีจางมีขนาด 7-10 um มีการกระจายโดยทั่วไป มีรูปร่างกลม, กลมรี และกระสวย พบเพียงบางเซลล์ที่สามารถเห็น nucleolus ได้ชัดเจน fiber พบว่ามีปริมาณ 2+-3+ มีลักษณะการกระจายที่ไม่สม่ำเสมอ โดยในบริเวณ transverse fiber pons มี fiber ที่มีลักษณะเป็นแถบในแนวขวาง และมีลักษณะคัดสีจางมาก สังเกตได้ไม่ชัดเจน fiber ที่พบจะมีทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในบริเวณ brachium pontis พบ fiber ในปริมาณ 2+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น long section เรียงตัวในแนวตามขวางและขนานกัน พบเซลล์ซึ่งมีขนาด 8-15 um กระจายโดยทั่วไป ลักษณะเซลล์คัดสีจาง สังเกตได้ไม่ชัดเจน fiber ในบริเวณ pontine nuclei พบมีปริมาณ 2+-3+ โดยทางด้าน dorsal มีความหนาแน่นกว่าด้าน ventral ลักษณะของ fiber สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก แต่คาดว่าทั้ง long และ cross section กระจายประสานกันไปมา ไม่มีทิศทางที่แน่นอน ในบริเวณนี้พบว่า มีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ลักษณะเซลล์ค่อนข้างคัดสีจาง มีขนาด 10-18 um มีรูปร่างกลม กลมรี พบว่าบางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้ชัดเจน (รูปที่ 28D, 42I)

### Interpeduncular nucleus

Calbindin - D28K Interpeduncular nucleus (รูปที่ 29A, 42I) ในบริเวณ caudal subnucleus ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดย fiber พบเป็น cross section เกือบทั้งหมด พบ long section แทรกอยู่บ้างเล็กน้อย ลักษณะของ fiber มีลักษณะคัดสีจางและมีขนาดเล็ก ในบริเวณ intermediate subnucleus พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยลักษณะของเซลล์เห็นอย่างเด่นชัด เพราะคัดสีที่เข้มมาก เซลล์ที่พบมีขนาด 3-20 um แต่โดยส่วนใหญ่จะพบมีขนาด 3-5 um มีลักษณะกลมและกลมรี คัดสีเข้มมาก เซลล์ขนาด 6-20 um พบได้บ้างไม่มากนัก โดยมีรูปร่างกลม กลมรี และหลายเหลี่ยม คัดสีเข้มเช่นเดียวกัน นอกจากนี้เซลล์ที่มีขนาดใหญ่ สังเกตเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน fiber พบว่ามีปริมาณ 4+-5+ โดยทั้งหมดพบเป็น cross section มีลักษณะหนาและคัดสีเข้มมาก ในบริเวณ lateral subnucleus พบมีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะกลมคัดสีเข้ม

มีขนาด 15-20  $\mu\text{m}$  และ 3-5  $\mu\text{m}$  ส่วนใหญ่จะเรียงตัวอยู่ทางด้าน ventral ของบริเวณนี้ มีรูปร่างกลม และกลมรี คีคสีเข้ม และบางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน แต่ไม่พบว่ามี process ส่วน fiber พบว่ามีปริมาณ 2+ โดยเกือบทั้งหมด เป็น cross section มีลักษณะหนาและคีคสีปานกลาง

Parvalbumin ใน inter peduncular nucleus (รูปที่ 29B, 42I) พบว่าบริเวณนี้ให้ผลบวกต่อย้อมด้วย parvalbumin ในปริมาณน้อย การกระจายโดยทั่วไปของเซลล์ที่ให้ผลบวกมีลักษณะใกล้เคียงกัน ทั้งบริเวณ nucleus คือพบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ ทั้งบริเวณ caudal, intermediate, lateral, apical และ dorsomedial ขอบเขตของ nucleus สักเกตไม่ชัดเจนนัก เซลล์ที่ให้ผลบวกมีขนาด 8-25  $\mu\text{m}$  โดยมีรูปร่างกลม, กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์โดยส่วนใหญ่จะสังเกตเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน พบว่ามีเซลล์เพียงเล็กน้อยที่สามารถเห็น process ได้ ความหนาแน่นของเซลล์ในบริเวณ intermediate หนาแน่นกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อย การคีคสีของเซลล์พบว่ามีลักษณะคีคสีปานกลางจนถึงเข้ม fiber พบในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน ลักษณะ fiber มีทิศทางขนานกันในแนวขวางกับ nucleus ความหนาของ fiber พบว่าหนานปานกลาง และคีคสีปานกลาง

#### Ventral tegmental decussation

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีลักษณะเรียงตัวเป็นแถบในแนวขนานกัน ตามขวาง fiber ส่วนใหญ่เป็น cross section คีคสีปานกลางและค่อนข้างบาง

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวกส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ ลักษณะของ fiber โดยส่วนใหญ่เป็น cross section และ long section ในปริมาณใกล้เคียงกัน การคีคสีมีลักษณะคีคสีเข้มปานกลางและมีความหนานปานกลาง

#### Caudal linear nucleus raphe

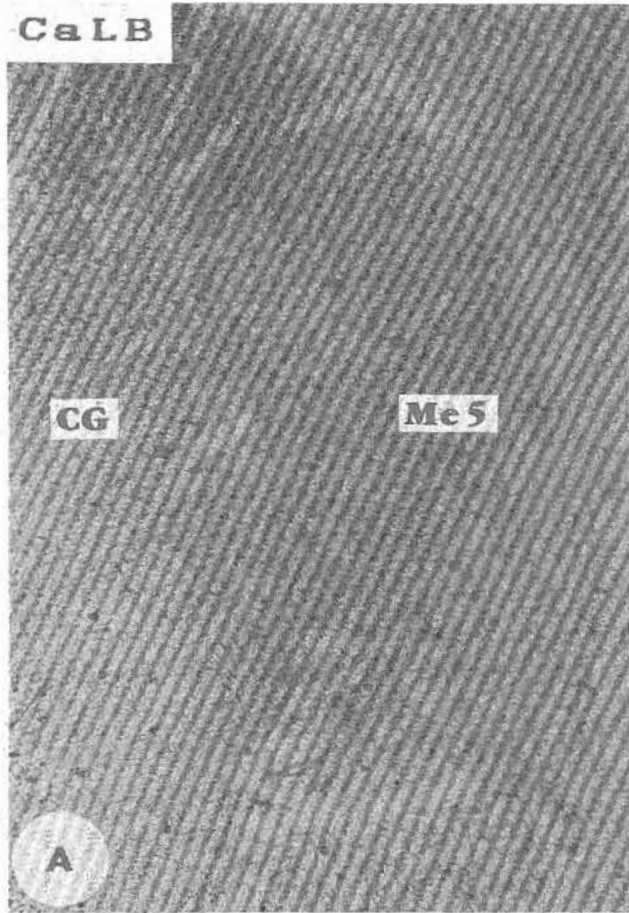
Calbindin- D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนาและคีคสีจางเกือบทั้งหมดเป็นชนิด long section (รูปที่ 42I)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 5-10  $\mu\text{m}$  โดยมีรูปร่างกลม และไม่มีรูปร่าง fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section มีทั้งลักษณะหนาและบาง (รูปที่ 42I)

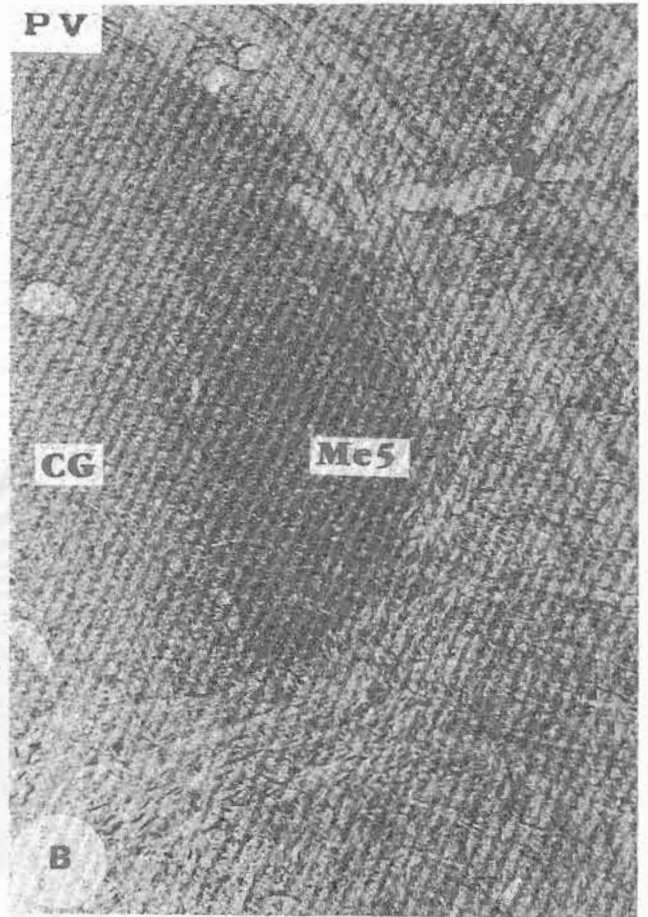
รูปที่ 28 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางผ่านระดับ superior colliculus แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ central gray (CG) , mesencephalic trigeminal nucleus (Me5) , pontine nuclei (Pn) , medial lemniscus (ml) และ brachium pontis (bp)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CaLB



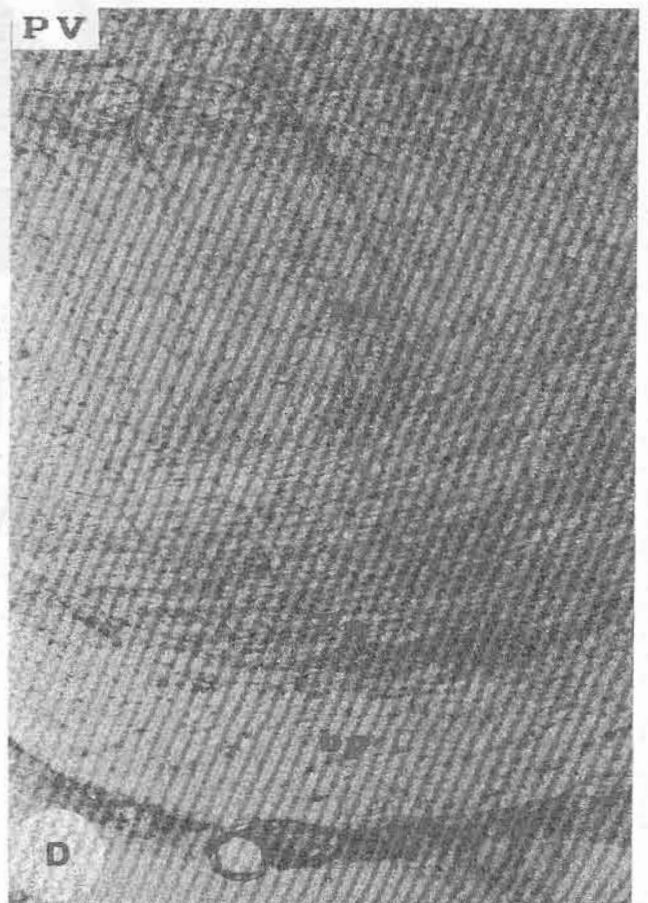
PV



CaLB



PV

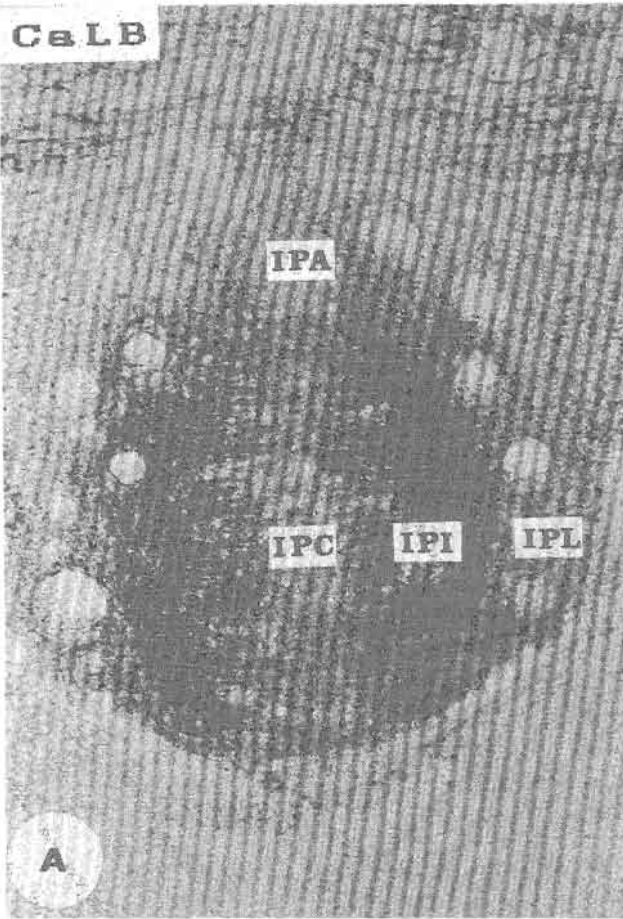


—100  $\mu$

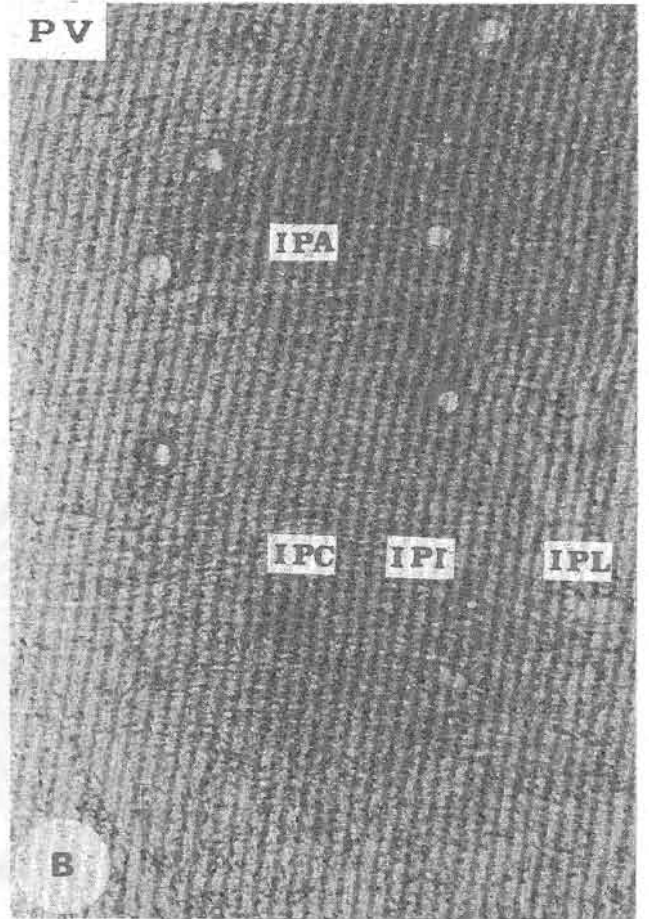
รูปที่ 29 ภาพถ่ายสมองคัตตามขวางผ่านระดับ superior colliculus (A , B) แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณต่างๆของ interpeduncular nucleus (IP) และ ภาพคัตตามขวางระดับ inferior colliculus (C , D) แสดง motor trigeminal nerve (m5)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

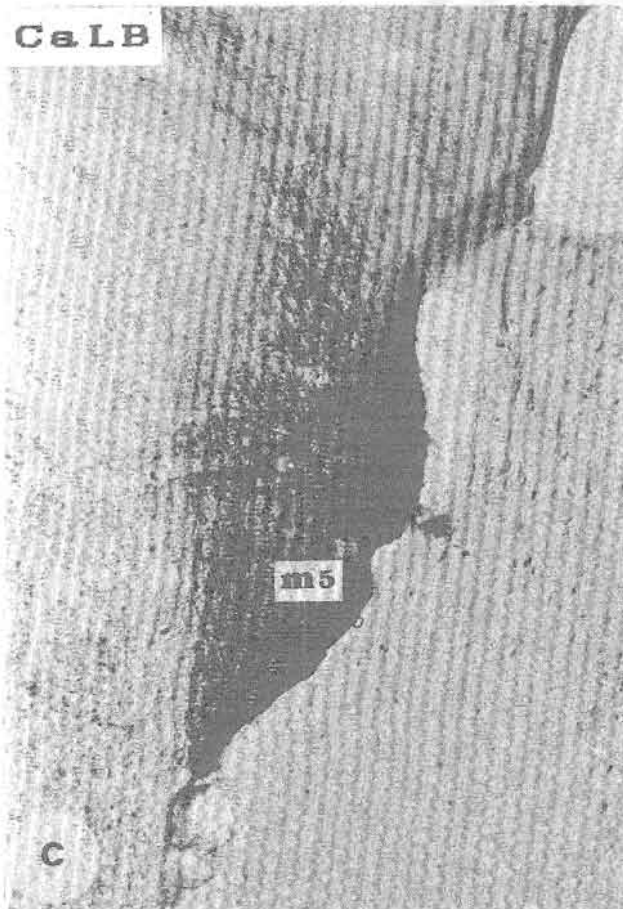
CaLB



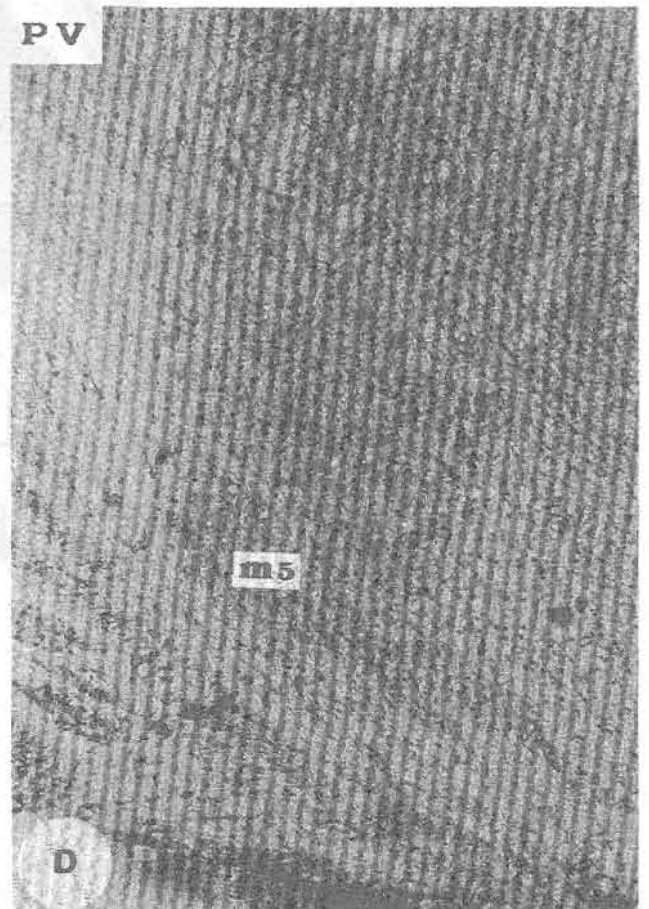
PV



CaLB



PV



— 100 μ



### Dorsal tegmental decussation

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในบริเวณนี้ในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-20 um มีรูปร่างกลม และกลมรี คีคสีเข้มและเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน บางเซลล์พบมี 1-2 processes fiber พบในปริมาณ 2+ มีการเรียงตัวโดยกระจุกกระจายอย่างสม่ำเสมอ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน มีลักษณะเป็นเส้นบาง พบเส้นหนาบ้างเล็กน้อยและคีคสีจาง

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ที่ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section คีคสีน้ำตาลปานกลางโดยมีความหนาปานกลางเช่นกัน พบชนิด long section ได้บ้างเพียงเล็กน้อย

### Oculomotor nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยลักษณะเซลล์ คีคสีจางมาก ไม่สามารถเห็นขอบเขตได้อย่างชัดเจน fiber พบในปริมาณ < 1+ โดยมีลักษณะจางมาก ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน (รูปที่ 30A, 42I)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ ขนาดของเซลล์ที่พบมีขนาด 20-40 um โดยมีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม ครึ่งหนึ่งของเซลล์ทั้งหมด จะสังเกตเห็น nucleolus ได้ชัดเจน ลักษณะการคีคสี พบว่าคีคสีเข้มปานกลาง fiber ในบริเวณนี้พบได้ในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมด พบว่าเป็น fiber ชนิด cross section ลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนาและกระจายโดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ (รูปที่ 30B, 42I)

### Medial longitudinal fasciculus

Calbindin - D28K ไม่พบทั้งเซลล์และ fiber ซึ่งให้ผลบวก (รูปที่ 30A, 42I)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก แต่พบ fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ลักษณะของ fiber มีการประสานกันจนคล้ายร่างแห โดยทั้งหมดพบเป็น long section และมี cross section ะบนอยู่บ้างในปริมาณเล็กน้อย ลักษณะของ fiber มีขนาดหนาปานกลางและคีคสีเข้ม (รูปที่ 30B, 42I)

### Mesencephalic trigeminal nucleus

Calbindin - D28K เซลล์ที่ให้ผลบวกพบในปริมาณ 0-1+ โดยมีขนาด 10-18 um มีรูปร่างกลม กลมรี สามเหลี่ยม และรูปร่างหลายเหลี่ยม การติดสีของเซลล์พบว่าค่อนข้างเข้ม บางเซลล์สามารถสังเกตเห็น processes 1 process ได้อย่างชัดเจน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น cross section และมี long section กระจายอยู่โดยทั่วไป ลักษณะเป็นเส้นเล็กบาง และติดสีจาง (รูปที่ 28A, 42I)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ การกระจายของเซลล์ มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ เซลล์มีขนาด 20-50 um ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมักสังเกตเห็น processes 1 process ได้อย่างชัดเจน เซลล์มีรูปร่างกลม กลมรี และรูปกระสวย การติดสีของเซลล์มีลักษณะค่อนข้างจาง ปริมาณ fiber สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก แต่คาดว่าปริมาณ 3+-4+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section และมี long section ปะปนได้บ้างเล็กน้อย (รูปที่ 28B, 42I)

### Central gray

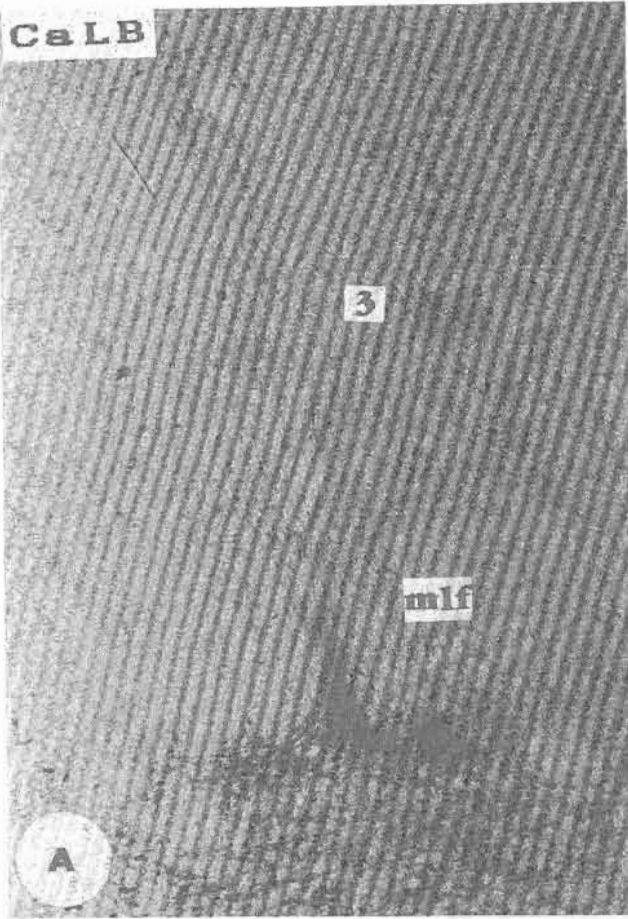
Calbindin - D28K ทั้งทางบริเวณ dorsal และ medial ของ central gray พบมีการกระจายและความหนาแน่นของทั้งเซลล์ และ fiber สม่ำเสมอกัน เซลล์ที่ให้ผลบวกมีปริมาณ 2+ โดยมีการติดสีที่ค่อนข้างเข้ม เซลล์ที่มีขนาด 8-20 um รูปร่างที่พบคือ กลม กลมรี และกระสวย โดยเซลล์ที่เป็นรูปกระสวย จะพบว่ามี process 2 processes และมีเซลล์เพียงเล็กน้อยที่สังเกตเห็น nucleolus ได้ fiber ในบริเวณนี้มีปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็นชนิด cross section และมี long section บ้างเล็กน้อย fiber มีลักษณะติดสีที่ค่อนข้างจาง ไม่ชัดเจน มักเป็นเส้นบางแต่พบ fiber หนาได้บ้างเล็กน้อยโดยติดสีจางเช่นกัน (รูปที่ 28A, 30C, 42I)

Parvalbumin พบทั้งเซลล์และ fiber ให้ผลบวกทั่วบริเวณอย่างสม่ำเสมอเช่นเดียวกัน ทั้งบริเวณ dorsal และ medial ขนาดของเซลล์ที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก คือประมาณ 5-10 um มีรูปร่างกลม และกลมรี พบมีปริมาณ 2+ เซลล์ส่วนใหญ่พบว่ามี nucleolus และติดสีค่อนข้างจาง จึงทำให้เห็นขอบเขตของเซลล์ไม่ชัดเจนนัก ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเป็น cross section เกือบทั้งหมด ลักษณะค่อนข้างบางและติดสีจาง (รูปที่ 28B, 30D, 42I)

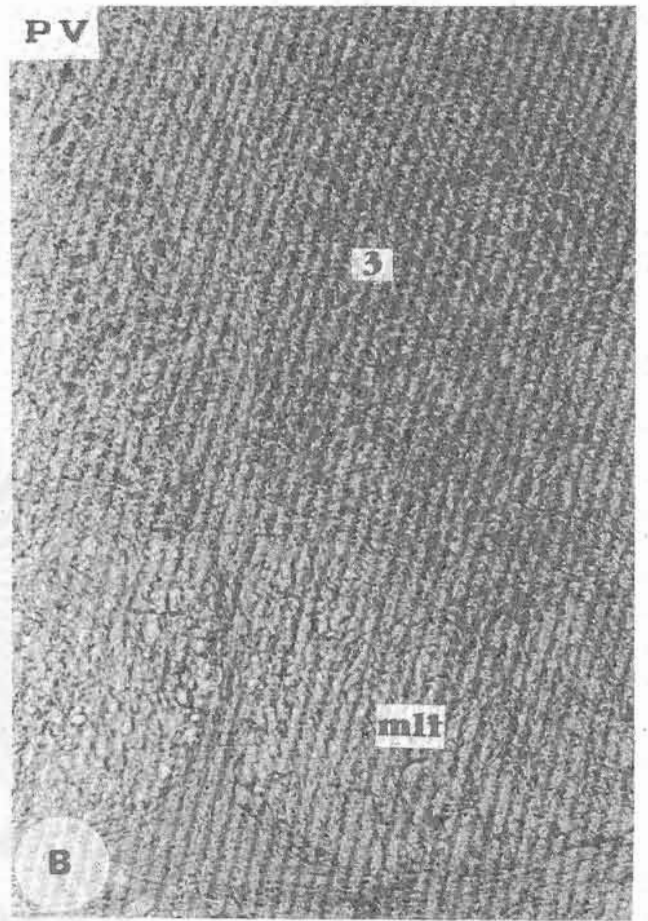
รูปที่ 30 ภาพถ่ายก้านสมองตัดคามขวางระดับ superior colliculus แสดง immunore-active neurons และ fibers ใน oculomotor nucleus (3) , medial longitudinal fasciculus (mlf) และ central gray (CG)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

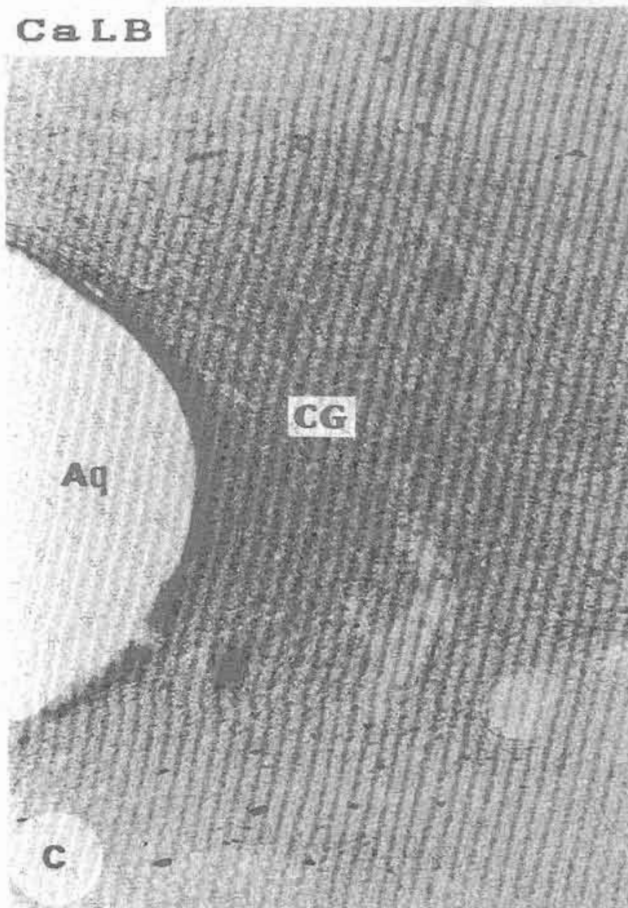
CaLB



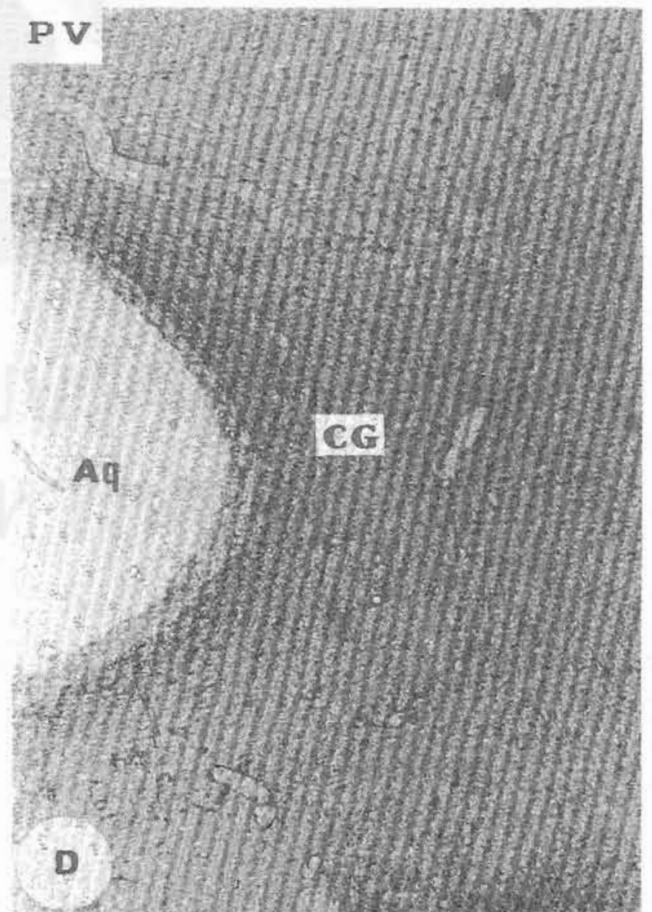
PV



CaLB



PV



— 100  $\mu$

### Medial geniculate nucleus

Calbindin - D28K Medial geniculate nucleus (รูปที่ 31A, C, 42I) ในบริเวณ dorsal medial geniculate nucleus พบปริมาณเซลล์ที่พัฒนาเท่ากับ 2+ มีขนาด 10-25 um มีรูปร่างกลม กลมรี กระสวย และหลายเหลี่ยม มีลักษณะคิซึซึม และบางเซลล์เห็น processes และ nucleolus ได้อย่างชัดเจน การกระจายของเซลล์ไม่สม่ำเสมอทั้งใน fiber พบในปริมาณ 2+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในบริเวณ ventral geniculate nucleus พบเซลล์พัฒนาปริมาณ 3+ มีขนาด 12-20 um มีรูปร่างกลม กลมรี และหลายเหลี่ยม พบว่าคิซึซึมปานกลาง ส่วนใหญ่ไม่พบ nucleolus ได้ชัดเจน fiber พบปริมาณ 3+ สังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก คาดว่าส่วนใหญ่เป็น cross section ในบริเวณ medial พบเซลล์พัฒนาปริมาณ 2+ มีขนาด 10-20 um โดยเล็กกว่าบริเวณ ventral เล็กน้อย การกระจายของเซลล์ค่อนข้างสม่ำเสมอ รูปร่างของเซลล์เหมือนกับบริเวณ ventral พบ fiber ในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะประสานกันเป็นร่างแห และส่วนใหญ่พบเป็น long section

Parvalbumin ในบริเวณ medial geniculate nucleus (รูปที่ 31B, D, 42I) พบเซลล์พัฒนาปริมาณ 1+ โดยมีขนาด 7-20 um มีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวยคิซึซึมค่อนข้างจาง และบางเซลล์เห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน การกระจายสม่ำเสมอทั้งในบริเวณ fiber พบในปริมาณ 4+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section มีความหนาปานกลาง และคิซึซึมจาง โดยหนาแน่นมากในบริเวณ dorsal และ ventral

### Superior colliculus

Calbindin - D28K บริเวณ superior colliculus (รูปที่ 32A, C, 42I) ชั้น zonal layer (layer I) พบเซลล์พัฒนาปริมาณ 1+ มีขนาด 8-18 um รูปร่างกลม กลมรี และกระสวย เซลล์คิซึซึม พบบางเซลล์มี processes 1 process ชัดเจน processes ของเซลล์ส่งลง โยงชั้นล่าง ๆ ถัดลงไป และมีแขนขานานกันอย่างระเบียบ พบ fiber ในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section และคิซึซึมจาง

ชั้น superficial gray layer (layer II) พบเซลล์พัฒนาปริมาณ 2+ มีขนาด 10-20 um รูปร่างกลม, กลมรี และกระสวย และบางเซลล์สังเกตเห็น processes ได้ 1 process ชัดเจนและยังเห็น nucleolus เค่นชัด เซลล์คิซึซึมจาง จนทำให้มองเห็นขอบเขตได้ไม่ชัดเจน พบเพียงเล็กน้อยคิซึซึม บางเซลล์มี processes ที่แตกสาขาออกไป และทิศทาง

การวิ่งตั้งฉากกับผิวหน้า fiber พบในปริมาณ 2+ พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน และคิดสีจาง เห็นไม่ชัดเจน long section มักวิ่งในแนวขนานกัน โดยตั้งฉากกับ ผิวหน้า ไม่พบ fiber ที่เป็นแถบหนา

ชั้น optic nerve layer (layer III) พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 15-20 um ลักษณะกลมและคิดสีเข้ม เซลล์มักพบว่ามี processes 2 processes อย่างชัดเจน ทุกเซลล์เห็น nucleolus ได้ ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 0-1+ ทั้งหมดพบเป็น cross section โดยค่อนข้างบางและคิดสีจางมาก

ชั้น intermediate gray layer (layer IV) พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 12-20 um มีรูปร่างกลม กลมรี สามเหลี่ยม และกระสวย การคิดสีพบว่าคิดทั้ง เข้มและจาง เซลล์ที่มีรูปร่างกระสวยจะเห็น processes 2 processes ได้ชัดเจน บางเซลล์สามารถที่จะเห็น nucleolus ได้ fiber พบว่ามีปริมาณ 2+ เป็นชนิด cross section คิดสีปานกลาง และค่อนข้างหนา พบ fiber ที่คิดสีเข้มกระจายโดยทั่วไป เล็กน้อย ชั้นของ optic nerve layer และ intermediate gray layer จะแยกได้อย่างเด่นชัด

ชั้น intermediate white layer (layer V) พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 10-15 um มีรูปร่างสามเหลี่ยม, กระสวยและหลายเหลี่ยม เซลล์รูปกระสวยมี 2 processes ชัดเจน ส่วนรูปสามเหลี่ยมพบเพียง 1 process เซลล์พบว่าคิดสีปานกลางจนถึง น้ำตาลเข้ม fiber พบได้ในปริมาณ 3+ เกือบทั้งหมด เป็น cross section และคิดสีจาง และมีขนาดเล็ก

ชั้น deep gray layer (layer VI) พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยทางด้านที่ติดกับ commissure superior colliculus ไม่พบว่ามีเซลล์ให้ผลบวก เซลล์ที่พบมีลักษณะคิดสีจาง มีขนาด 10-15 um มีรูปร่างกลมรี และกระสวย fiber พบในปริมาณ 1+-2+ โดยหนาแน่น ทางด้าน lateral มากกว่าบริเวณอื่น ๆ พบ fiber ทั้งชนิด long และ cross section ซึ่งคิดสีจางมาก

ชั้น deep white layer (layer VII) อยู่ชิดกับบริเวณ central gray ทั้งเซลล์ และ fiber พบเซลล์สามารถเห็น processes และ nucleolus ได้ fiber พบมีปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section ส่วน long section พบได้บ้าง โดยมีลักษณะบาง คิดสีจางและคดง

Parvalbumin บริเวณ superior colliculus (รูปที่ 32B, D, 42I) ชั้น zonal layer (layer I) ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ ลักษณะไม่ชัดเจน แต่คาดว่า เป็น cross section และมีลักษณะเส้นเล็กบางมาก

ชั้น superficial gray layer (layer II) มีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ ส้มแก่

ลักษณะได้ไม่ชัดเจน เพราะติดสีจางมาก มีขนาดประมาณ 10-20 um รูปร่างกลมรี ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ และ เป็น cross section เป็นส่วนใหญ่

ชั้น optic nerve layer (layer III) มีเซลล์ใหญ่หลายในปริมาณ 1+ มีขนาด 15-20 um โดยมีขนาดใกล้เคียงกันมาก รูปร่างกลมรี และกระสวย ส่วนใหญ่จะเห็น nucleolus ได้ชัดเจน บางเซลล์พบมี processes 1-2 processes การติดสีของเซลล์มีลักษณะปานกลาง fiber พบได้ในปริมาณ 3+ โดยเป็น cross section เป็นส่วนใหญ่ และติดสีจาง

ชั้น intermediate gray layer (layer IV) พบว่าชั้นนี้มีความใกล้เคียงกับ optic nerve layer มากจึงทำให้ไม่สามารถแยกได้อย่างเด่นชัด โดยเซลล์ที่ใหญ่พบว่ามีปริมาณ 1+ มีขนาด 5-28 um ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลมรี กระสวย หลายเหลี่ยม และไม่มีรูปร่าง เซลล์ครึ่งหนึ่งพบเห็น nucleolus ได้ชัดเจน และพบว่ามี 1-2 processes การติดสีของเซลล์มีลักษณะปานกลาง fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section ติดสีจาง

ในชั้น intermediate white layer (layer V) จะพบว่ามีเซลล์ใหญ่หลายในปริมาณ 2+ มีขนาด 15-25 um มีรูปร่างกลม กกลมรี หลายเหลี่ยม ลักษณะของเซลล์ติดสีค่อนข้างจาง แต่เรียงตัวกันเป็นแถบขาว fiber พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section ติดสีจาง

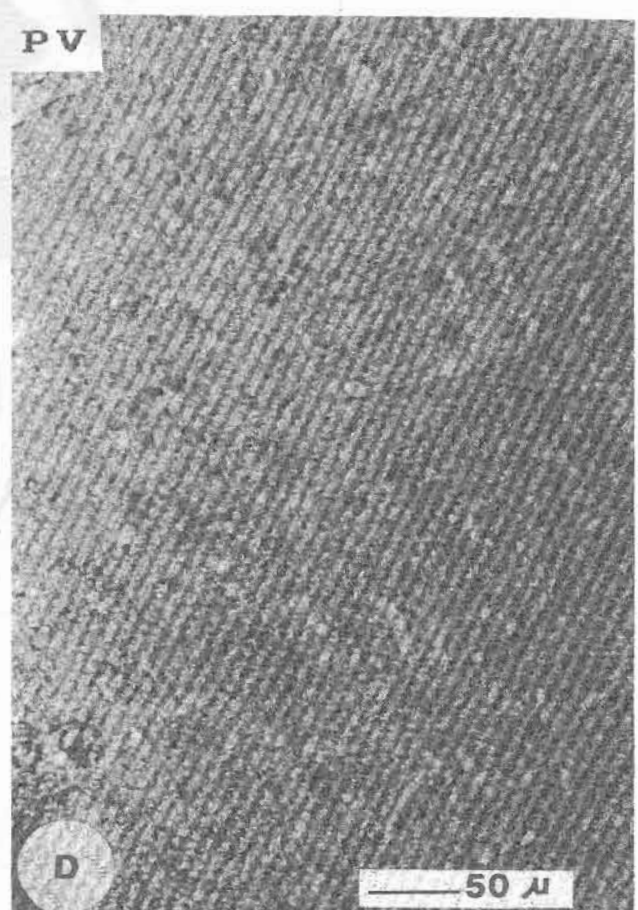
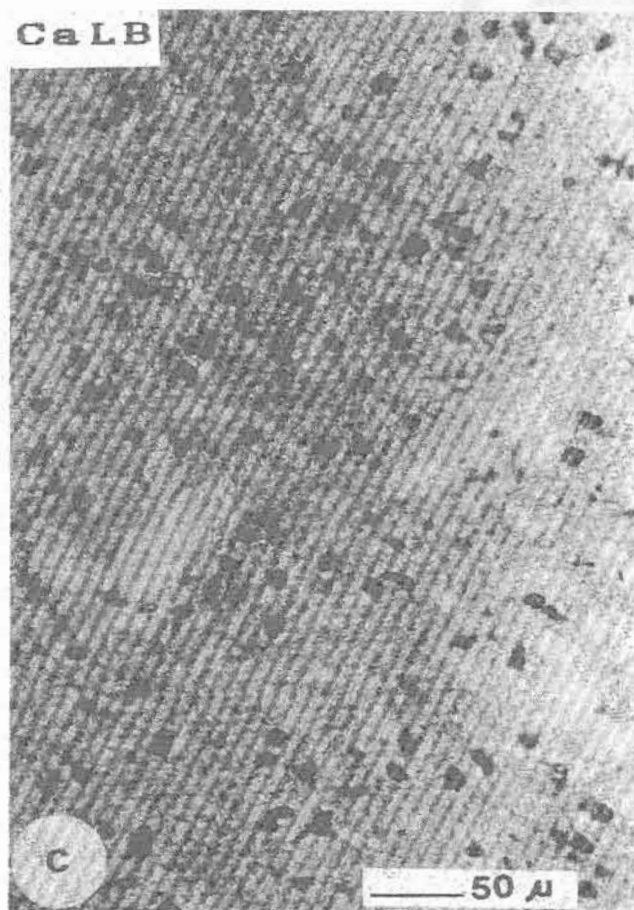
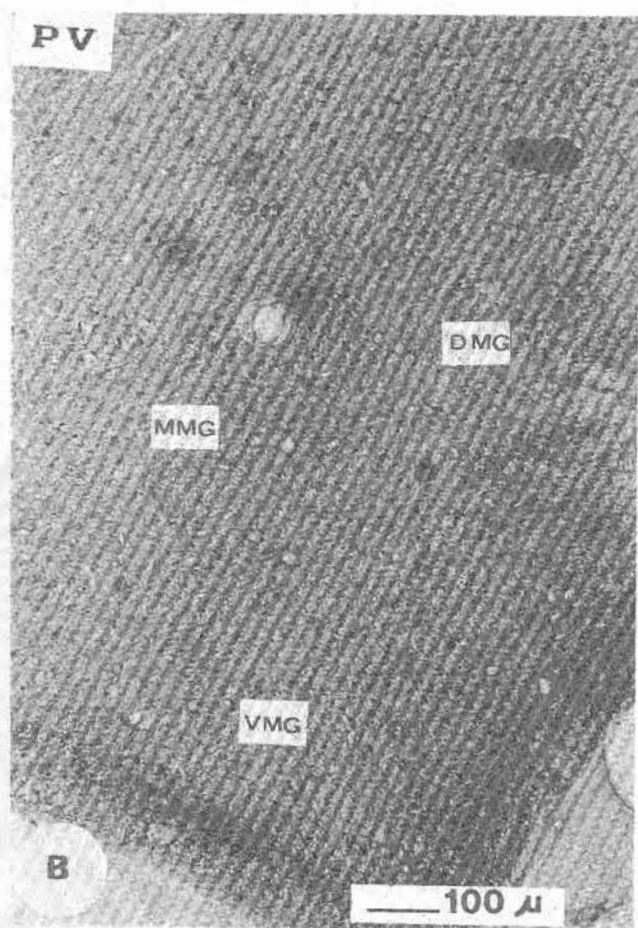
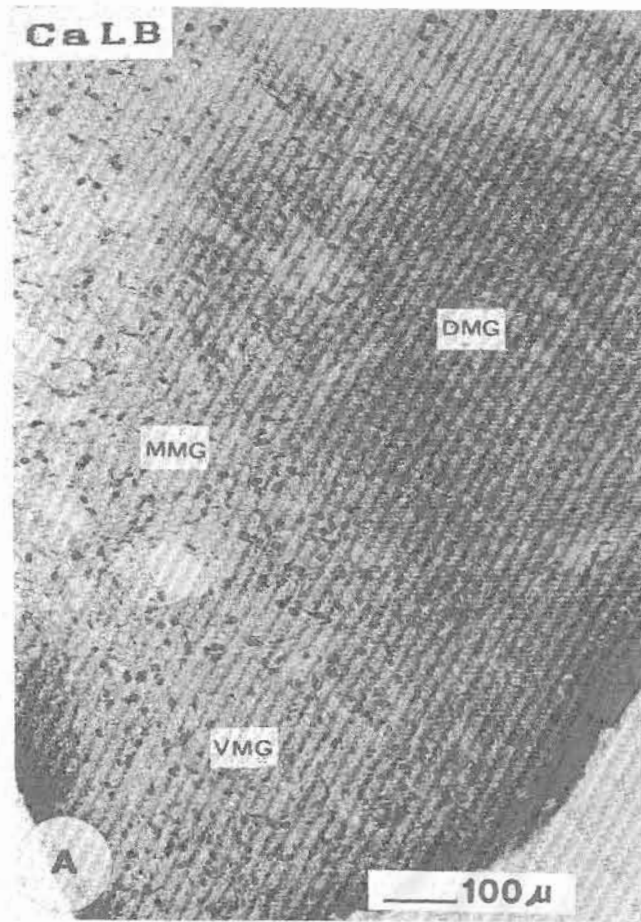
ในชั้น deep gray layer (layer VI) พบมีเซลล์ใหญ่หลายในปริมาณ 2+ โดยมีขนาด 5-28 um มีรูปร่างกลมรี กระสวย หลายเหลี่ยม และไม่มีรูปร่าง เซลล์ครึ่งหนึ่งเห็น nucleolus ได้ชัดเจน และมี 1-2 processes เซลล์ติดสีค่อนข้างจาง fiber พบในปริมาณ 2+-3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน fiber ติดสีจาง และประสานกันเป็นร่างแห

ในชั้น deep white layer (layer VII) พบเซลล์ใหญ่หลายในปริมาณ 1+ มีขนาด 8-25 um รูปร่างกลม และสามเหลี่ยม การกระจายของเซลล์ค่อนข้างสม่ำเสมอและมีมักสังเกตเห็น nucleolus ได้ชัดเจน เซลล์ติดสีปานกลาง ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น long section จึงในแนวขนานกันเป็นแถบ พบ cross section ได้บ้าง

รูปที่ 31 ภาพถ่ายก้านสมองตัดตามขวางระดับ superior colliculus แสดง immunoreac-  
tive neurons และ fibers ในบริเวณต่างๆของ medial geniculate nucleus  
(MG)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

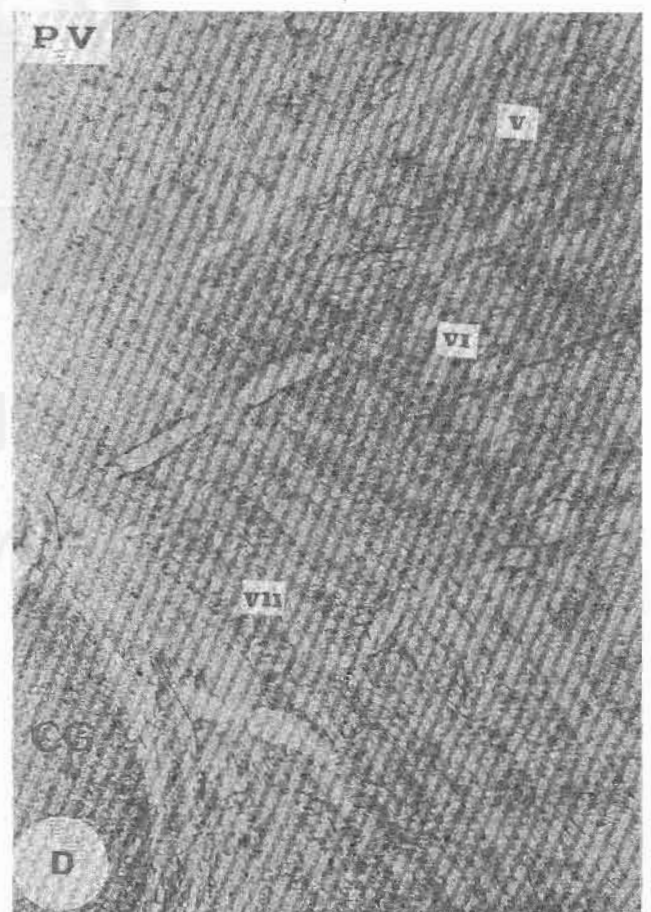
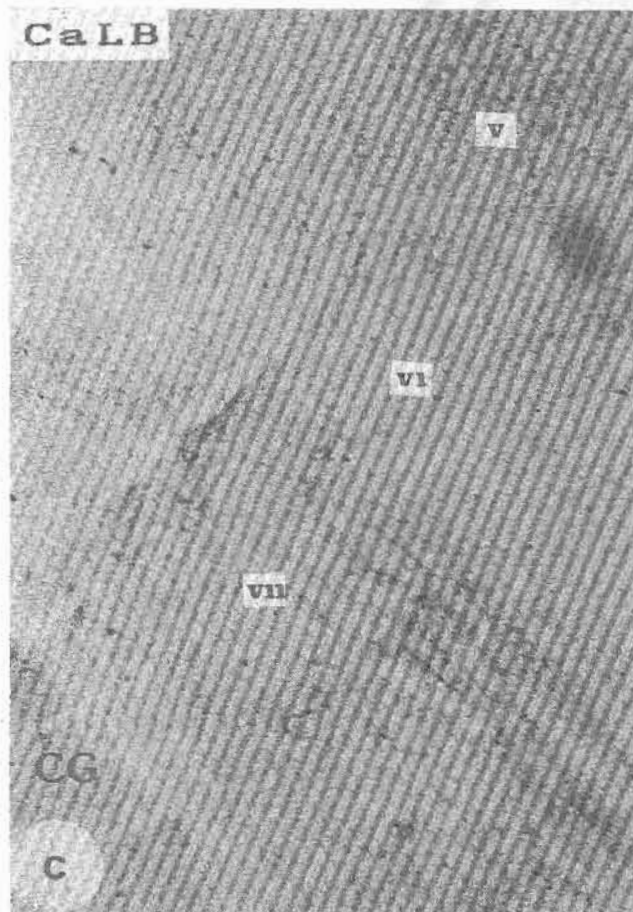
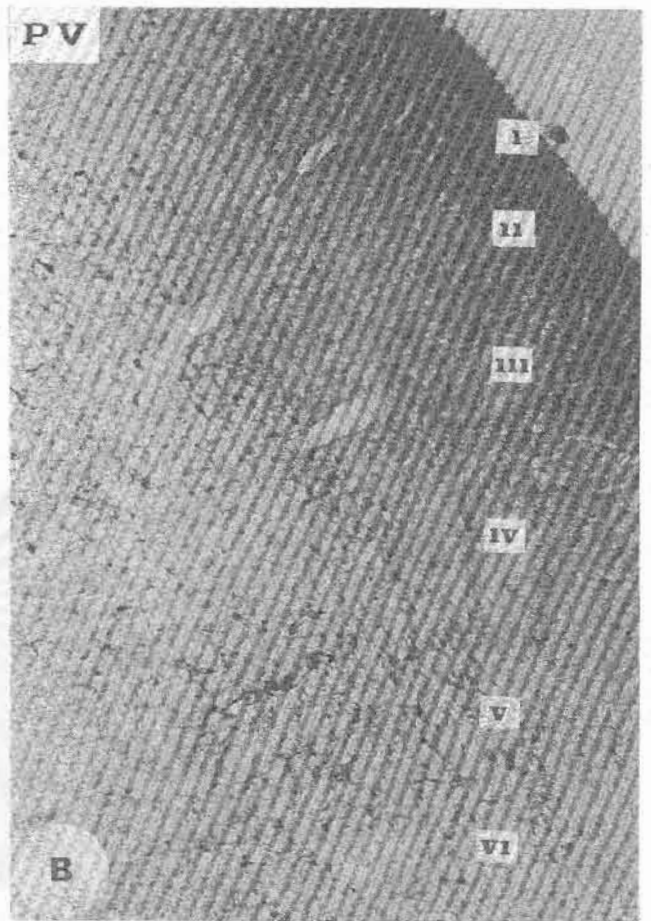
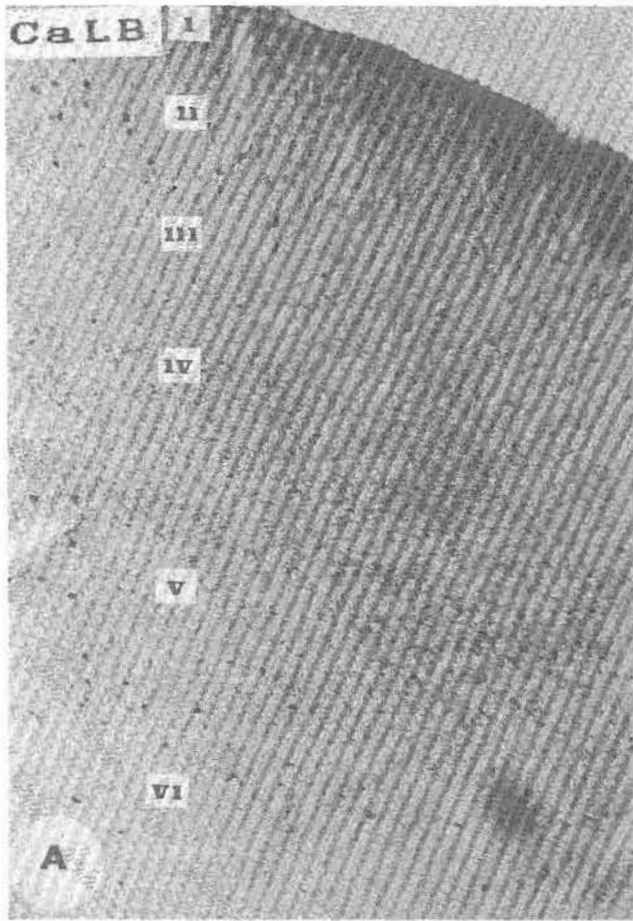




รูปที่ 32 ภาพถ่ายกันสมองตัดตามขวางระดับ superior colliculus แสดง immunoreac-  
tive neurons และ fibers ในบริเวณชั้นต่างๆ ของ superior colliculus  
(SC)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 100  $\mu$

### Brachium inferior colliculus

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ ทั้งหมด พบเป็น cross section ลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนา และติดสีเข้ม (รูปที่ 42I)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ ทั้งหมดเป็น cross section ค่อนข้างหนาและติดสีเข้ม กระจายโดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ (รูปที่ 42I)

### Nucleus brachium inferior colliculus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 5-17  $\mu\text{m}$  เซลล์โดยส่วนใหญ่ ติดสีค่อนข้างจาง เซลล์ที่มีขนาดเล็กจะติดสีเข้มชัดเจน และสามารถเห็น nucleolus ได้ เซลล์พบมีรูปร่างกลม กลมรี กระจายเป็นสามเหลี่ยม ส่วนใหญ่จะเห็น processes ได้ชัดเจน fiber พบมีปริมาณ 1+-2+ ลักษณะประสานกันคล้ายตาข่าย พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน โดยมีลักษณะบางและติดสีค่อนข้างจาง พบแถบ fiber หนาได้บ้างเล็กน้อย (รูปที่ 42I)

Parvalbumin พบมีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 15-20  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างเป็น รูปกลมรี และกระจายเป็น เซลล์มีขนาด 21-25  $\mu\text{m}$  ติดสีเข้มปานกลาง พบบางเซลล์ที่เห็น nucleolus ได้ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section ค่อนข้างบางและติดสีจาง (รูปที่ 42I)

### Retrochubral field

Calbindin - D28k ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber พบว่ามีปริมาณ 2+ โดยมี ลักษณะเป็นหย่อม ๆ ส่วนใหญ่เป็น cross section และติดสีปานกลาง (รูปที่ 42I)

Parvalbumin พบมีเซลล์ซึ่งให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 12-40  $\mu\text{m}$  โดยมี รูปร่างกลม และกลมรี บางเซลล์พบว่าสามารถเห็น nucleolus ได้ชัดเจน ติดสีจางและบาง เซลล์สามารถพบ processes ได้ 1 process อย่างชัดเจน fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะค่อนข้างหนา กระจายอยู่โดยทั่วไป โดยพบสลับกับ แถบของ long section ซึ่งมีลักษณะหนา และติดสีจาง (รูปที่ 42I)

## Tegmental nucleus

### Anterior tegmental nucleus (ATg)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 7-13 um รูปร่างกลม และกลมรี โดยพบว่าคิคลีเซลล์เข้มเด่นชัด มีเพียงเล็กน้อยที่สามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน เซลล์มีการกระจายสม่ำเสมอทั้งบริเวณ ส่วน fiber พบมีปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะหนาและคิคลีเซลล์เข้ม การกระจายของ fiber ใกล้เคียงกันทั้งบริเวณ

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีลักษณะค่อนข้างบางและคิคลีจาง

### Subpeduncular tegmental nucleus (SPTg)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก fiber ให้ผลบวก ในปริมาณ 3+ โดยทางด้าน ventral มี fiber คิคลีค่อนข้างเข้ม ซึ่งโดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น cross section โดยมีความหนาปานกลางคิคลีเซลล์เข้ม

Parvalbumin เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 10-20 um รูปร่างกลม กลมรี เห็น nucleolus ได้ชัดเจน เซลล์พบว่าคิคลีเซลล์เข้ม fiber พบในปริมาณ 2+ โดยพบว่าประสานไขว้กันไม่ก่อกำเนิดทิศทาง พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน มีลักษณะหนาปานกลางและคิคลีจาง

## Raphe nucleus

### Median and paramedian raphe nucleus (MnR, PMR)

Calbindin - D28K พบมีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ เซลล์มีลักษณะคิคลีเซลล์เข้มชัดเจน มีขนาด 10-15 um โดยมีรูปร่างกลมรี และกระสวย ไม่พบว่ามี nucleolus ความหนาแน่น บริเวณ median raphe nucleus มีความหนาแน่นกว่า paramedian raphe nucleus เล็กน้อย ส่วนลักษณะต่าง ๆ ของเซลล์พบว่าใกล้เคียงกัน fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดพบว่า เป็น cross section มีการเรียงตัวเป็นแถบตามขวาง ตลอดทั้ง nucleus โดยมีลักษณะเล็ก และคิคลีจาง

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยมีขนาด 15-20 um มีรูปร่างกลม และกลมรี เซลล์ส่วนใหญ่เห็น nucleolus ได้ชัดเจน ขอบเขตของ nucleus มองเห็นไม่ชัดเจนนัก 1/2 ของเซลล์พบว่าติดสีเข้ม ส่วนที่เหลือติดสีจาง ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 2+ มีลักษณะ เป็นเส้นบางและติดสีจาง

#### Dorsal raphe nucleus (DR)

Calbindin - D28K เซลล์ให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ มีขนาด 12-20 um มีรูปร่างกลม, และกลมรี เซลล์ซึ่งกลมรี มักพบมี process ได้ 1 process เซลล์ในปริมาณครึ่งหนึ่งสามารถที่จะเห็น nucleolus ได้ fiber พบได้ในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น cross section มีขนาดหนาปานกลางและติดสีเข้ม (รูปที่ 42J)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยพบว่าเซลล์มักมีการติดสีที่จางมาก มีขนาด 5-20 um มีรูปร่างกลม กลมรี สามเหลี่ยมและกระสวย สามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน เซลล์ในขนาดเล็กมักติดสีจางมาก fiber พบในปริมาณ 3+ คาดว่าเป็น cross section เป็นส่วนใหญ่ ลักษณะเส้นบาง ติดสีจางกระจายโดยทั่วไป (รูปที่ 42J)

#### Inter collicular nucleus

Calbindin - D28K พบว่าเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ ติดสีเข้มชัดเจน มีขนาด 5-20 um มีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวย บางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้ การกระจายของเซลล์มีความหนาแน่นมากในบริเวณ ventral fiber พบในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน มีลักษณะเป็นเส้นเล็กบางติดสีจาง มีการเรียงตัวเป็นแถบ

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-25 um โดยมีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวยสามารถมองเห็น nucleolus ได้ การติดสีพบว่าติดสีเข้มปานกลาง บางเซลล์เห็น process ได้ชัดเจน เซลล์ขนาดใหญ่มีการกระจายอยู่ในบริเวณ center ของ nucleus ส่วนขนาดเล็กจะกระจายโดยทั่ว ๆ ไป fiber พบในปริมาณ 2+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีลักษณะหนาและติดสีเข้ม

### Pyramidal tract

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น cross section มีลักษณะเป็นเส้นบาง ความหนาแน่นของ fiber ทางด้าน dorsal มีความหนาแน่นมากกว่า ventral (รูปที่ 33A, 39C, 42J, 42K, 42L, 42M)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีขนาดเล็กและคดคี่งาง พบ long section แทรกอยู่บ้าง ตามยาว ขนานกัน โดยมีลักษณะค่อนข้างหนา คดคี่งาง และคดงอ (รูปที่ 33B, 39D, 42J, 42K, 42L, 42M)

### Trapezoid body

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 1+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น long section กระจุกกันเป็นแถบยาว 4-5 um ในแนวขวาง ลักษณะเส้นเล็กมาก สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก (รูปที่ 33A, 42J)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ ลักษณะคล้ายกับของ calbindin - D28K ทั้งหมดพบเป็น long section มีการรวมกลุ่มเป็นแถบ และวิ่งในแนวขวางขนานกัน ลักษณะ fiber ค่อนข้างยาว และคดคี่งาง (รูปที่ 33B, 42J)

### Nucleus trapezoid body

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยรวมเห็นเป็นกลุ่มอย่างเด่นชัด ขนาดของเซลล์มีขนาดใกล้เคียงกัน คือ 15-20 um ส่วนใหญ่มีลักษณะกลม และกลมรี เซลล์เพียงส่วนน้อยสามารถเห็น nucleolus ได้ และบางเซลล์พบมี process 1 process ปริมาณ fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 2+ เป็น fiber ชนิด cross section คดคี่งาง มีขนาดหนา และกระจายสม่ำเสมอทั้งบริเวณ (รูปที่ 33A, 34A, C, 42J)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มอย่างหนาแน่น เซลล์พบว่า มีขนาด 13-20 um แต่ส่วนใหญ่มีขนาด 16-20 um มีรูปร่างกลมรี กระสวย สามเหลี่ยม สามารถเห็น nucleolus ได้ ในบางเซลล์ และเซลล์รูปร่างสามเหลี่ยมมักเห็น process ได้ชัดเจน 1 process ลักษณะการคดคี่งางของเซลล์บริเวณนี้ พบว่าคดคี่งางกลาง fiber พบในปริมาณ 2+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน มีความหนาปานกลาง คดคี่งาง มีทิศทางการวิ่งไม่แน่นอน (รูปที่ 33B, 34B, D, 42J)

### Rhabdoid nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-25 um มีรูปร่างกลมรี และกระสวย ลักษณะของเซลล์คิคลีเซลล์ เห็น nucleolus ชัดเจน เซลล์รูปกลมรี จะพบมี 1 process fiber พบในปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่เป็น long section มีขนาดหนาและ คิคลีเซลล์ มักเรียงตัวในแนวขนานกัน พบ cross section บ้างเล็กน้อย โดยมีลักษณะหนาและคิคลีเซลล์ เช่นกัน (รูปที่ 42L)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก คาดว่าพบในปริมาณ 2+ โดยเป็น cross section ทั้งหมด และคิคลีเซลล์จางมาก (รูปที่ 42L)

### Periolivary nucleus

Calbindin - D28K Periolivary nucleus (รูปที่ 33C) บริเวณ superior nucleus พบเซลล์ส่วนใหญ่มีขนาด 12-20 um โดยมีรูปร่างกลม และกลมรี การคิคลีเซลล์ พบว่าปานกลาง และไม่เห็น nucleolus ได้ ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section มีขนาดหนาและคิคลีเซลล์ พบ long section เส้นเล็กบางกระจายระเนนบ้างทั่วไป

บริเวณ ventral periolivary nucleus พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยมีขนาด 12-17 um มีรูปร่างกลม และกลมรี คิคลีเซลล์ กระจายห่าง ๆ กัน ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+-3+ มีลักษณะส่วนใหญ่เป็น cross section คิคลีเซลล์จาง และบางกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ

ในบริเวณของ rostral periolivary region พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ ซึ่งเซลล์ที่ให้ผลบวกพบอยู่ทางด้านบนของบริเวณเท่านั้น มีขนาด 12-17 um รูปร่างกลม และกลมรี คิคลีเซลล์ ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะเป็นเส้นบางและคิคลีเซลล์จางมาก พบทั้ง long และ cross section

Parvalbumin Periolivary nucleus (รูปที่ 33D) ในบริเวณ superior nucleus พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ เซลล์มีขนาด 15-20 um มีลักษณะคิคลีปานกลาง มีรูปร่างกลม และกลมรี กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section มีความหนาปานกลางและคิคลีเซลล์ค่อนข้างเข้ม มีการกระจายโดยสม่ำเสมอ

ในบริเวณ ventral periolivary nucleus พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 12-20 um มีรูปร่างกลมและกลมรี มีลักษณะคิคลีปานกลาง ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+



โดยทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะบางคิคลีจางกระจายอย่างสม่ำเสมอ

ในบริเวณ rostral periolivary region พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยมีขนาด 15-24  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม คิคลีเข้ม และเห็น nucleolus ได้ชัดเจน ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ เช่นกันโดยทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะหนาและคิคลีเข้ม กระจายโดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ

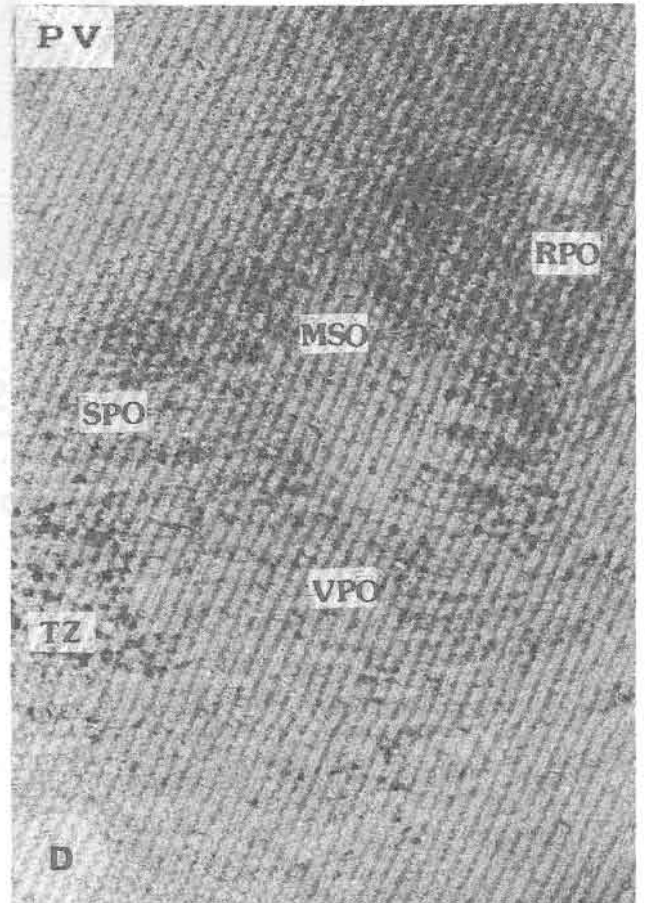
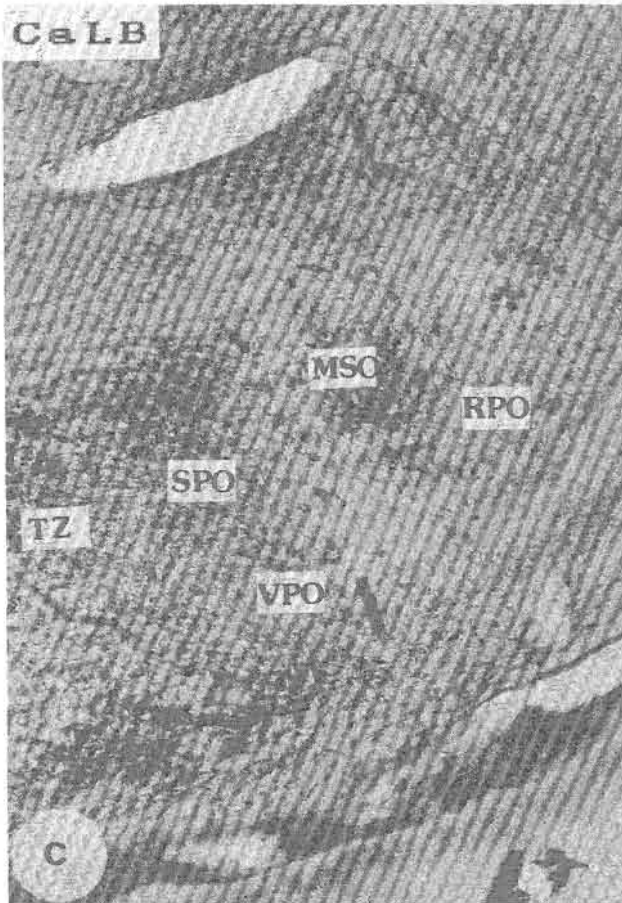
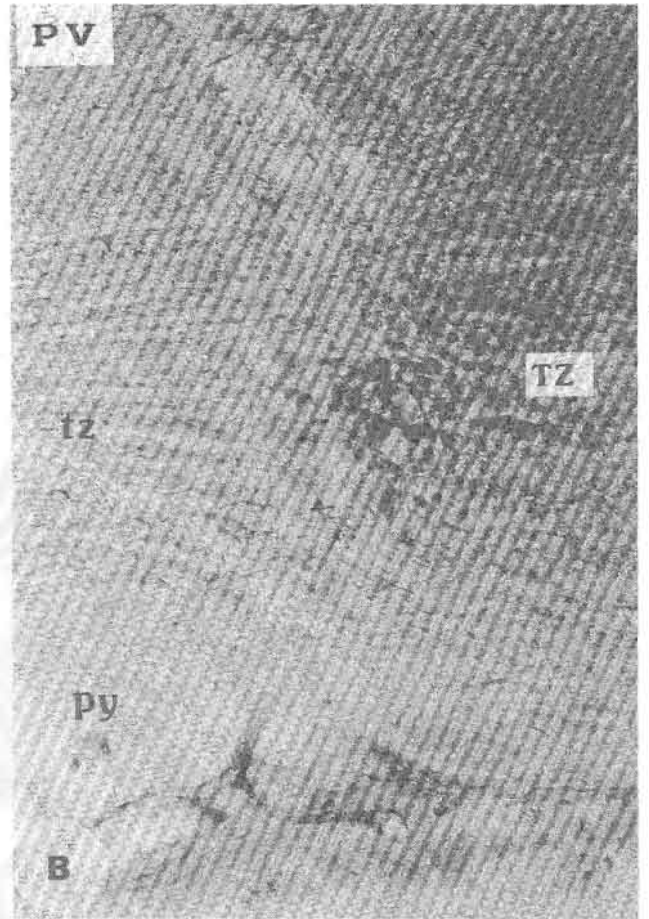
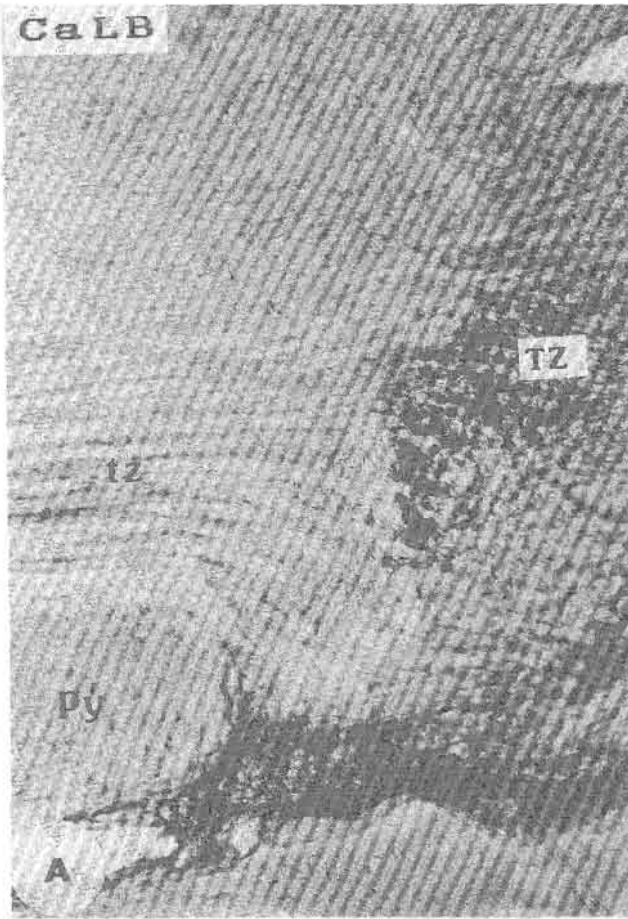
### Superior olive

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยเซลล์มีขนาด 15-25  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม กลมรี และกระสวย ลักษณะคิคลีเข้ม และรวมกันเป็นกลุ่มอย่างเด่นชัด พบว่าบางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+-4+ พบทั้ง long และ cross section มีลักษณะเป็นเส้นหนานกลางและคิคลีเข้ม (รูปที่ 33C)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 12-20  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม และกลมรี คิคลีเข้ม กระจายโดยทั่วไป ไม่เห็น nucleolus หรือ processes ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ ส่วนใหญ่เป็น cross section ลักษณะบาง และคิคลีเข้มกระจายทั่วไป (รูปที่ 33D)

รูปที่ 33 ภาพถ่ายก้านสมองตัดตามขวางระดับ inferior colliculus แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน pyramidal tract (py) , trapezoid body (tz) , trapezoid nucleus (TZ) , periolivary nucleus (PO) และ superior olive (SO)

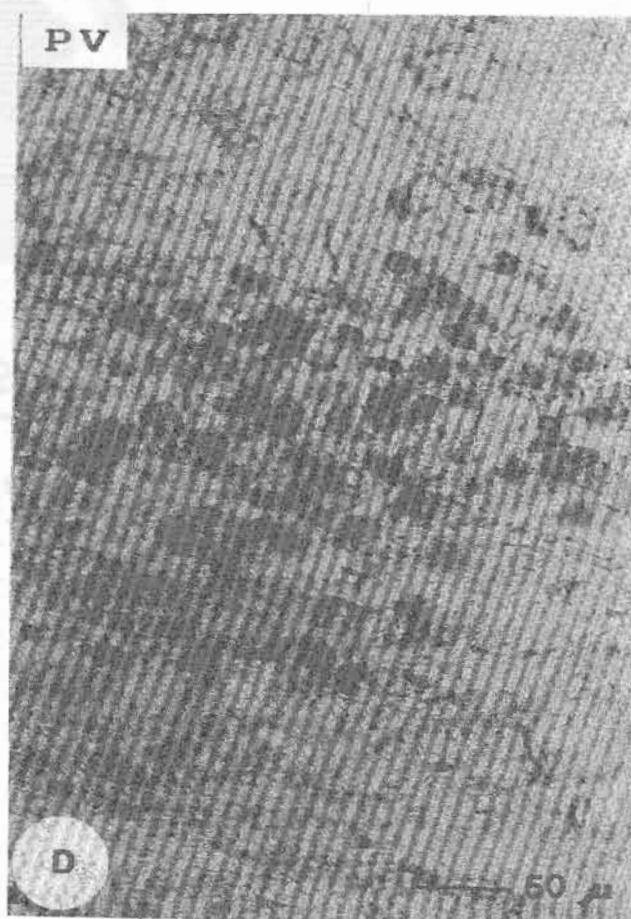
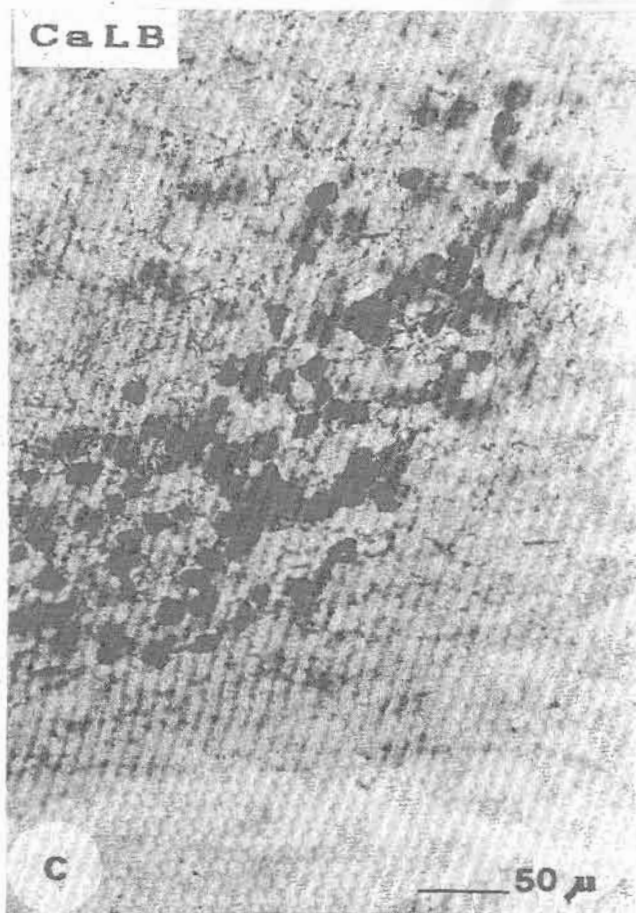
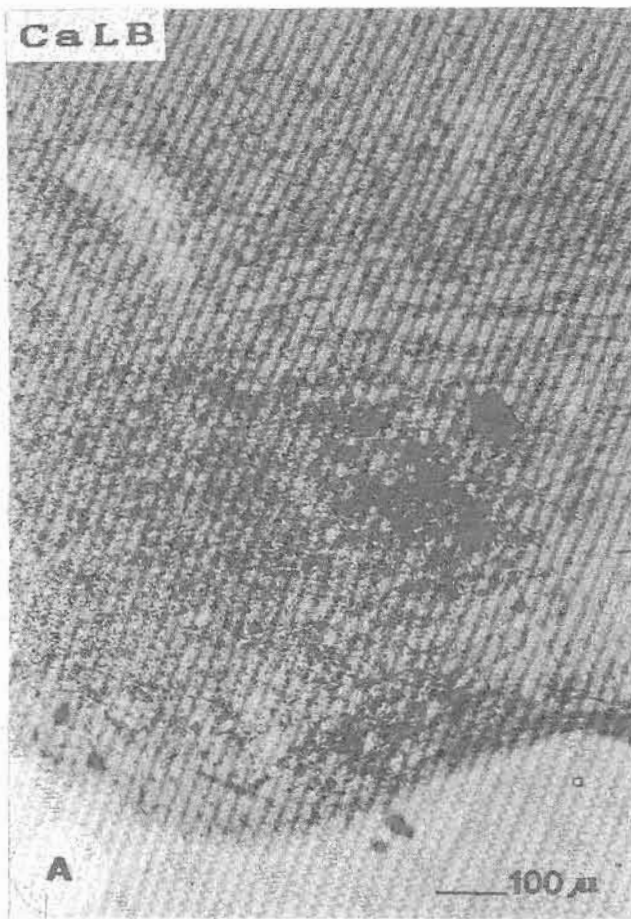
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



—100 μ

รูปที่ 34 ภาพถ่ายก้านสมองตัดตามขวางระดับ inferior colliculus แสดง immunoreac-  
tive neurons และ fibers ใน trapezoid nucleus (TZ) (ปลายศรีษะ)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Inferior colliculus

**Calbindin - D28K** ในบริเวณของ external cortex inferior colliculus (รูปที่ 35A, 36C, 42J) พบว่าในชั้นที่ 1 และ 2 พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ มีขนาด 10-15 um มีลักษณะกลม และกลมรี เห็น nucleolus ชัดเจน บางเซลล์พบว่ามี process 1 process การกระจายของเซลล์สม่ำเสมอ fiber พบในปริมาณ 4+-5+ โดยพบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน ลักษณะ long section มีการประสานกันไปมาคล้ายร่างแห มีความหนาปานกลางและคิสิกส์เข้มชัด ในชั้นที่ 3 พบว่ามีเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-14 um รูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์คิสิกส์ปานกลางและส่วนใหญ่เห็น nucleolus ชัดเจน เซลล์ที่พบมี 1-2 processes โดยมีลักษณะเป็นเส้นบางคิสิกส์จาง fiber พบในปริมาณ 4+ โดยเกือบทั้งหมดพบว่าเป็น cross section ลักษณะเส้นบางและคิสิกส์จางมาก มี long section กระจายอยู่บ้าง โดยมีลักษณะบางและคิสิกส์จางเช่นกัน

ในบริเวณ central nucleus inferior colliculus (รูปที่ 35A, 42J) ไม่พบเซลล์ ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ลักษณะของ fiber สั้น เกือบได้ไม่ชัด เจน คาดว่าเป็น cross section ทั้งหมด

บริเวณ dorsal cortex inferior colliculus (รูปที่ 35A, 42J) พบเซลล์ให้ผลบวก ในปริมาณ 2+ โดยบริเวณที่ติดกับ commissure มีลักษณะที่คิสิกส์เข้มกว่าในบริเวณอื่น ๆ เซลล์ มีขนาด 8-20 um โดยส่วนใหญ่มีลักษณะกลม และกลมรี เห็น nucleolus อย่างชัดเจน พบ เซลล์มีลักษณะเป็นรูปกระสวยบ้างเล็กน้อย และพบมี process 1 process ปริมาณ fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+-3+ โดยมีความหนาแน่นในบริเวณที่ติดกับ commissure มากกว่าบริเวณ อื่น ๆ fiber ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น cross section มีความหนาและคิสิกส์ปานกลางพบ long section กระจายโดยทั่วไปเล็กน้อย โดยมีลักษณะเป็นเส้นบาง และคิสิกส์เข้ม

**Parvalbumin** บริเวณ external cortex (รูปที่ 35B, 36D, 42J) ในชั้นที่ 1 และ 2 ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section วิ่งในแนวขนานกันตามแนวยาวอย่างหลวม ๆ พบปริมาณ cross section fiber ะบอบอยู่ในปริมาณเล็กน้อย ลักษณะของ fiber คิสิกส์จางและค่อนข้างบาง ในชั้นที่ 3 พบเซลล์ให้ ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-25 um มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยมบ้างเล็กน้อย การกระจายของเซลล์พบมีการกระจายโดยสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ การคิสิกส์ของเซลล์ มีความเข้มปานกลาง บางเซลล์พบว่า มี process 1 process ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section fiber คิสิกส์จาง และมีลักษณะหนากระจายโดยทั่วไป ทิศทาง ของ fiber มีทิศทางไม่แน่นอน

ในชั้น central nucleus inferior colliculus (รูปที่ 35B, 42J) เซลล์ซึ่งให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-25  $\mu\text{m}$  ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม และกลมรี สามารถเห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน การกระจายของเซลล์พบว่าสม่ำเสมอ เซลล์มีลักษณะติดสีเข้ม ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+–4+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีความหนา และติดสีปานกลาง พบ long section กระจายโดยทั่วไปในปริมาณเล็กน้อย โดยมีความหนาและติดสีปานกลางเช่นกัน

ในบริเวณ dorsal cortex inferior colliculus (รูปที่ 35B, 42J) พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ เซลล์มีขนาด 10-15  $\mu\text{m}$  มีลักษณะกลม และกลมรี ทั้งหมด เซลล์โดยส่วนใหญ่มีลักษณะติดสีเข้ม เห็น nucleolus ชัดเจน และบางเซลล์พบมี 1 process การกระจายของเซลล์สม่ำเสมอทั่วบริเวณ fiber พบในปริมาณ 3+–4+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยบริเวณที่ติดกับ commissure inferior colliculus พบในปริมาณ 3+ ลักษณะ fiber มีลักษณะบางเล็กและติดสีปานกลาง

#### Rubrospinal tract

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section มีลักษณะหนาและติดสีปานกลาง มีทิศทางการวิ่งไม่แน่นอน

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่า fiber มีลักษณะค่อนข้างหนาและติดสีเข้มชัดเจน ลักษณะ long section fiber วิ่งในแนวขนานกันตลอดความยาว

#### Pontine reticular nucleus

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก พบ fiber ในปริมาณ 3+ โดยมีการประสานกันของ long section เป็นร่างแห และมี cross section กระจายอยู่ภายในร่างแห ลักษณะ fiber ชนิด cross section มีลักษณะค่อนข้างหนา และติดสีเข้ม ส่วน long section ติดสีจางมาก (รูปที่ 42J)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ เซลล์ที่พบมีขนาด 20-60  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลมกลมรี กระสวย และหลายเหลี่ยม ลักษณะการติดสีค่อนข้างจาง โดยพบว่ามีเพียงบางเซลล์ซึ่งติดสีเข้ม เซลล์โดยส่วนใหญ่พบว่ามี 1-2 processes อย่างชัดเจน การกระจายของเซลล์พบสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross

section ในปริมาณใกล้เคียงกัน long section มีการประสานกันจนคล้ายร่างแห ภายในร่างแหพบ cross section กระจายโดยทั่วไป fiber มีลักษณะหนาติดสีเข้ม ส่วน long section สังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก (รูปที่ 42J)

#### Subcaeruleus nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 15-30  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม และกลมรี ในบริเวณ dorsal นั้น เซลล์ที่พบจะมีขนาดเล็กกว่าทางด้าน ventral เซลล์ส่วนใหญ่พบว่าสามารถเห็น processes ได้ เซลล์ค่อนข้างติดสีปานกลาง บางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ซึ่งมีขนาดเล็กได้ชัดเจน fiber พบในปริมาณ 3+ มีลักษณะเรียงตัวเป็นร่างแหของ long section มี cross section กระจายเป็นกลุ่มภายในร่างแห ลักษณะของ fiber มีขนาดเล็ก และติดสีจางมาก พบมีลักษณะหนาติดสีเข้มปะปนบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 42J)

Parvalbumin เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณเพียง 0-1+ โดยติดสีจางมาก สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+-4+ โดยทางด้าน dorsal มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ fiber เป็น cross section เกือบทั้งหมด พบ long section ปะปนบ้างในปริมาณเล็กน้อย (รูปที่ 42J)

#### Peritrigeminal zone

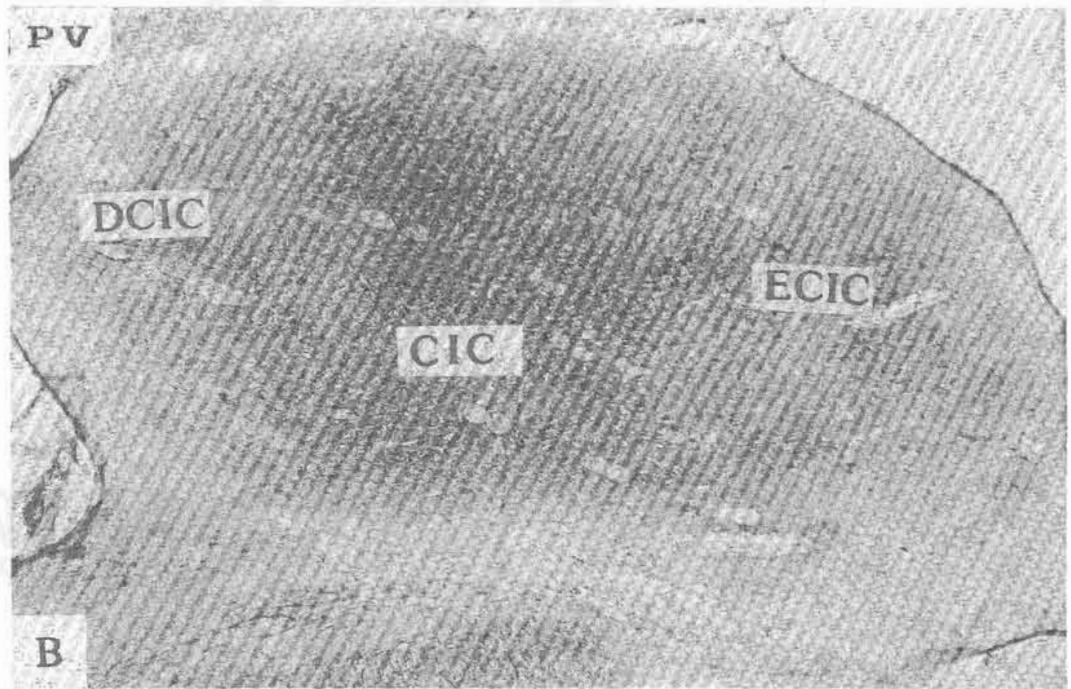
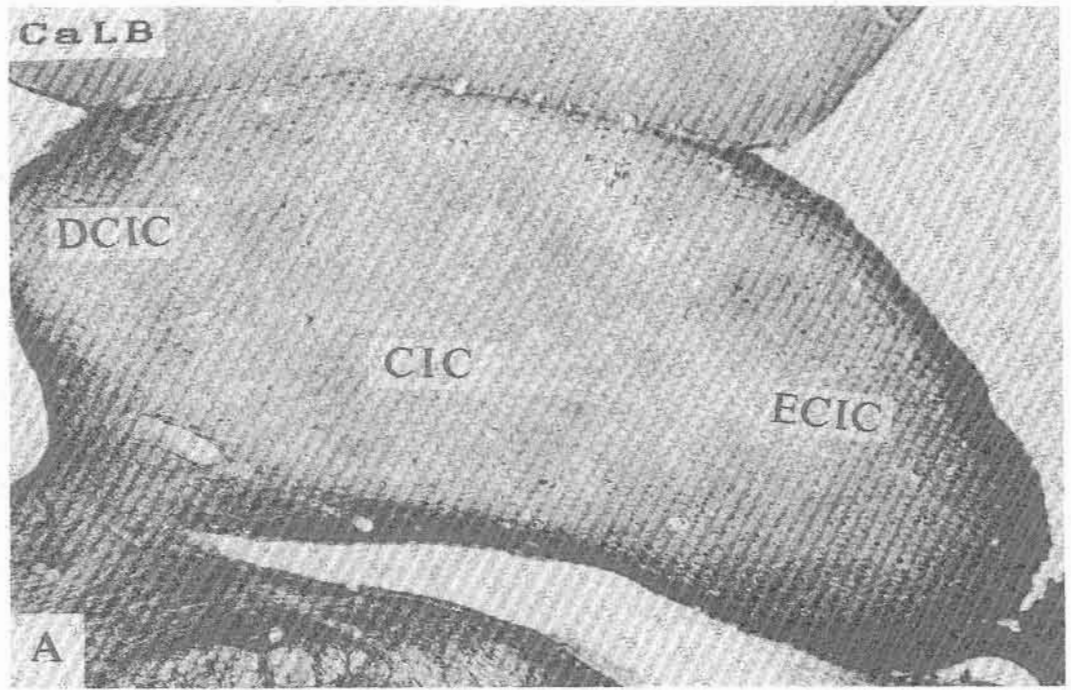
Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 30  $\mu\text{m}$  รูปร่างหลายเหลี่ยม ติดสีจางเห็น nucleolus ขนาดเล็กปริมาณ fiber พบในปริมาณ 2+ โดยมีการกระจายมีลักษณะเป็นร่างแห fiber มีลักษณะเป็นเส้นบางติดสีจาง พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน

Parvalbumin เซลล์ให้ผลบวกพบในปริมาณ 0-1+ เซลล์ที่พบมีขนาด 10-15  $\mu\text{m}$  มีลักษณะกลม ติดสีปานกลาง ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section โดย long section มีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มกัน คล้ายร่างแห มีสีจาง ส่วน cross section มีลักษณะหนาปานกลางติดสีเข้ม รวมกลุ่มกันอยู่ภายในร่างแหนั้น



รูปที่ 35 ภาพถ่ายก้านสมองตัดตามขวางระดับ inferior colliculus แสดง immunoreac-  
tive neurons และ fibers ในบริเวณต่างๆของ inferior colliculus  
(IC)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 200  $\mu$ m

### Motor trigeminal nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ โดยเซลล์มีขนาด 5-10 um มีลักษณะกลมติดสีเข้มทึบ เห็น process 1 process ชัดเจน และมีความหนาแน่นค่อนข้างมากกว่าบริเวณอื่นในบริเวณที่ติดกับ motor root trigeminal nerve fiber พบในปริมาณ 4+ โดยเกือบทั้งหมดพบเป็น long section ติดสีน้ำตาลปานกลาง บริเวณ motor root trigeminal nerve ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ ทั้งหมดเป็น long section ขนาดหนาติดสีปานกลาง (รูปที่ 36A)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 10-15 um มีรูปร่างกลม ติดสีปานกลาง fiber พบในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section โดย long section พบว่ามีการรวมกลุ่มประสานกัน เป็นร่างแห ติดสีจางมาก ส่วน cross section มีการกระจายโดยทั่วไป อยู่ภายในร่างแห มีลักษณะติดสีเข้ม ความหนาปานกลาง ในบริเวณของ motor root trigeminal nerve ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก พบเพียง fiber ใน ปริมาณ 1+-2+ มีลักษณะเป็น long section ทั้งหมดวางในแนวขนานกัน ความหนาแน่นของ fiber ในบริเวณ center หนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ fiber เพียงเล็กน้อยมีลักษณะหนาติดสีเข้ม (รูปที่ 36B)

### Motor root trigeminal nerve

Calbindin - D28k ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 2+ โดยเป็น cross และ long section ในปริมาณใกล้เคียงกัน มีลักษณะหนาปานกลางติดสีจางและเข้มปนกัน และวางในแนวขนานกัน มีลักษณะเป็นแถบ (รูปที่ 36A)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 2+-3+ มีลักษณะติดสีปานกลาง และเข้มปนกัน พบส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะรวมกลุ่มกันเป็นแถบในแนวขนานกัน (รูปที่ 36B)

### Principle sensory trigeminal nucleus

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 2+-3+ เกือบทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะบางติดสีปานกลาง (รูปที่ 36A)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-18 um มีรูปร่างกลมและ

กลมรี คีคสีเข้มกระจายอย่างสม่ำเสมอ ส่วน fiber ใหญ่พบมากในปริมาณ 2+-3+ โดยในบริเวณที่ติดกับ motor root trigeminal nerve มีความหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ๆ fiber โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีขนาดหนานกลางและคีคสีค่อนข้างเข้ม

### Tegmental nucleus

#### Dorsal tegmental nucleus (DTg)

Calbindin - D28K พบเซลล์ใหญ่พบมากในปริมาณ 3+ โดยมีขนาด 10-15 um เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างกลมทั้งหมด และมักเห็น nucleolus ชัดเจน เซลล์มักมีการรวมกลุ่มกัน การคีคสี พบว่า คีคสีปานกลาง fiber พบมีปริมาณ 3+-4+ สังเกตลักษณะ ได้ไม่ชัดเจนนัก มีลักษณะเป็นแถบหนา ส่วน cross section จะพบว่า มีความหนาและคีคสีปานกลางบ้างเล็กน้อย

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งใหญ่พบมาก ส่วน fiber พบได้ในปริมาณ 4+ เป็น cross section ทั้งหมด โดยมีความกลมกลืนไปกับบริเวณ central gray

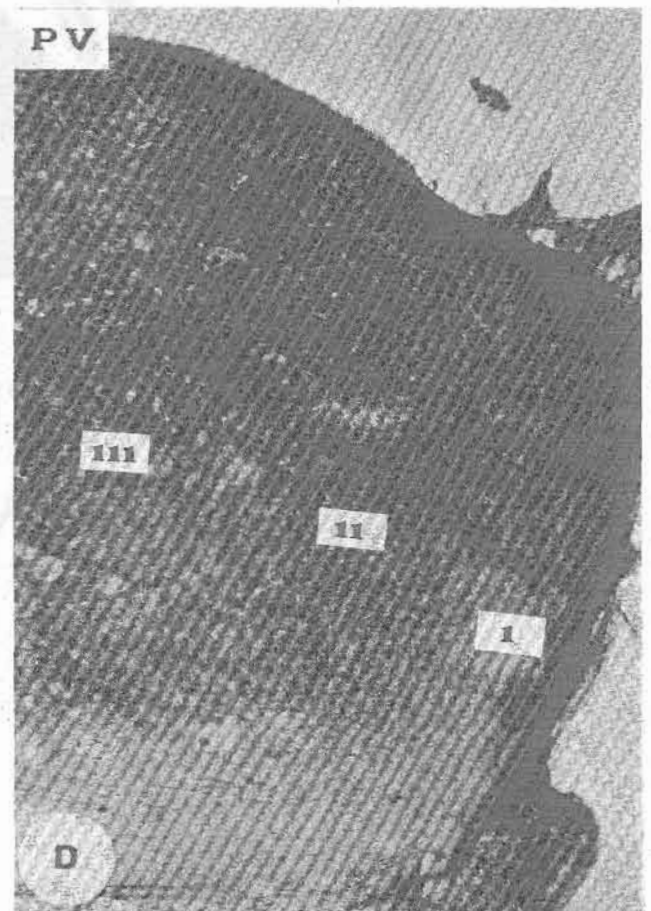
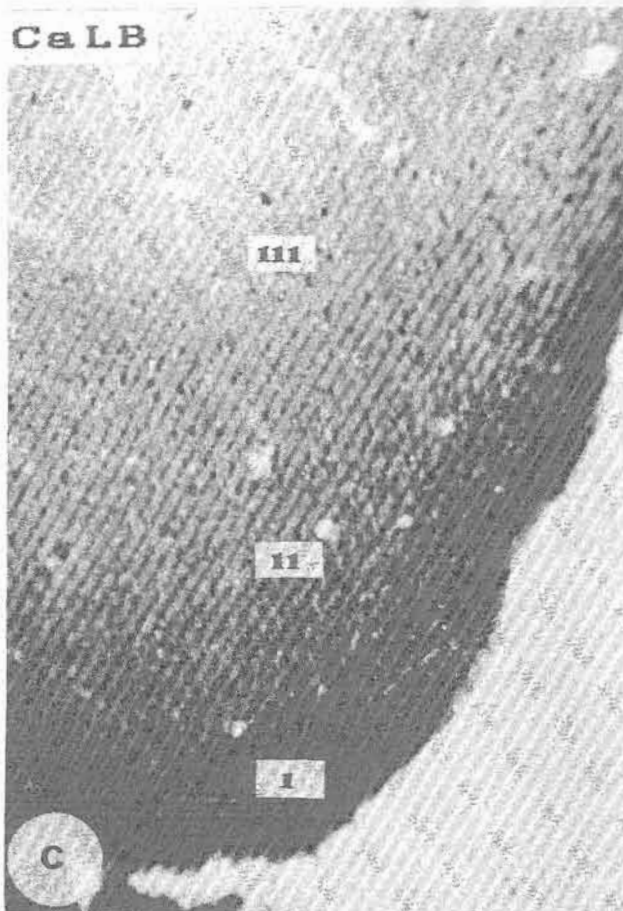
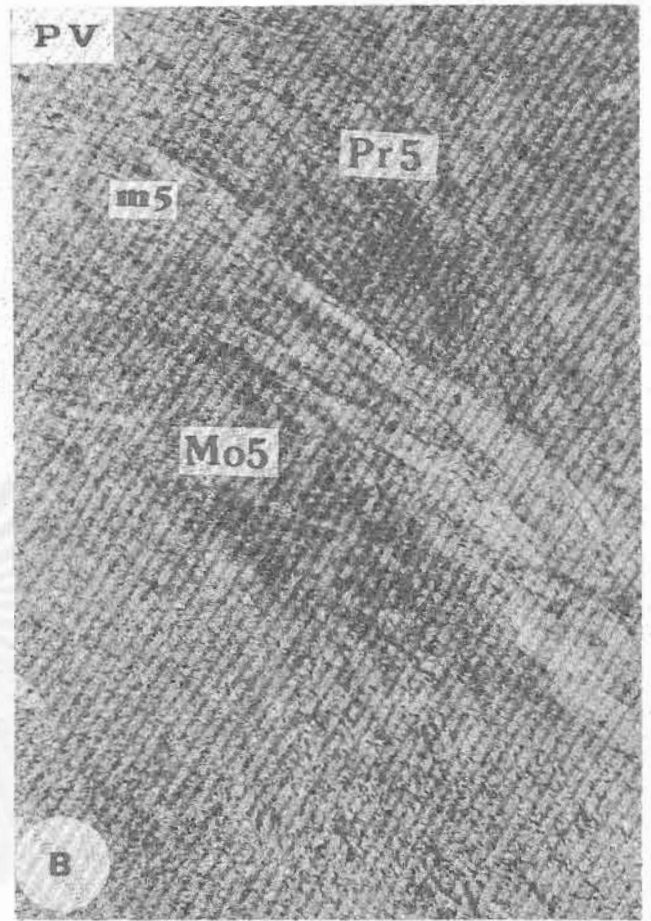
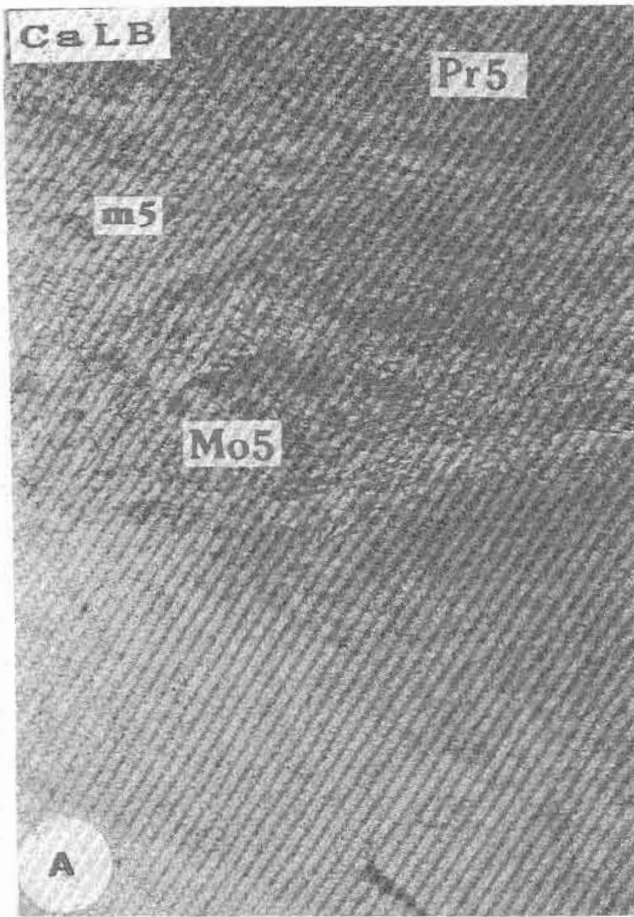
#### Ventral tegmental nucleus (VTg)

Calbindin - D28K พบเซลล์ใหญ่พบมากในปริมาณ 0-1+ เซลล์มีขนาด 23 um คีคสีจางมาก มีรูปร่างกลมรี เห็น process ได้ 1 process fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเป็นกลุ่มของ long section วิ่งในแนวขนานกัน ลักษณะ fiber คีคสีจาง และมีขนาดค่อนข้างบาง พบ cross section บ้างเล็กน้อยคีคสีจางเช่นกัน

Parvalbumin พบเซลล์ใหญ่พบมากในปริมาณ 2+ มีขนาด 15-30 um มีรูปร่างกลม และกลมรี เซลล์ขนาดใหญ่ มี process 1 process และมักเห็น nucleolus ขนาดเล็กได้ชัดเจน การคีคสีของเซลล์มีการคีคสีปานกลาง ปริมาณ fiber พบว่าใกล้เคียงกับ fiber บริเวณข้างเคียงคือพบในปริมาณ 3+ มีลักษณะเป็น long section ที่ประสานกันเป็นร่างแห มี fiber ชนิด cross section รวมกันทางด้านในลักษณะ fiber ค่อนข้างหนาและคีคสีเข้ม

รูปที่ 36 ภาพถ่ายกันสมองตัดตามขวางระดับ inferior colliculus แสดง immunoreac-  
tive neurons และ fibers ใน motor root trigeminal nerve (m5) ,  
motor trigeminal nucleus (M5) , principal sensory trigeminal  
nucleus (Pr5) และ external cortex ของ inferior colliculus  
(ECIC)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 100  $\mu$

### Lateral tegmental nucleus (LTg)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ เซลล์ที่พบมีขนาด 15-25 um รูปร่างมีลักษณะกลมรี และกระสวย คติสีเข้ม บางเซลล์สามารถเห็น nucleolus ได้ และบางเซลล์พบมี process 1 process fiber พบในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง cross และ long section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนาและคติสีเข้ม

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลมากในบริเวณนี้ ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ โดยสังเกตเห็น fiber ไม่เด่นชัดนัก คาดว่าเกือบทั้งหมดเป็น cross section ส่วน long section พบได้บ้าง เพียงเล็กน้อย เห็นลักษณะเป็นเส้นบางเล็กคติสีปานกลาง

### Cerebellum

Calbindin - D28K Cerebellum (รูปที่ 37A, C, 420) ในชั้นของ molecular layer เซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 3+ มีขนาด 3-5 um ลักษณะกลมคติสีเข้มทึบ การกระจายของเซลล์ค่อนข้างเป็นระเบียบ โดยมีระยะห่างใกล้เคียงกัน ไม่พบว่ามี process หรือ nucleolus fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 4+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber มีขนาดหนาคติสีปานกลาง แต่ cross section จะคติสีเข้ม ลักษณะของ long section กระจุกกันอย่างเป็นระเบียบ ในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว ส่วน cross section มีการกระจายปะปนโดยทั่วไป

ในชั้นของ Purkinje cell layer พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 4+ มีขนาด 20-32 um ทั้งหมดมีรูปร่างกลมรี การคติสีพบว่ามีลักษณะปานกลาง การเรียงตัวของเซลล์พบว่าเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ โดยมีระยะห่างระหว่างเซลล์เท่า ๆ กัน fiber พบว่ามีปริมาณ 2+-3+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section มีลักษณะหึ่งงอและเป็นเส้นบางคติสีจางส่วน cross section มีลักษณะหนากระจายปะปนโดยทั่วไป

ในชั้น granular cell layer ไม่พบเซลล์ให้ผลมากในบริเวณนี้ ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 2+-3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section ที่มีลักษณะบางและคติสีจาง แต่ long section พบได้บ้างในปริมาณเล็กน้อยมีลักษณะเส้นบางและคติสีเข้ม

Parvalbumin Cerebellum (รูปที่ 37B, D, 420) ในชั้นของ molecular layer พบมีเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 3+-4+ โดยมีขนาด 3-10 um เป็นเซลล์ที่มีลักษณะกลมรีคติสีเข้มกระจายโดยทั่วไป เซลล์ขนาดใหญ่มักจะมีคติสีจางกว่าและไม่พบว่ามี nucleolus เซลล์พบว่ากระจายโดยสม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ fiber พบในปริมาณ 4+-5+ โดยพบทั้ง long และ

cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber มีลักษณะคดสีปานกลางที่เป็น long section มักมีทิศทางการวิ่งในแนวขนานกันอย่างเป็นระเบียบ

ในชั้นของ Purkinje cell layer พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3<sup>+</sup>-4<sup>+</sup> โดยมีขนาด 20-30 um โดยเกือบทั้งหมดมีรูปร่างกลมรี เซลล์มีการเรียงตัวกันมากกว่า 1 ชั้น ในบางบริเวณการคดสีของเซลล์พบมีทั้งคดสีปานกลางจนถึงเข้ม เซลล์โดยส่วนใหญ่จะเห็น nucleolus ขนาดเล็กได้ การเรียงตัวของเซลล์พบว่ามีการห่างกันสม่ำเสมอ fiber พบในปริมาณ 3<sup>+</sup>-4<sup>+</sup> ส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะหนาคดสีปานกลาง พบ long section กระจายแทรกตัวอยู่โดยทั่วไป

ในชั้น granular cell layer ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก แต่พบว่ามี fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2<sup>+</sup> ลักษณะคดสีเข้มเห็นเด่นชัด long section fiber คดสีเข้ม และขนาดหนาวิ่งในแนวขนานกัน ส่วน cross section สังเกตได้ไม่ชัดเจนนัก

#### Abducens nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1<sup>+</sup> เซลล์มีขนาด 15-20 um โดยมีรูปร่างกลม, กลมรีและสามเหลี่ยม ลักษณะของเซลล์คดสีเข้มโดยชัดเจน พบว่าบางเซลล์มีมากกว่า 2 processes ไม่เห็น nucleolus การกระจายของเซลล์ทางด้าน dorsal มีความหนาแน่นกว่าด้าน ventral fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 2<sup>+</sup> โดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น long section ประสานกันเป็นตาข่าย มีขนาดปานกลางและคดสีเข้ม cross section พบได้บ้างมีลักษณะแบนอยู่โดยทั่วไป (รูปที่ 38A)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2<sup>+</sup> โดยส่วนใหญ่เป็น long section ประสานกันเป็นร่างแห มีขนาดหนาปานกลางและคดสีเข้ม (รูปที่ 38B)

#### Paraabducens nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1<sup>+</sup> มีขนาด 15-23 um มีรูปร่างกลมและสามเหลี่ยม คดสีเข้มชัดเจนพบมี process 1-2 processes ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 1<sup>+</sup> โดยส่วนใหญ่เป็น long section ประสานกันเป็นร่างแห ลักษณะบางคดสีปานกลาง (รูปที่ 38A)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2<sup>+</sup> มีขนาด 10-25 um มีรูปร่างกลม กลมรีและสามเหลี่ยม มีลักษณะคดสีเข้ม พบมี process 1-2 processes ส่วน fiber พบใน



ปริมาณ 2+–3+ โดยส่วนใหญ่เป็น long section ประสานกันเป็นร่างแห มีความหนาปานกลาง และติดสีเข้ม (รูปที่ 38B)

#### Inferior cerebellar peduncle

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 2+ โดยเป็น cross section ทั้งหมด การเรียงตัวของ fiber มีลักษณะคล้ายร่างแห พบทั้ง long และ cross section แต่ลักษณะของ long section สังเกตเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก นอกจากทางบริเวณด้าน dorsal ของบริเวณนี้ จะพบ long section สั้น ๆ ติดสีปานกลาง ลักษณะของ fiber โดยส่วนใหญ่พบว่ามีลักษณะเส้นบางและติดสีจาง (รูปที่ 39A, 41A, 42K, 42L)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลมาก ส่วน fiber พบว่าให้ผลมากในปริมาณ 3+–4+ โดยพบว่าทั้งหมดเป็น cross section ลักษณะของ fiber ติดสีเข้ม และหนา มีการกระจายสม่ำเสมอทั่วไปทั้งบริเวณ ยกเว้นในบริเวณที่ติดกับ dorsal cochlear nucleus พบมีความหนาแน่นน้อยกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อย (3+) (รูปที่ 39B, 41B, 42K, 42L)

#### Cochlear nucleus

##### Dorsal cochlear nucleus (DC)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลมากในบริเวณนี้ พบเพียง fiber ซึ่งให้ผลมากในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะเป็น cross section ทั้งหมด ลักษณะของ fiber พบว่ามีลักษณะบางและติดสีจางมาก กระจายโดยทั่วไปทั้งบริเวณโดยสม่ำเสมอ (รูปที่ 39A, 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+–3+ โดยในบริเวณที่ติดกับ inferior cerebella peduncle มีลักษณะหนาแน่นของเซลล์มากกว่าบริเวณอื่น ๆ (3+) เซลล์มีขนาด 10–20  $\mu\text{m}$  โดยส่วนใหญ่จะมีขนาดใกล้เคียงกันในช่วง 10–15  $\mu\text{m}$  รูปร่างกลม กลมรี กระสวย และสามเหลี่ยม พบเพียงบางเซลล์ที่สามารถเห็น nucleolus ได้ชัดเจน และเซลล์ซึ่งเป็นรูปกระสวย และสามเหลี่ยม จะพบว่ามี process 1–2 processes การติดสีของเซลล์มีลักษณะปานกลาง fiber พบได้ในปริมาณ 2+–3+ การกระจายไม่สม่ำเสมอทั้งโดยบริเวณตรงกลางของ nucleus ตามแนวยาว พบมีความหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ๆ fiber พบทั้งชนิด cross และ long section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยพบมีความหนาปานกลาง และติดสีเข้ม และมีลักษณะคดงอ (รูปที่ 39B, 42K)

### Ventral cochlear nucleus (VCP)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ เซลล์ที่มีลักษณะคิคลีจางมาก มีขนาด 15-25  $\mu\text{m}$  โดยส่วนใหญ่ มีรูปร่างกลม และสามเหลี่ยม บางเซลล์สามารถเห็น process ได้ 1-2 processes ทางด้าน ventral จะพบกลุ่มเซลล์ รวมกลุ่มกันในปริมาณ 2+ fiber พบได้ในปริมาณ 2+ โดยเป็น cross section เกือบทั้งหมด มีลักษณะคิคลีจางมาก และเป็นเส้นบาง (รูปที่ 39A, 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยมีขนาด 10-25  $\mu\text{m}$  มีรูปร่างกลม, กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์โดยส่วนใหญ่จะสามารถเห็น nucleolus ขนาดใหญ่มาก ได้ชัดเจน เซลล์ที่มีทั้งคิคลีเข้ม และคิคลีจางปะปนกัน ในปริมาณเท่ากัน ความหนาแน่นในบริเวณตรงกลางของ nucleus น้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ เล็กน้อย และเซลล์ที่คิคลีจางมักพบเป็นกลุ่มทางด้าน ventral พบ fiber ที่ให้ผลบวกในปริมาณ 2+-3+ โดยความหนาแน่นบริเวณตรงกลางของ nucleus พบน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ บ้างเล็กน้อย ลักษณะของ fiber โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีลักษณะหนาและคิคลีเข้ม ส่วน long section fiber มีการประสานตัวกันคล้ายตาข่าย (รูปที่ 39B, 42K)

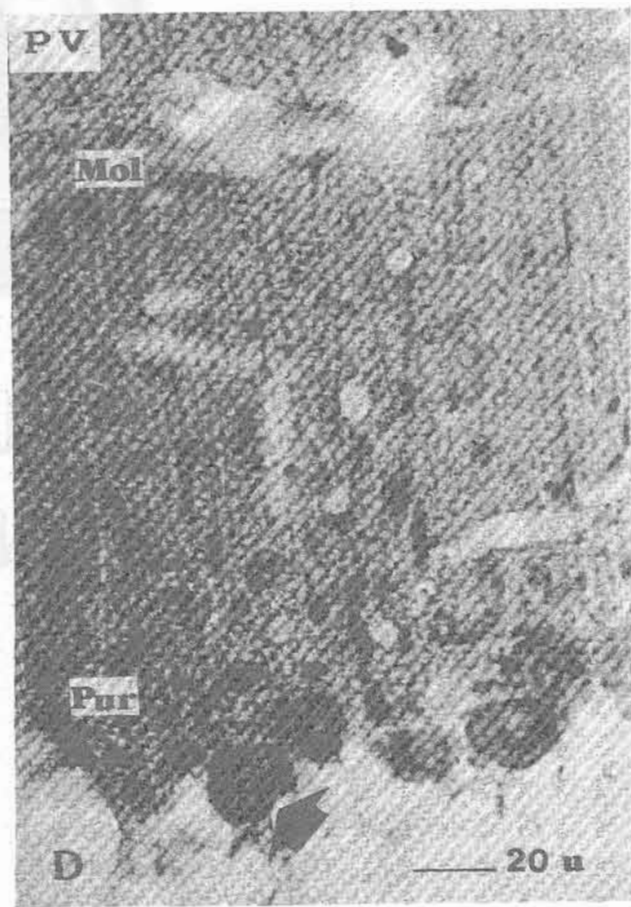
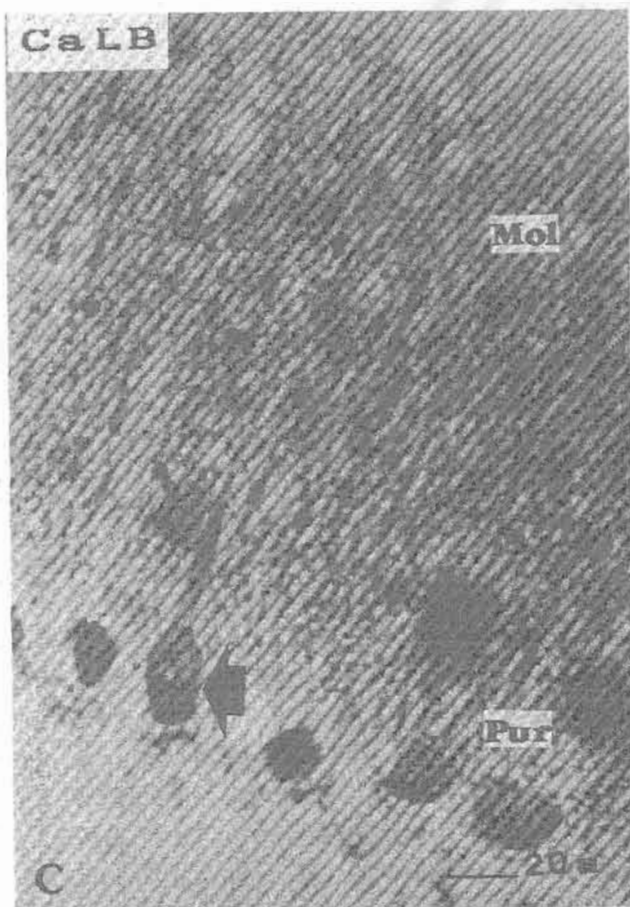
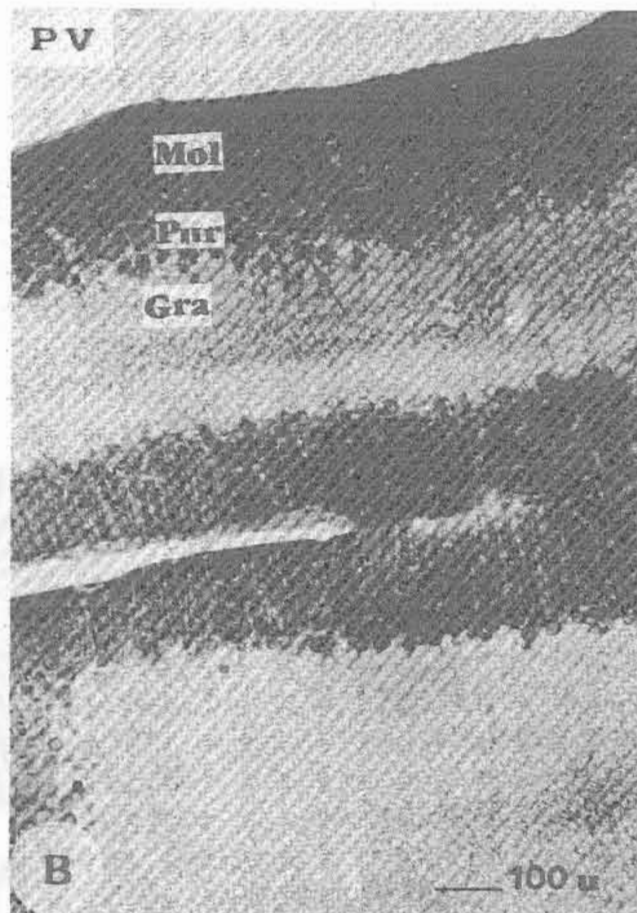
### Granular layer cochlear nucleus (GrC)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในบริเวณ 2+ โดยคิคลีจางมาก มีลักษณะเป็นเส้นเล็กบาง และเป็น cross section ทั้งหมด (รูปที่ 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 15-18  $\mu\text{m}$  มีลักษณะกลม และกลมรี คิคลีเข้ม ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 2+ พบเป็น cross section ทั้งหมดคิคลีจางมาก (รูปที่ 42K)

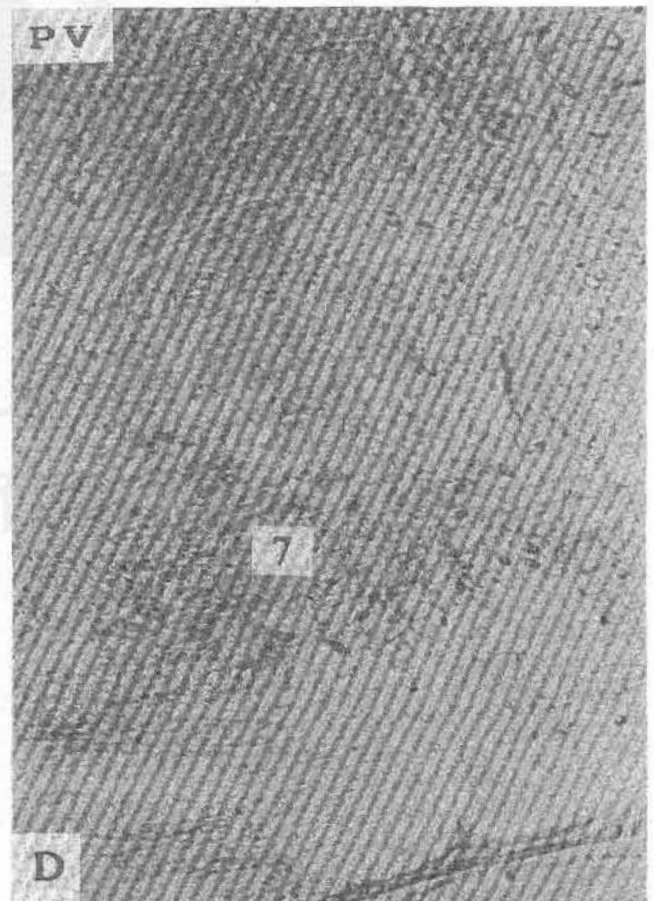
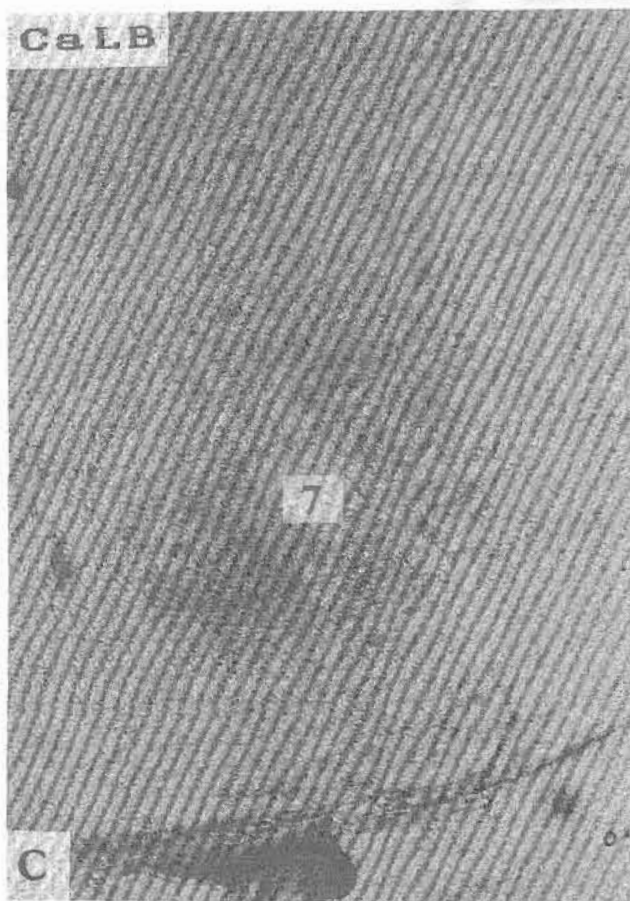
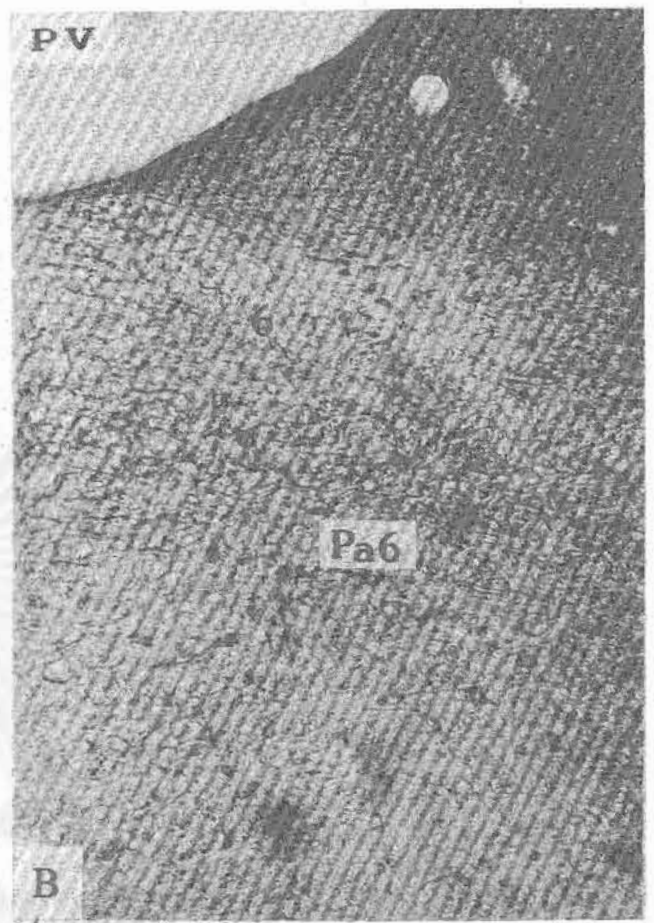
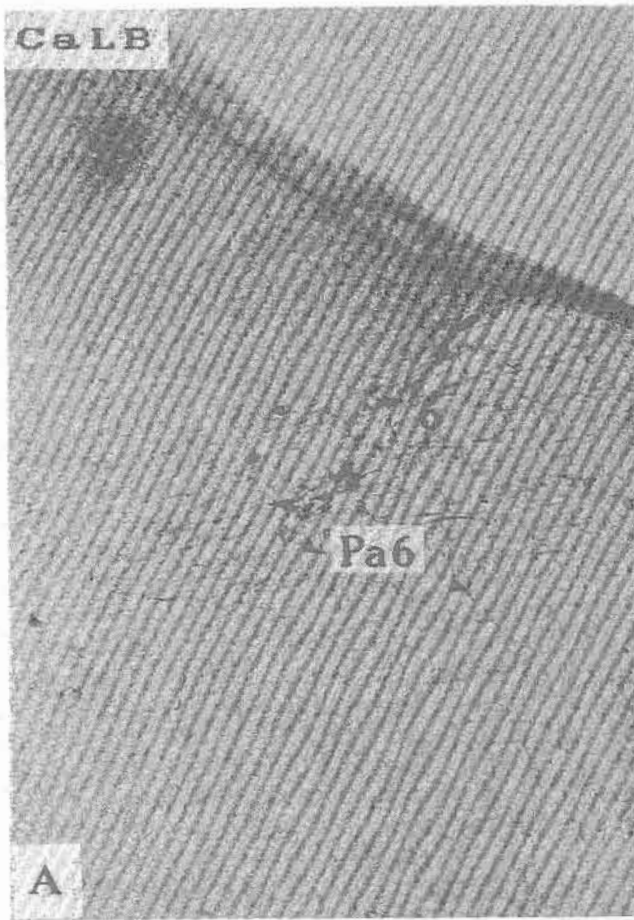
รูปที่ 37 ภาพถ่ายกันสมองตัดตามขวางระดับ caudal medulla แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในชั้นต่างๆ ของ cerebellum  
ปลายสรซึคือ Purkinje cells

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 38 ภาพถ่ายสมองตัดตามขวางระดับ caudal pons แสดง immunoreactive neurons และ fibers ในบริเวณ abducens nucleus (6) , paraabducens nucleus (Pa6) และ facial nucleus (7)

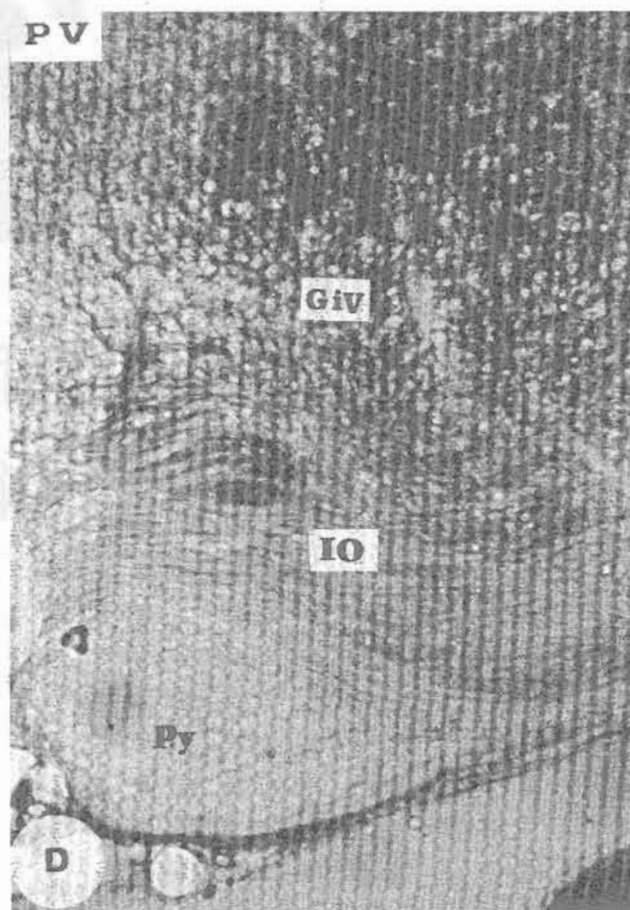
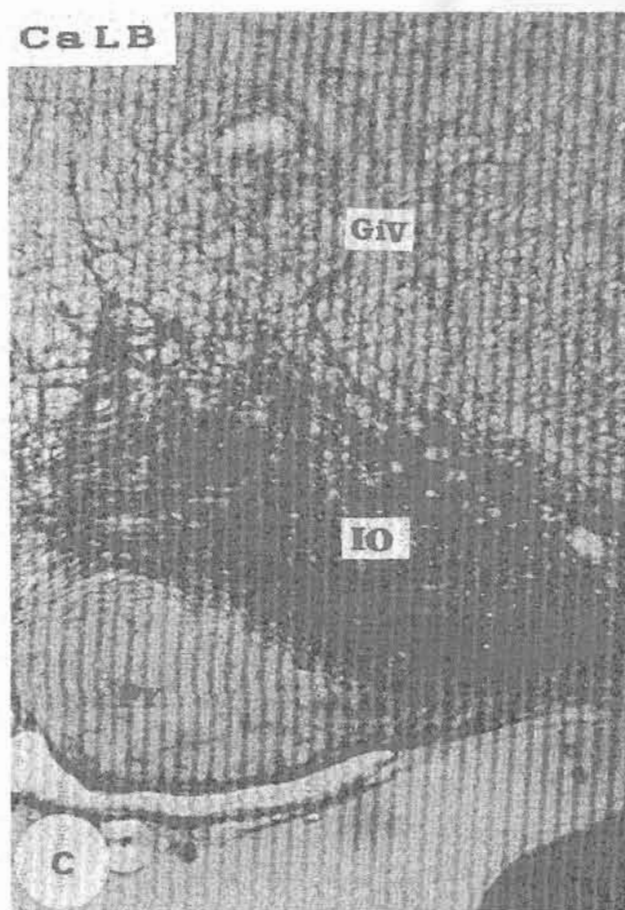
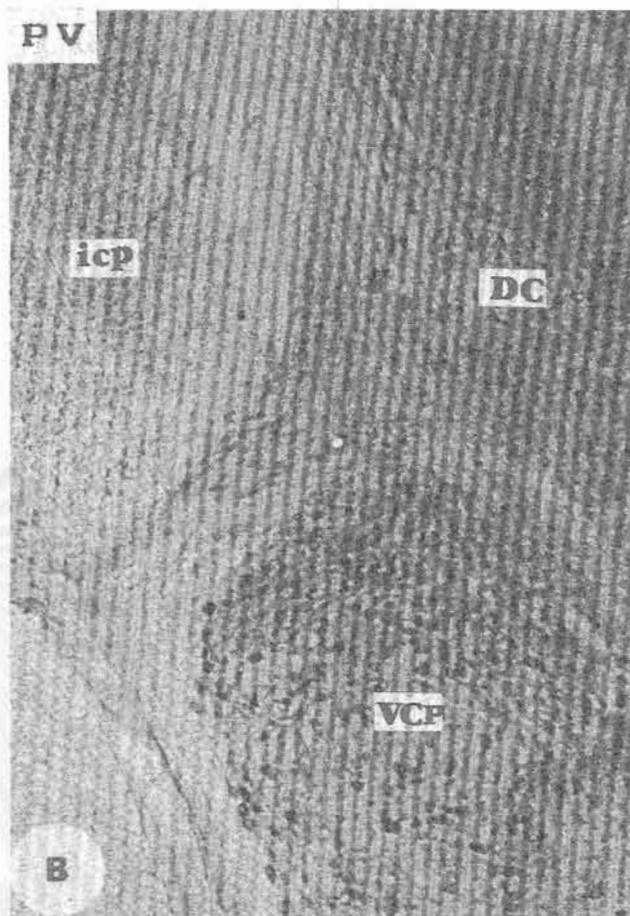
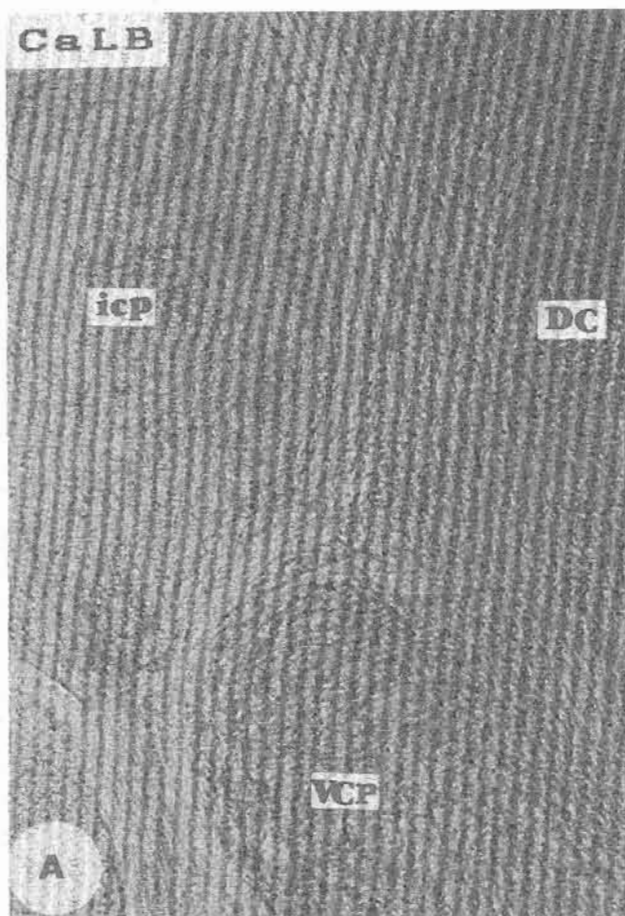
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



— 100  $\mu$

รูปที่ 39 A,B ภาพถ่ายก้านสมองตัดตามขวางระดับ caudal pons แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน inferior cerebellar peduncle (icp) และ บริเวณ cochlear nucleus (Co) , C,D ตัดตามขวางระดับ rostral pons แสดง inferior olive และ gigantocellular reticular nucleus (Gi)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



—100 μ



## Vestibular nucleus

### Lateral vestibular nucleus (LVe)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 4+ โดยเกือบทั้งหมด มีลักษณะเป็น cross section ลักษณะหนา การติดสีชัดเจน ค่อนข้างเข้ม การกระจายตัวของ fiber มีลักษณะเป็นกลุ่ม ๆ ลักษณะ long section มีการกระจายอยู่บ้าง โดยทั่วไป ความหนาของ fiber มีขนาดปานกลาง (รูปที่ 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ เซลล์ที่มีขนาดใหญ่ คือมีขนาด 25-50 um มีรูปร่างกลม, กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์ที่ขนาดใหญ่จะพบว่าติดสีปานกลาง และบางเซลล์มี nucleolus ซึ่งขนาดใหญ่มาก จนเกือบเต็มเซลล์ บางเซลล์พบมี process 1 process ที่ค่อนข้างสั้นและมีขนาดใหญ่ ปริมาณ fiber มีปริมาณ 4+ ส่วนใหญ่เป็น cross section และมี long section ะบนอยู่บ้าง โดยทั่วไป ลักษณะ fiber ที่หนาและติดสีเข้ม พบบ้างเล็กน้อย ส่วน long section fiber มีลักษณะประสาณกันคล้ายตาข่าย (รูปที่ 42K)

### Superior vestibular nucleus (SuVe)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก พบเพียง fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณมากที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะ long section มีลักษณะติดสีเข้ม และกระจายแทรกอยู่โดยทั่วไป (รูปที่ 42K, 42L)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยเซลล์มีขนาดค่อนข้างใหญ่ คือมีขนาด 20-45 um มีรูปร่างกลม และกลมรี บางเซลล์เห็น nucleolus ขนาดใหญ่ได้อย่างชัดเจน และบางเซลล์พบมี process 1 process ค่อนข้างหนา การกระจายตัวของเซลล์สม่ำเสมอทั่วทั้งบริเวณ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยทั้งหมดเป็น cross section พบว่ามีลักษณะหนา ติดสีเข้ม กระจายโดยทั่วไป พบ long section แทรกอยู่บ้างในปริมาณเล็กน้อย มีลักษณะหนา และติดสีเข้มเช่นเดียวกัน (รูปที่ 42K, 42L)

### Medial vestibular nucleus (MVe)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยมีลักษณะเป็น cross section ทั้งหมด ลักษณะเส้นบางติดสีจาง (รูปที่ 40A, 42K, 42L)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ เซลล์ที่พบมีขนาด 10-20 um มีรูปร่างกลมกลมรี และสามเหลี่ยม บางเซลล์พบมี process 1 process การติดสีของเซลล์ มีการติดสีปานกลางทาง ventral ของบริเวณที่มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น และเซลล์มีขนาดใหญ่กว่าด้าน dorsal เล็กน้อย fiber พบให้ผลบวกในปริมาณ 4+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section ส่วน long section พบได้บ้าง กระจายโดยทั่วไป และมีลักษณะหนาติดสีปานกลาง ส่วน cross section มีความหนาปานกลางและติดสีเข้ม (รูปที่ 40B, 42K, 42L)

#### Spinal vestibular nucleus (SpVe)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 1+-2+ โดยบริเวณที่ติดกับ fourth ventricle มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ลักษณะของ fiber พบว่าเป็น cross section ทั้งหมด มีเส้นบางและติดสีจางมาก (รูปที่ 42K, 42L)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-25 um ไม่สามารถสังเกตเห็นขอบเขตได้ชัดเจน เพราะเซลล์ติดสีจางมาก แต่คาดว่า มีรูปร่างกลม และกลมรี ทั้งหมด fiber ในบริเวณนี้ พบในปริมาณ 3+ มีลักษณะใกล้เคียงกับ medial vestibular nucleus มาก โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีขนาดหนาและติดสีปานกลาง พบ long section กระจายบ้าง โดยทั่วไป และมีลักษณะติดสีจาง กระจายโดยทั่วไป ไม่มีทิศทางที่แน่นอน (รูปที่ 42K, 42L)

#### Nucleus Y

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก พบเพียง fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยลักษณะของ fiber มีลักษณะคล้ายในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน fiber มีทั้งชนิด long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน ในบริเวณด้าน lateral พบ fiber ชนิด long section วิ่งขนานกันตามยาวเป็นกลุ่ม ส่วนทางด้าน medial พบว่ามี cross section กระจายปะปนกับ long section ลักษณะของ fiber ค่อนข้างหนาและติดสีเข้ม (รูปที่ 40C, 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-20 um มีรูปร่างกลม และกลมรี เซลล์ติดสีปานกลาง และเซลล์ส่วนใหญ่สามารถเห็น nucleolus ขนาดใหญ่ได้ชัดเจน การกระจายตัวพบว่าค่อนข้างสม่ำเสมอ ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 4+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน ลักษณะของ fiber มีลักษณะหนาปานกลางและติดสีจาง สังเกตได้ไม่ชัดเจน พบ cross section ที่ติดสีเข้ม กระจายได้บ้างเล็กน้อย (รูปที่ 40D, 42K)

### Nucleus X

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 1+–2+ โดยลักษณะของ fiber คัดสีจางมาก ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยชัดเจน แต่คาดว่า เป็น cross section ทั้งหมด (รูปที่ 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10–25 um รูปร่างกลม และกลมรี เห็น nucleolus ขนาดใหญ่ได้อย่างชัดเจน บางเซลล์ยังมี process 1 process การติดสีพบทั้งที่คัตสีเข้มและปานกลาง กระจายโดยทั่วไปทั้งบริเวณ fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 2+ (รูปที่ 42K)

### Prepositus hypoglossal nucleus

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในบริเวณ 0–1+ คัดสีจางมาก แต่คาดว่า เป็น cross section ทั้งหมด (รูปที่ 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0–1+ คัดสีที่จางมาก ไม่สามารถเห็นขอบเขตและลักษณะได้ชัดเจน ส่วน fiber พบในปริมาณ 4+ เกือบทั้งหมดเป็น cross section มีความหนาปานกลางและคัดสีจาง พบที่คัตสีเข้มบ้างเล็กน้อย ส่วน long section สังเกตได้ไม่ชัดเจน (รูปที่ 42K)

### A4 noradrenaline cells

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+–4+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน long section ปริมาณเล็กน้อย จะวิ่งขนานกัน ลักษณะของ fiber ในบริเวณนี้ค่อนข้างหนาและคัดสีเข้ม (รูปที่ 40A, 42K)

Parvalbumin เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ขนาดค่อนข้างใหญ่ คือมีขนาด 16–25 um มีรูปร่างกลม และกลมรี คัดสีปานกลาง และคัดสีเข้มปะปนกัน บางเซลล์มี process 1–2 processes และส่วนใหญ่เห็น nucleolus ได้ การกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอทั้งบริเวณ fiber พบมีปริมาณ 4+–5+ โดยหนาแน่นมากในบริเวณที่ติดกับ fourth ventricle ลักษณะ fiber เกือบทั้งหมดเป็น cross section มีความหนาปานกลาง คัดสีเข้ม กระจายตัวอย่างหนาแน่น พบ long section ที่มีลักษณะหนาคัดสีเข้มกระจายบ้างเล็กน้อย (รูปที่ 40B, 42K)

### Facial nucleus

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดย fiber ทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะหนาปานกลาง และคิตีซีเข้มและปานกลางปะปนกัน (รูปที่ 38C, 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ - 2+ โดยเซลล์ที่พบมีขนาด 14-24 um และคิตีซีจางมาก โดยมีรูปร่างกลม และกลมรี เห็น nucleolus ขนาดใหญ่ได้อย่างชัดเจน ความหนาแน่นของเซลล์ไม่เท่ากัน โดยรวมตัวกันเป็นกลุ่ม ๆ ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ เป็น cross section ทั้งหมด มีลักษณะบางและคิตีซีจาง (รูปที่ 38D, 42K)

### Cerebellar nucleus

#### Interpose cerebellar nucleus, anterior (IntA)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก พบ fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section และมี long section ปะปนบ้างเล็กน้อย ลักษณะ fiber หนาปานกลาง และคิตีซีเข้ม การกระจายของ fiber สม่ำเสมอกันทั่วทั้งบริเวณ (รูปที่ 40C, 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 10-15 um และมีรูปร่างกลมกลมรี และกระสวย พบว่าคิตีซีเข้ม และส่วนใหญ่จะเห็น nucleolus ได้ พบมี process 1 process ปริมาณ fiber พบมีปริมาณ 4+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section มีลักษณะหนาคิตีซีเข้ม พบ long section ได้บ้างเล็กน้อย โดยเป็นเส้นหนาและคิตีซีเข้มเช่นกัน (รูปที่ 40D, 42K)

#### Lateral cerebellar nucleus (Lat)

Calbindin - D28k ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 4+ โดยเป็น cross section ทั้งหมด มีลักษณะหนาปานกลางและคิตีซีเข้ม (รูปที่ 40C, 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 15-23 um มีรูปร่างกลม และกลมรี เห็น nucleolus ได้อย่างชัดเจน คิตีซีค่อนข้างเข้ม กระจายโดยทั่วไป ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ - 4+ มีลักษณะเข้มและความหนาปานกลาง โดยส่วนใหญ่เป็นชนิด cross section

(รูปที่ 40D, 42K)

#### Infracerebellar nucleus (Inf)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยทั้งหมด เป็น cross section ขนาดบางและคืดสีจาง (รูปที่ 40C, 42K)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยมีรูปร่างกลมรี และคืดสีเข้ม มีขนาด 10-15 um กระจายทั่วไป ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+-3+ โดยส่วนใหญ่ เป็น cross section มีลักษณะบางและคืดสีจาง (รูปที่ 40D, 42K)

#### External cuneate nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยมีขนาด 10-20 um มีลักษณะกลม และกลมรี พบว่าคืดสีจางมาก ไม่สามารถเห็นขอบเขตได้ชัดเจนนัก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+-3+ บริเวณที่ติด fourth ventricle จะมีความหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ๆ ชนิด fiber เป็น long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน มีความหนาปานกลาง และคืดสีเข้ม ส่วน long section มีลักษณะเป็นเส้นบาง คืดสีปานกลาง ว่างประสานกันไม่มาโดยไม่มีทิศทางที่แน่นอน (รูปที่ 42M)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ โดยมีขนาด 8-15 um คืดสีจาง ลักษณะกลม และกลมรี เกือบทั้งหมด ไม่พบเห็น process และ nucleolus เซลล์มีการกระจาย โดยสม่ำเสมอ ส่วน fiber พบในปริมาณ 4+ เป็น cross section เป็นส่วนใหญ่มีความหนาปานกลาง และคืดสีเข้ม ส่วน long section พบได้บ้างเพียงเล็กน้อย กระจายโดยทั่วไป (รูปที่ 42D)

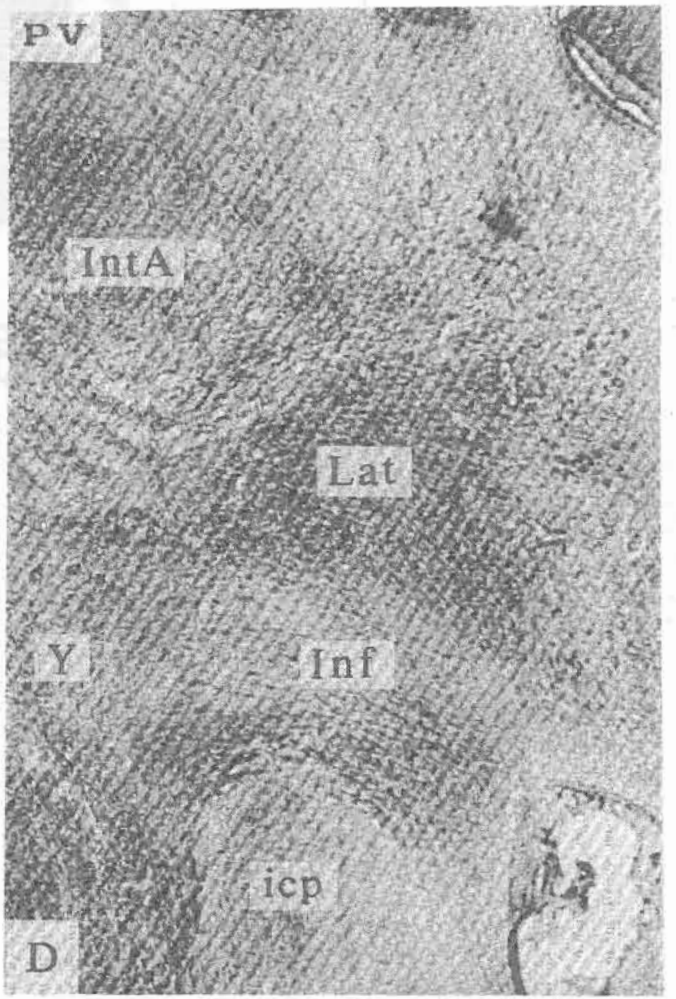
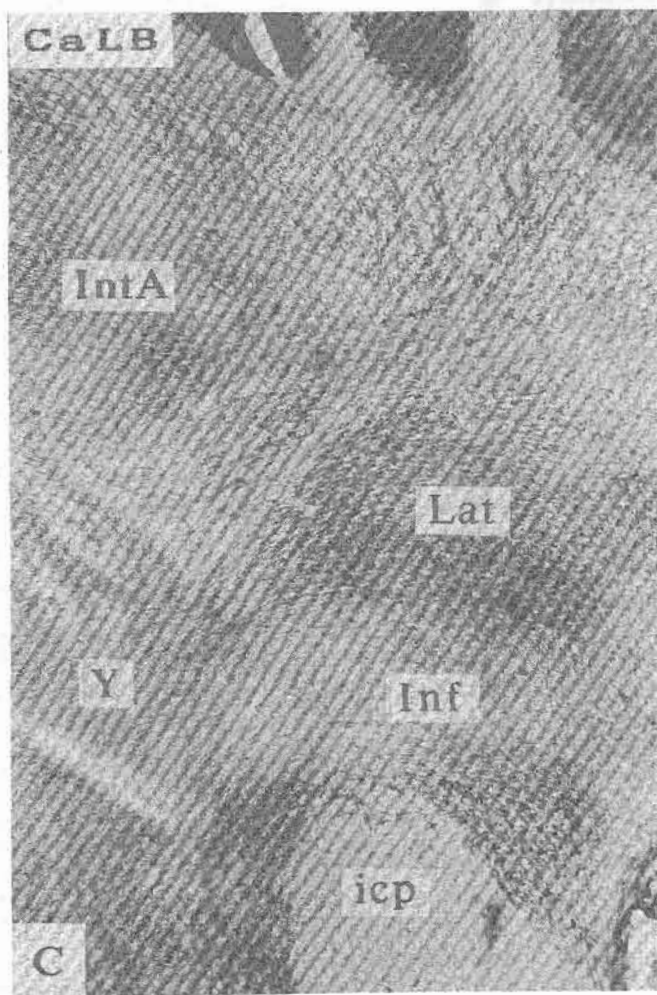
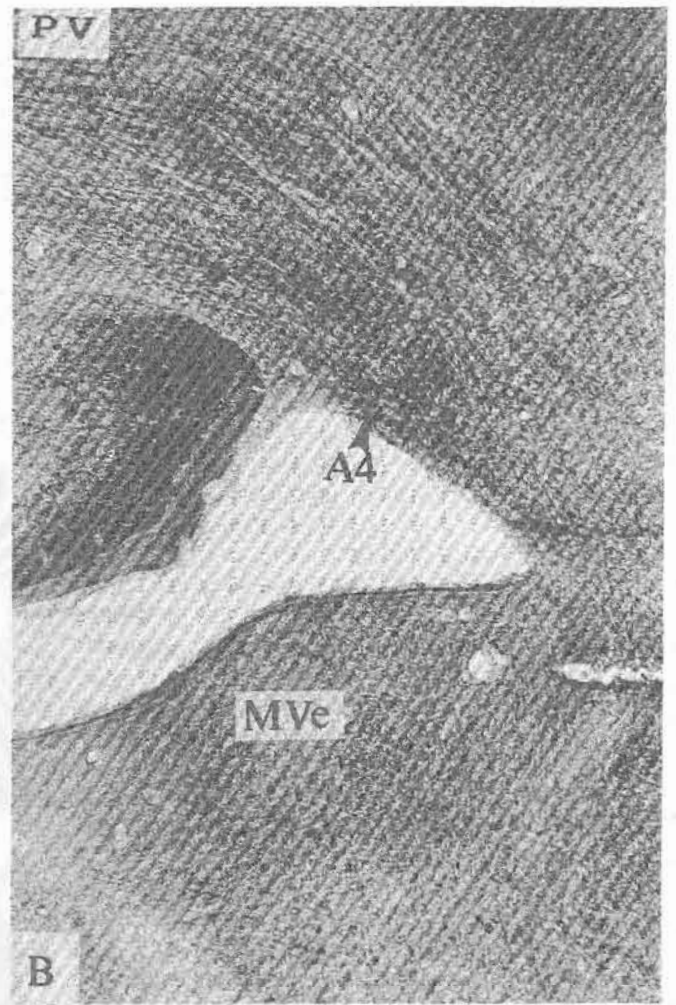
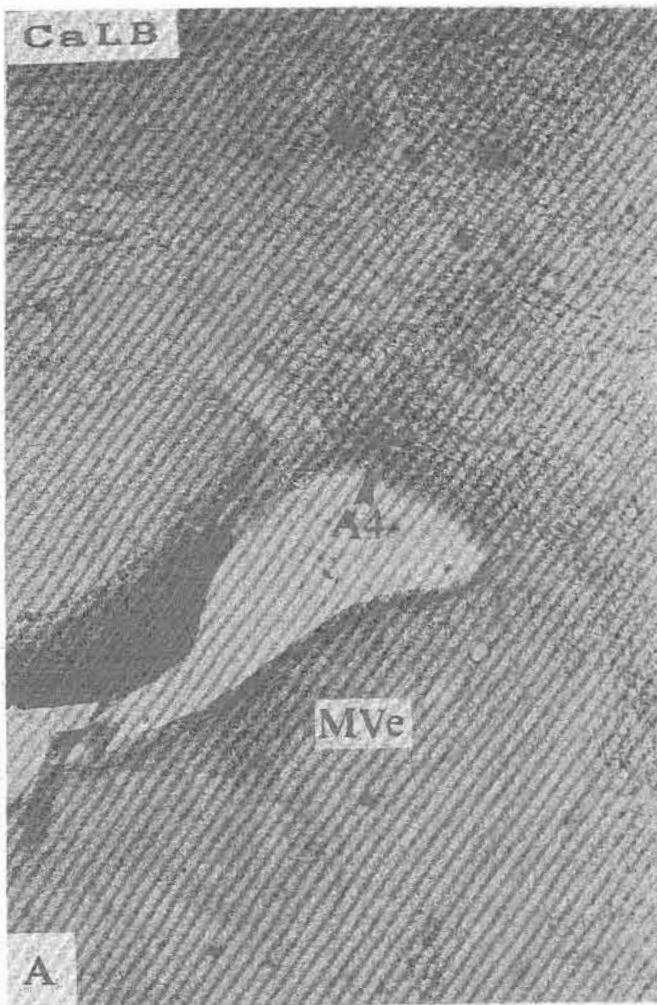
#### Raphe obscurus nucleus

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยเป็น cross section ทั้งหมด คืดสีจางมาก และคาดว่า fiber มีขนาดเล็ก (รูปที่ 42M)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยพบทั้ง long และ cross section มีลักษณะให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยพบทั้ง long และ cross section มีลักษณะเป็นเส้นเล็ก และคืดสีจางมาก long section มีการว่างที่ขนานกัน ตลอดความยาวของ nucleus และคืดสีจาง (รูปที่ 42M)

รูปที่ 40 ภาพถ่ายส่องกล้องจุลทรรศน์ของระดับ caudal pons แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน A4 noradrenaline cells (A4) , medial vestibular nucleus (MVe) และ บริเวณต่างๆ ของ cerebellar nuclei

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### Spinal trigeminal nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 15-20 um มีรูปร่างกลม และกลมรี บางเซลล์พบมี process 1 process เซลล์ที่พบมีลักษณะติดสีที่จางมาก fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดมีลักษณะเป็น cross section ติดสีจาง และบางมาก พบ long section ปะปนอยู่บ้างในปริมาณเล็กน้อย (รูปที่ 42K-42N)

Parvalbumin เซลล์ให้ผลบวกพบในปริมาณ 2+ มีขนาด 4-20 um มีรูปร่างกลม และกลมรี บางเซลล์ติดสีที่ค่อนข้างเข้มและเพียงเล็กน้อยที่เห็น processes ชัดเจนเซลล์บริเวณด้าน lateral มีความเข้มมากกว่าด้าน medial เล็กน้อย fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเป็น cross section ทั้งหมด ส่วนใหญ่ติดสีจาง long section พบกระจายทั่วไปเล็กน้อย (รูปที่ 42K-42N)

### Spinal trigeminal tract

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 5-10 um มีลักษณะติดสีเข้มมาก มีรูปร่างกลม, กลมรี และรูปกระสวยบ้างเล็กน้อย เซลล์ไม่พบว่าเห็น processes ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน มีลักษณะหนา ติดสีปานกลาง การกระจาย fiber สม่่าเสมอกันทั้งบริเวณ ส่วน long section มีทิศทาง การวิ่งในแนวขนานกัน

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ติดสีค่อนข้างจาง มีทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน เป็นเส้นบาง ไม่สามารถสังเกตเห็นทิศทาง การวิ่ง ได้ชัดเจน

### Reticular nucleus

#### Parvocellular reticular nucleus (PCrt)

Calbindin - D28K เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 15-18 um มีรูปร่างกลม, กลมรี และกระสวย โดยเซลล์ที่เป็นรูปกระสวย มักเห็น processes ชัดเจน 2 processes พบว่า ติดสีเข้ม มีการกระจายที่สม่ำเสมอ fiber พบในปริมาณ 2+ โดยเกือบทั้งหมดเป็น cross section ติดสีจางและมีเส้นบาง ส่วน long section พบกระจายโดยทั่วไป มีความหนา



ปานกลาง และคิคสีเข้ม (รูปที่ 41A, 42K, 42L, 42M)

Parvalbumin เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 15-25 um มีรูปร่างกลมรี และสามเหลี่ยม และสามารถเห็น process 1 process ชัดเจน แลที่ค่อนข้างเข้ม fiber ในบริเวณนี้พบในปริมาณ 4+ โดยพบทั้ง long และ cross section ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะของ long section พบรวมกลุ่มกัน จนทำให้มีลักษณะคล้ายร่างแห ส่วน cross section มีการกระจายโดยทั่วไป มีลักษณะหนา และคิคสีเข้ม (รูปที่ 41B, 42K, 42L, 42M)

#### Intermediate reticular nucleus (IRT)

Calbindin -D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ โดยไม่สามารถเห็นขอบเขตของเซลล์ ได้ชัดเจน เพราะเซลล์คิคสีจางมาก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยเป็น cross section ลักษณะบางและคิคสีจางมากเช่นกันและไม่พบ long section (รูปที่ 42K, 42L, 42M)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+-2+ เซลล์ที่พบมีขนาด 20-30 um มีรูปร่างกลมรี และสามเหลี่ยม พบว่าเซลล์ในบริเวณกลางของ nucleus คิคสีเข้มชัดเจน และบางเซลล์พบมี 1-2 processes fiber พบในปริมาณ 3+ พบทั้ง cross และ long section ในปริมาณใกล้เคียงกัน fiber ทั้งสองชนิด มีลักษณะหนา และคิคสีเข้ม (รูปที่ 42K, 42L, 42M)

#### Gigantocellular reticular nucleus (Gi)

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีลักษณะรวมกันเป็นแถบ ประสานกัน จนทำให้คล้ายร่างแห fiber ทั้งหมดเป็น cross section คิคสีจางและบางมาก (รูปที่ 39C, 42K, 42L, 42M)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์มีขนาดใหญ่ คือ 16-35 um มีรูปร่างกลมรี, สามเหลี่ยมและหลายเหลี่ยม พบเซลล์ในขนาด 10 um ได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย และมีรูปร่างกลม เซลล์โดยส่วนใหญ่ พบว่ามี process 1-3 process และมีขนาดหนาเห็นชัดเจน การกระจายของเซลล์ พบมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยอยู่ตามร่างแหของ fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน โดย long section มีการรวมตัวประสานกันจนคล้ายร่างแห ลักษณะ fiber ค่อนข้างหนาและคิคสีเข้ม (รูปที่ 39D, 42K, 42L, 42M)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ ขนาดของเซลล์มีขนาดใหญ่ คือ 16-35 um มีรูปร่างกลมรี สามเหลี่ยม และหลายเหลี่ยม พบเซลล์ในขนาด 10 um ได้บ้างในปริมาณเล็กน้อย

และมีรูปร่างกลม เซลล์โดยส่วนใหญ่ พบว่ามี process 1-3 process และมีขนาดหนาเห็นชัดเจน การกระจายของเซลล์ พบมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยอยู่ตามร่างแหของ fiber พบว่าให้ผลบวกในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน โดย long section มีการรวมตัวประสานกันจนคล้ายร่างแห ลักษณะ fiber ค่อนข้างหนา และติดสีเข้ม (รูปที่ 39D, 42K, 42L, 42M)

### Lateral reticular nucleus (LRt)

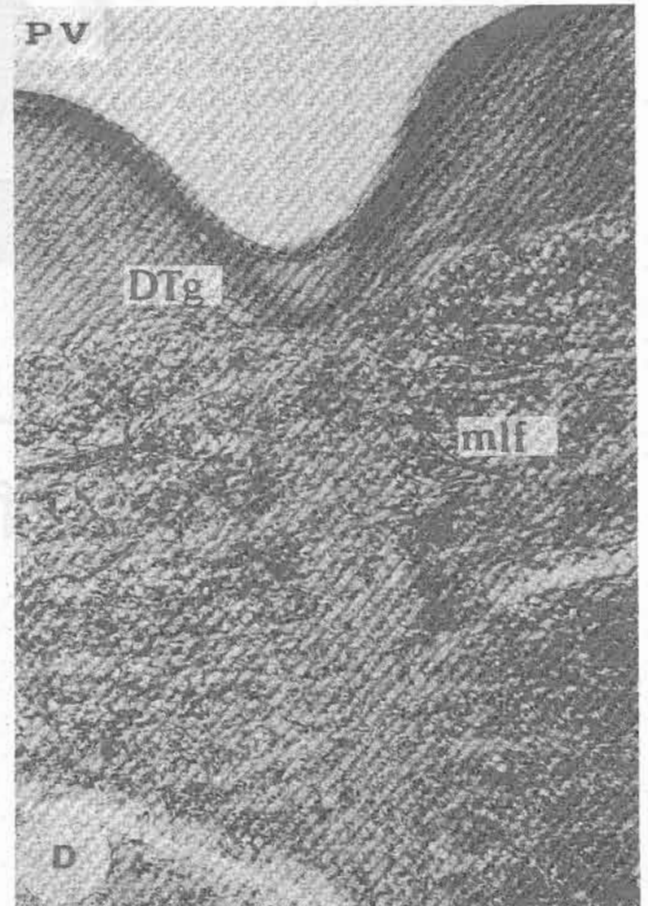
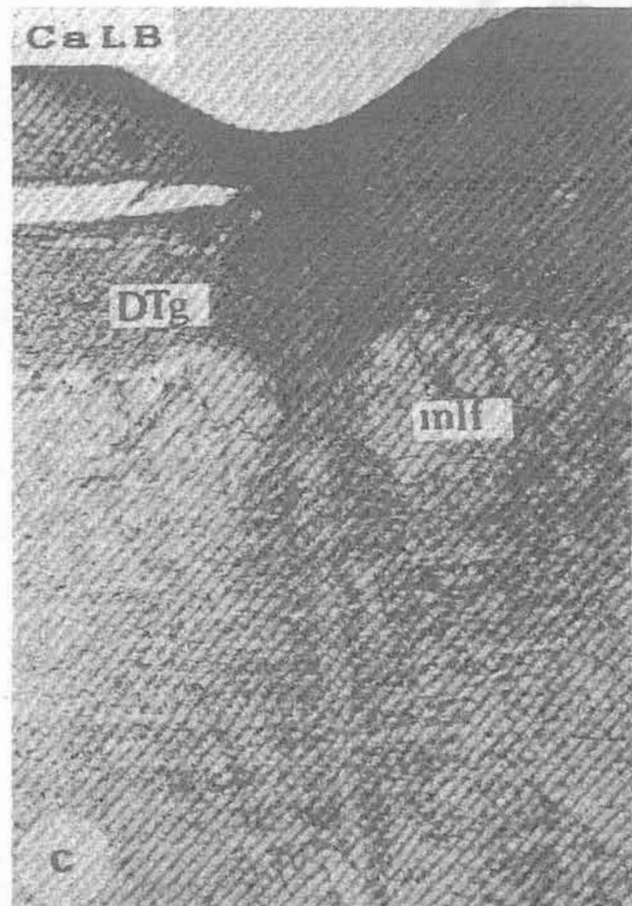
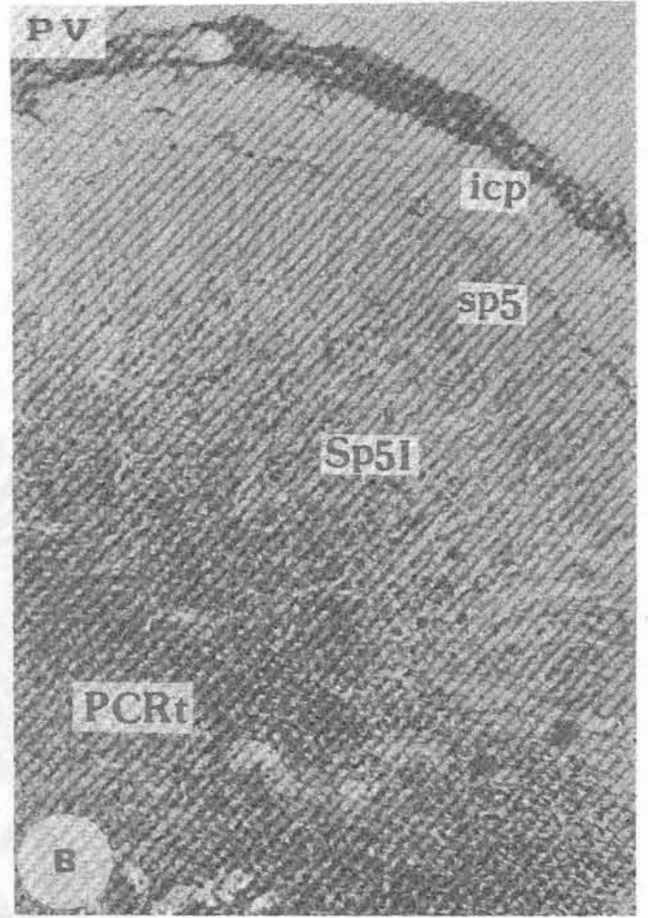
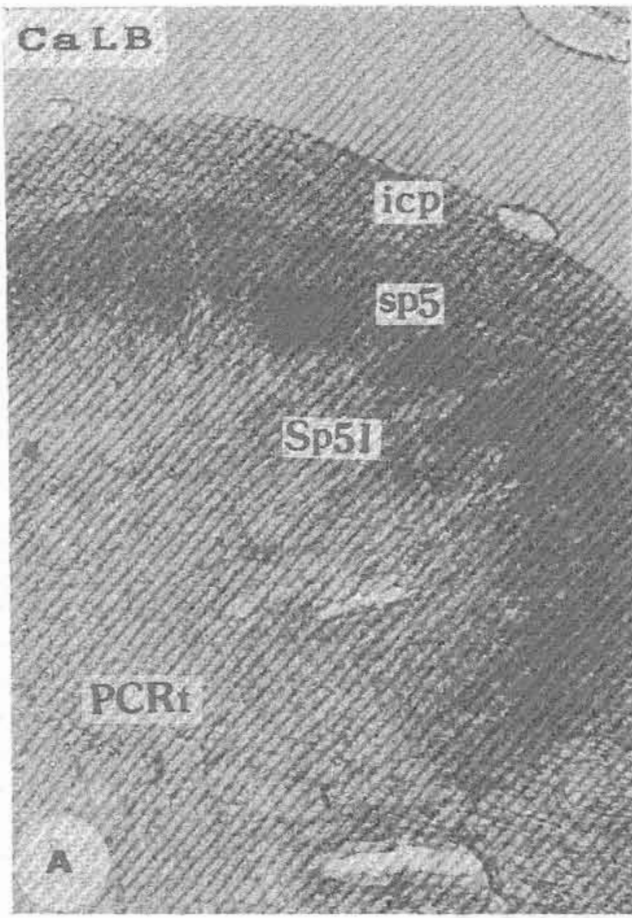
Calbindin - D28K Reticular nucleus (รูปที่ 42M, 42N) ในบริเวณ lateral nucleus, parvocellular พบว่าเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยมีขนาด 15-34 um แต่ส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 30 um มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม เซลล์กระจายโดยทั่วไป และติดสีจางมาก เห็นขอบเขตได้ไม่ชัดเจนนัก fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่พบเป็น long section วิ่งในแนวขนานกัน และมีลักษณะหนาติดสีเข้ม

บริเวณ lateral reticular nucleus, caudoventrolateral พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ เซลล์ติดสีจางมาก มีขนาด 10-25 um มีรูปร่างกลม และกลมรี เซลล์มีความหนาแน่นในบริเวณ lateral มากกว่าบริเวณอื่น ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยพบทั้ง long และ cross section ใกล้เคียงกัน ลักษณะ fiber ติดสีจางรวมกันเป็นกลุ่ม

Parvalbumin Reticular nucleus (รูปที่ 42M, 42N) ในบริเวณ lateral nucleus, parvocellular พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ เซลล์ที่มีขนาด 20-40 um มีรูปร่างกลม, กลมรี และสามเหลี่ยมบ้างเล็กน้อย และมีการกระจายโดยสม่ำเสมอ ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section โดย long section มีมากกว่าเล็กน้อย fiber มีลักษณะสั้นและติดสีเข้ม ทิศทางการวิ่ง ไม่แน่นอน

ในบริเวณ lateral reticular nucleus, caudoventrolateral พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะติดสีจางมาก มีขนาด 20-40 um มีรูปร่างกลม กลมรี และสามเหลี่ยม ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยติดสีจางมากพบว่าส่วนใหญ่เป็น long section และมี cross section ติดสีเข้มกระจายโดยทั่วไป

รูปที่ 41 ภาพถ่ายก้านสมองตัดตามขวางระดับ rostral pons แสดง immunoreactive neurons และ fibers ใน inferior cerebellar peduncle (icp) , spinal trigeminal tract (sp5) , spinal trigeminal nucleus (Sp5) , parvocellular reticular nucleus (PCRt) , dorsal tegmental nucleus (DTG) และ medial longitudinal fasciculus (mlf)



—100 μ

### Medullary reticular field (MdD)

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 1+ มีขนาด 7-15 um รูปร่างกลม และกลมรี คติสีเข้มทึบ มีการกระจายเป็นกลุ่ม ๆ บางเซลล์พบว่ามี process 1 process ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section มีความหนาปานกลาง (รูปที่ 42N)

Parvalbumin เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ มีขนาด 15-35 um โดยคติสีจาง ส้มเกดได้ไม่ชัดเจนนัก เซลล์มีรูปร่างกลมรี และกระสวย เห็น nucleolus ได้ชัดเจน และมี process 1-2 processes การกระจายสม่ำเสมอทั้งบริเวณ ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 4+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน ลักษณะ long section มีการประสานกันเป็นตาข่าย ลักษณะบาง คติสีจาง ส่วน cross section มีลักษณะคติสีเข้ม กระจายเป็นกลุ่ม ในตาข่ายของ long section (รูปที่ 42N)

### Inferior olive

Calbindin - D28K ในบริเวณ inferior olive (รูปที่ 39C, 42L, 42M) subnucleus A, medial nucleus พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 2+-3+ เซลล์คติสีเข้ม มีขนาด 15-25 um มีรูปร่างกลม และกลมรี เห็น nucleolus ได้ชัดเจน ในบริเวณที่ติดกับ pyramidal tract จะพบว่าเซลล์มีความหนาแน่นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ โดยให้ผลบวกในปริมาณ 3+-4+ โดยจะค่อนข้างหนาแน่น ในบริเวณเดียวกับเซลล์คือบริเวณที่ติดกับ pyramidal tract ส่วนใหญ่เป็น cross section พบ long section ปะปนบ้างเล็กน้อย fiber มีขนาดเล็กและคติสีปานกลาง

ในบริเวณ inferior olive subnucleus C, medial nucleus ขนาดเซลล์ใกล้เคียงกับ subnucleus A มีปริมาณ 2+-3+ และมีขนาด 15-25 um ลักษณะกลมและกลมรี บริเวณที่ติด pyramidal tract พบมีความหนาแน่นน้อยกว่าบริเวณอื่น fiber มีปริมาณ 3+-4+ โดยพบทั้ง long และ cross section, ในบริเวณที่ติดกับ pyramidal tract จะพบว่า long section จะวิ่งในแนวขนานกัน ส่วน cross section fiber มีลักษณะเหมือนกับบริเวณ subnucleus A

บริเวณ inferior olive subnucleus K เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ มีขนาด 15-25 um มีรูปร่างกลมรี คติสีเข้ม เห็น nucleolus ชัดเจน ลักษณะ fiber เกือบทั้งหมดเป็น cross section พบในปริมาณ 3+ ค่อนข้างหนา long sections เป็นเส้นบาง คติสีเข้ม กระจายทั่วไป

ในบริเวณ inferior olive subnucleus B, medial nucleus พบเซลล์ให้ผลบวก ในปริมาณ 2+ มีขนาด 15-22 um โดยเซลล์ทั้งหมดมีลักษณะกลมคิคสีเข้ม บางเซลล์พบว่ามี process 1 process และสามารถเห็น nucleolus ได้ fiber พบในปริมาณ 4+ คิคสีเข้ม ทั้งหมดเป็น cross section และมี long section ปะปน โดยทั่วไป ลักษณะหนาปานกลาง Parvalbumin ทั้งบริเวณ subnucleus A, B, C และ K ไม่พบเซลล์ซึ่งให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 2+ คิคสีจางมาก ทั้งหมดเป็น cross section เส้นบาง ส่วน long section พบปะปนได้บ้างเล็กน้อย (รูปที่ 39D, 42L, 42M)

#### Dorsal spinocerebella tract

Calbindin - D28K เซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 7-15 um คิคสีจางมากมีรูปร่างกลม, กลมรี และสามเหลี่ยม บางเซลล์พบว่ามี process 1 process มีการกระจายโดยสม่ำเสมอ ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ โดยทั้งหมดเป็น long section วังในแนวขนานกัน มีลักษณะหนาและคิคสีปานกลาง (รูปที่ 42M)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ เกือบทั้งหมดเป็น long section มีขนาดหนา และคิคสีเข้ม เรียงตัวในแนวขนานกัน พบ cross section เป็นจุดหนา คิคสีเข้มกระจายปะปนทั่วไป (รูปที่ 42M)

#### Medial longitudinal fasciculus

Calbindin - D28K ไม่พบมีเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ เป็น long section ทั้งหมดทางด้าน medial และวังขนานกันในแนวเฉียง fiber คิคสีเข้มปานกลาง ส่วนทางด้าน lateral โดยส่วนใหญ่เป็น cross section (รูปที่ 41C, 42N)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ทั้งหมดเป็น cross section พบในปริมาณ 4+ fiber มีลักษณะหนา และคิคสีเข้มมาก มีการกระจายโดยสม่ำเสมอ (รูปที่ 41C, 42N)

#### Gracile nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลบวกในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 15-25 um มีรูปร่างกลม ลักษณะและขอบเขตสังเกตุได้ไม่ชัดเจนนัก เพราะเซลล์คิคสีจางมาก ส่วน fiber ให้ผลบวกใน

ปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section กระจายโดยทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ fiber มีความหนาปานกลาง และติคสีเข้ม (รูปที่ 42N)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ มีขนาด 15-20 um รูปร่างกลม และกลมรี เซลล์ติคสีจาง ไม่เห็น processes และมีารกระจายโดยสม่ำเสมอทั้งบริเวณ fiber พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section ลักษณะหนาติคสีเข้ม ส่วนในบริเวณ gracile fasciculus พบปริมาณ fiber เพียง 2+ เป็น cross section ทั้งหมด (รูปที่ 42N)

#### Cunate nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 0-1+ เซลล์ที่มีขนาด 20-25 um มีรูปร่างกลมรี พบว่าเห็น process อย่างชัดเจน เซลล์ติคสีค่อนข้างเข้ม และสามารถเห็น nucleolus ได้ fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเกือบทั้งหมดพบเป็น cross section ค่อนข้างเล็ก และติคสีจางมาก ส่วนบริเวณ cunate fasciculus ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก พบเพียง fiber ให้ผลมากในปริมาณ 3+ เป็น cross section ลักษณะหนาปานกลางติคสีเข้ม กระจายทั่วทั้งบริเวณ (รูปที่ 42N)

Parvalbumin พบเซลล์ให้ผลมากในปริมาณ 2+ มีขนาด 25-35 um มีลักษณะติคสีจาง แต่ก็ยังเห็นขอบเขตของเซลล์ได้ เซลล์ที่มีรูปร่างกลมรี สามเหลี่ยม และรูปกระสวย เห็น nucleolus ขนาดใหญ่ได้ และเซลล์รูปกระสวย พบมี process 2-3 process เซลล์มีการกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้ง nucleus , fiber พบในปริมาณ 3+ เกือบทั้งหมด เป็น cross section ค่อนข้างหนา ติคสีเข้ม ส่วน long section พบกระจายแทรกโดยทั่วไป (รูปที่ 42N)

#### Accessory nucleus

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 4+ โดยพบทั่วทั้งหมดพบเป็น cross section ติคสีจาง ลักษณะเส้นเสีบบาง กระจายรวมกันหนาแน่น (รูปที่ 42N)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลมาก ส่วน fiber ให้ผลมากในปริมาณ 3+ โดยส่วนใหญ่เป็น cross section ติคสีจางมาก มีการกระจายโดยสม่ำเสมอ (รูปที่ 42N)

### Nucleus solitary tract

Calbindin - D28K พบเซลล์ได้ในปริมาณ 0-1+ เซลล์ที่พบมีขนาด 18-25 um มีรูปร่างกลม และกระสวย เห็น processes และ nucleolus ชัดเจน มักเรียงตัวตามแกนยาว เซลล์มีลักษณะคิคลีเซ็ม fiber พบในปริมาณ 3+ โดยเป็น cross section ทั้งหมด มีลักษณะเส้นเล็ก และคิคลีจางมาก (รูปที่ 42N)

Parvalbumin พบเซลล์ได้พบมากในปริมาณ 0-1+ ลักษณะเซลล์คล้ายกับ calbindin-D28K มาก พบมีขนาด 18-25 um มีรูปร่างกลม และรูปร่างกระสวย เห็น processes และ nucleolus อย่างชัดเจน ลักษณะคิคลีจางมาก fiber พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section คิคลีจางมาก พบ long section บ้างเล็กน้อย วิ่งตามแนวขวางขนานกัน (รูปที่ 42N)

### Hypoglossal nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ได้พบมากในปริมาณ 0-1+ มักอยู่ในบริเวณ lateral ของ nucleus มีขนาด 12-18 um มีรูปร่างกลม และกลมรี มี process 1 process เซลล์คิคลีจาง ส่วน fiber พบในปริมาณ 4+ โดยพบเป็น cross section ทั้งหมด และคิคลีจาง (รูปที่ 42N)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ได้พบมาก ส่วน fiber พบในปริมาณ 2+ โดยมีลักษณะเป็น cross section โดย fiber เส้นเล็กมาก คิคลีจาง สังเกตได้ไม่ชัดเจน (รูปที่ 42N)

### Retroambius nucleus

Calbindin - D28K พบเซลล์ได้พบมากในปริมาณ 1+ ขนาดของเซลล์มีขนาด 25-30 um มีรูปร่างกลมรี และกระสวย พบมี process 1 process การคิคลีจางค่อนข้างจาง แต่พอสังเกตุได้ชัดเจน ปริมาณ fiber พบในปริมาณ 3+ ส่วนใหญ่เป็น cross section เป็นเส้นเล็ก คิคลีจาง ส่วน long section พบมีลักษณะหนา และคิคลีเซ็ม มีทิศทางการวิ่งไม่แน่นอน (รูปที่ 42N)

Parvalbumin พบเซลล์ได้พบมากในปริมาณ 2+ มีลักษณะเหมือนเซลล์ในบริเวณ medullary reticular field โดยไม่สามารถแยกได้ชัดเจนนัก มีขนาด 20-30 um ลักษณะกลม คิคลีจาง fiber พบในปริมาณ 4+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน ลักษณะ fiber พบว่าหนาปานกลาง คิคลีเซ็ม (รูปที่ 42N)



### Pyramidal decussation

Calbindin - D28K ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber ให้ผลบวกในปริมาณ 3+ พบทั้ง long และ cross section ในปริมาณใกล้เคียงกัน fiber ค่อนข้างบาง และคดสีจาง สังเกตได้ไม่ชัดเจน (รูปที่ 42N)

Parvalbumin ไม่พบเซลล์ให้ผลบวก ส่วน fiber พบในปริมาณ 3+ ลักษณะใกล้เคียงกับการย้อมด้วย calbindin - D28K และคดสีจางมาก สังเกตได้ไม่ชัดเจน (รูปที่ 42N)

จากผลการทดลองทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ได้ทำการสรุปไว้แล้วในตารางที่ 1

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณความหนาแน่นของ immunoreactive neurons, immunoreactive fibers ขนาดและรูปร่างของ immunoreactive neurons จากการย้อม calbindin-D28K และ parvalbumin

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Olfactory bulb								
Glomerular layer	3+	3+	round, oval	7-12	1	4+	round	5
External plexiform layer	1+	1+	round, oval, fusiform	8-15	2	2+	oval, round, triangular	5-20
Mitral cell layer	0-1+	0-1+	round, oval	5-10	0	2+		
Internal plexiform layer	0	2+			0-1	3+	fusiform	10
Internal granular layer	0	2+			0-1	2+	round, oval	10-15
Lateral olfactory tract	0	1+			0	2+		
Ependymal and subependymal layer	0-2+	3+	oval	8-15	0	2+		
Accessory olfactory bulb	2+	2+	round	15	0	0		
Anterior olfactory nucleus								
AOE	4+	3-4+	round, fusiform, polygonal	5-20	0-1	4+-5+	fusiform	10
AOV	2+	1+	round, fusiform, polygonal	5-18	2+	3+	round, oval	5-25

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
AOL	2+	2+	triangular, fusiform, oval	8-17	1+	3+-4+	fusiform, polygonal, oval	15-20
AOD	2+	2+	oval	7-20	1+	2+-4+	oval, polygonal	10-14
AOM	2+	2+	round, oval, fusiform	8-17	1+	2+-4+	oval, polygonal, fusiform	5-15
Anterior commissure	0	3+		0	2+			
Cerebral cortex								
Molecular layer	0	1+			0	2+		
Outer granular layer	2+	2+	fusiform, triangular	8-12	2+	3+	round	8-15
External pyramidal layer	2+	2+	triangular	9-14	2+	3+	round	5-13
Internal pyramidal layer	2+	2+	round, oval, triangular	7-17	2+	3+	round	10-17
Pyramidal cell layer	1+	2+	round, oval	8-15	2+	2+	round, oval, triangular	7-20
Multiform cell layer	1+	2+	round, fusiform	12-14	1+	2+	round, oval	10-22
Habenular	2+	2+	round, oval, triangular	8-25	0	1+		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Precommissural hippocampus	0-1	2+-3+	round, oval	10-20	0	3+-4+		
Endopiriform nucleus	1+	1+	round, oval, fusiform	10-20	1+	3+	round, oval	10-25
<i>Primary olfactory cortex</i> (Piriform cortex)								
Plexiform cell layer	0	0			0-1	2+	triangular, fusiform	5-25
Pyramidal cell layer	1+	2+	round, oval	8-20	0-1+	4+	round, triangular, fusiform	9-15
Polymorphic cell layer	2+	2+	round, oval, fusiform, triangular	6-20	3+	2+	round, oval, fusiform	11-20
Septohippocampal nucleus	0-1+	2+	oval	10-20	0	3+-4+		
Septal nucleus								
Lateral septal nucleus	2+	3+	round, oval, triangular, fusiform	8-20	0	2+-3+		
Triangular septal nucleus	0	1+			0	1+		
Medial septal nucleus	1+	2+		12-18	0-1+	3+	round, oval	10-20

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Accumbens nucleus	3+	3+	round, oval	5-13	1+	3+	round, oval, fusiform, triangular	10-25
Medial forebrain bundle	0	0			2+	3+	round, oval, triangular	10-30
Islands of Calleja	2+	2+	round, oval, triangular	8-15	0	2+		
Islands of Calleja major	3+-4+	3+	round, oval, fusiform	5-18	1+	3+	round, oval, fusiform	10-25
Ventral pallidum	1+	2+-3+	round, oval	8-12	1+	3+	round, oval, fusiform	10-20
Fornix	0-1+	3+	round, oval	5-17	3+	3+-4+	round, oval	8-20
Median preoptic nucleus	0-1+	2+	round, oval, fusiform	9-20	2+-3+	3+	round, oval, triangular	10-25
Septohypothalamic nucleus	2+-3+	3+	round, oval, triangular	5-15	0	0		
Preoptic area								
Ant medial preoptic area	2+-3+	2+	round, oval, triangular	7-20	0	1+		
Median preoptic area	0-1+	2+-3+	round, oval	8-20	0-1+	2+	oval	13-15

## ตารางที่ ๕ (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Lateral preoptic area	2+	2+	round, oval	5-15	1+	2+-3+	round, oval	10-17
Anteroventral preoptic nucleus	2+	2+	round, oval	6-18	0	2+		
Supraoptic nucleus	2+-3+	3+-4+	round, oval	5-14	0	0		
Stria terminalis	2+	2+	round	8-10	0	0		
Bed nucleus	1+-2+	3+-4+	round, oval	5-12	0-1+	2+	round, oval, fusiform	3-10
Caudate nucleus	3+	3+-4+	round, oval	8-12	2+	2+-3+	round, oval	3-4 7-15
Putamen	3+	4+	round, oval	7-13	2+	2+	round, oval	7-15
Globus pallidus	0-1+	3+-4+	round, oval	10-15	2+	3+-4+	round, oval, triangular, polygonal	8-25
Clastrum	1+	1+-2+	round, oval	6-10	2+	3+	round, oval	2-4, 7-18

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Septofimbrial nucleus	1+-3+	3+-4+	round, oval, fusiform	10-15	0-1+	1+-3+	round, oval, triangular	15-23
Reuniens thalamic nucleus	2+	3+	round, oval, triangular, fusiform	10-20	0	3+		
Central medial thalamic nucleus	3+	4+	round, oval, triangular	8-18	1+	4+	round, oval, polygonal	7-22
Paraventricular thalamic nucleus	3+	3+	round, oval, fusiform	7-21	0-1+	3+	round, oval	10-12
Medial anterior thalamic nucleus	2+	3+	round, oval, fusiform	7-19	0-1+	2+-3+	oval	12
Lateral anterior thalamic nucleus	3+	3+	round, oval, triangular, polygonal	10-24	0-1+	2+-3+	polygonal	10-15
Ventral thalamic nucleus								
VL	2+	2+	round, oval	10-18	1+	3+	round, oval	8-15
VPL	3+	2+-3+	round, oval, triangular	7-20	0-1+	2+-3+	round, oval	10-20
VPM	3+	3+	round, oval	10-20	1+	2+	round, oval	10-20
Reticular thalamic nucleus	0	3+			2+-3+	1+-3+	round, oval, triangular	8-30

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Gelatinosus thalamic nucleus	0	3+			0	3+		
Lateral posterior thalamic nucleus	2+	2+	oval, fusiform, polygonal	10-20	2+	2+	round, oval, fusiform	10-25
Posterior thalamic nuclear group	1+2+	2+	round, fusiform, triangular, oval	10-20	2+	3+	round, fusiform, triangular	10-30
Anterior pretectal area	1+	2+	round, oval	10-15	1+2+	1+2+	fusiform	10-15
Zona incerta	0-1+	2+	round, oval	12-18	0-2+	2+3+	round, oval, triangular	10-20
Optic tract	0	3+			0	4+		
Supraoptic decussation	0	2+3+			0-1+	2+3+	round, oval, triangular	14-25
Mammillary body								
Medial mammillary nucleus	2+3+	3+4+	round, oval	10-25	0	0		
Lateral mammillary nucleus	2+	3+	round, oval, polygonal	20-30	0	1+		



ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Dentate gyrus								
Molecular layer	0	4+			0	2+		
Granular layer	0	3+			0	2+		
Polymorphic cell layer	3+	4+	round, oval, triangular, polygonal	8-15	0-1+	3+-4+	oval	18-25
Hippocampus								
Molecular layer	0	0			1+	2+	round, oval	10-20
Pyramidal cell layer	0	0			1+	3+	round, oval	10-20
Polymorphic cell layer	0-2+	3+	round, oval	10-14	2+	3+	round, oval	10-20
Subicular complex								
Molecular layer	0	3+			0	1+		
Pyramidal cell layer	2+	2+	round, oval, triangular	10-20	0-1+	3+	round, oval	15-25
Polymorphic cell layer	2+	2+-3+	round, triangular, oval	10-25	2+	2+-3+	round, oval, triangular	10-25
Pineal body	0-1+	2+-3+	round, oval	15-25	0-1+	3+-4+	round, oval	8-25

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Substantia nigra								
Pars compacta	2+	2+	oval, fusiform, triangular	12-30	2+	2+	round, oval, fusiform	15-35
Pars reticulata	0	3+			3+	3+	round, oval, fusiform	12-30
Pars lateralis	1+-2+	2+	round, fusiform, triangular	13-25	0-1+	2+	round, oval, fusiform	15-35
Amygdaloid nucleus								
Lateral amygdaloid nucleus	2+	3+	round, oval, fusiform	8-15	2+	3+	round, oval, polygonal	10-20
Central amygdaloid nucleus	2+	1+-2+	round, oval, fusiform	8-15	1+	2+	round, oval, triangular	10-20
Medial amygdaloid nucleus	2+	2+	round, oval, fusiform	12-25	1+	2+	round, oval, polygonal	10-25
Basolateral amygdaloid nucleus	1+-2+	3+	round, oval	10-15	1+	2+	round, oval, polygonal	10-25
Lateral geniculate nucleus								
Dorsolateral	2+-3+	2+	oval	15-25	1+-3+	2+	round, oval, fusiform	15-22
Ventralateral	2+-3+	2+	oval	15-25	2+	2+	round	15-25
Pontine nuclei	0	2+			1+	2+-3+	round, oval, fusiform	7-18
Interpeduncular nucleus								
Caudal subnucleus	0	2+			1+	3+	round, oval, triangular	8-25

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Intermediate subnucleus	3+	4-5+	round, oval, polygonal	3-20	1+	3+	round, oval, triangular	8-23
Lateral subnucleus	2+	2+	round, oval	3-5 15-20	1+	3+	round, oval, triangular	8-23
Apical subnucleus	1+	1-2+	round, oval	15-18	1+	3+	round, oval, triangular	8-23
Ventral tegmental decussation	0	2+			0	3+		
Caudal linear nucleus raphe	0	1+			0-1+	3+	round, polygonal	5-10
Dorsal tegmental decussation	2+	2+	round, oval	10-20	0	2+		
Oculomotor nucleus	0-1+	<1+	-	-	3+	3+	round, oval, triangular	20-40
Medial longitudinal fasciculus	0	0			0	2+		
Resencephalic trigeminal nucleus	0-1+	2+	round, oval, polygonal, triangular	10-20	2+	3-4+	round, oval, fusiform	20-25

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Central gray	2+	3+	round,oval,fusiform	8-20	2+	3+	round,oval	5-10
Medial geniculate nucleus								
Dorsal	2+	2+	round,oval,fusiform, polygonal	10-25	1+	4+	round,oval,fusiform	7-27
Ventral	3+	3+	round,oval,polygonal	10-20	1+	4+	round,oval,fusiform	7-27
Medial	2+	2+	round,oval,polygonal	10-20	1+	4+	round,oval,fusiform	7-27
Superior colliculus								
Zonal layer	1+	3+	round,oval,fusiform	8-18	0	3+		
Superficial gray layer	2+	2+	round,oval,fusiform	10-20	1+	3+	oval	10-20
Optic nerve layer	0-1+	0-1+	round	15-20	1+	3+	oval,fusiform	15-20
Intermediate gray layer	1+	2+	round,oval,triangular, fusiform	12-20	1+	3+	oval,fusiform;polygonal	5-28
Intermediate white layer	1+	3+	triangular,fusiform, polygonal	10-15	2+	2+	round,oval,polygonal	15-25
Deep gray layer	0-1+	1-2+	oval,fusiform	10-15	2+	2+-3+	oval,fusiform, polygonal	5-28

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Brachium inferior colliculus	0	3+			0	3+		
Nucleus brachium inferior colliculus	1	1+-2+	round, oval, fusiform, triangular	5-17	2+	3+	oval, fusiform	15-25
Retrorubral field	0	2+			1+	3+	round, oval	12-40
Tegmental nucleus								
Anterior	2+	2+	round, oval	7-13	0	2+		
Subpeduncular	0	3+			0-1+	2+	round, oval	10-20
Raphe nucleus								
Median and paramedian raphe nucleus	1+	3+	oval, fusiform	10-15	0-1+	2+	round, oval	15-20
Dorsal raphe nucleus	2+	3+	round, oval	12-20	1+	3+	round, oval, triangular, fusiform	5-20
Inter collicular nucleus	1+	3+	round, oval, fusiform	5-20	2+	2+	round, oval, fusiform	10-25
Pyramidal tract	0	2+			0	2+		
Trapezoid body	0	1+			0	2+		
Nucleus trapezoid body	3+	2+	oval, fusiform	13-20	3+	2+	round, oval	15-20

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Rhabdoid nucleus	2+	2+	oval, fusiform	10-25	0	2+		
Periolivary nucleus								
Superior	1+	3+	round, oval	12-20	2+	3+	round, oval	15-20
Ventral	0-1+	2-3+	round, oval	12-17	0-1+	2+	round, oval	12-20
Rostral	0-1+	2+	round, oval	12-17	3+	3+	round, oval, triangular	15-24
Superior olive	2+	3-4+	round, oval, fusiform	15-25	1+	2+	round, oval	12-20
Inferior colliculus								
External cortex	2-3+	4-5+	round, oval, triangular	10-15	0-2+	3+	round, oval, triangular	10-25
Central nucleus	0	2+			2+	3-4+	round, oval	10-25
Dorsal cortex	2+	2-3+	round, oval, fusiform	9-20	2+	3-4+	round, oval	10-15
Rubrospinal tract	0	3+			0	3+		
Pontine reticular nucleus	0	3+			3+	3+	round, oval, fusiform, polygonal	20-60
Subcaeruleus nucleus	2+	3+	round, oval	15-30	0-1+	3-4+	-	-
Peritrigeminal zone	0-1+	2+	polygonal	30	0-1+	3+	round	10-15
Motor trigeminal nucleus	0-1+	4+	round	5-10	0-1+	3+	round	10-15

## ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Motor root trigeminal nerve	0	2+			0	2+-3+		
Principle sensory trigeminal nucleus	0	2+-3+			2+	2+-3+	round, oval	10-18
Tegmental nucleus								
Dorsal	3+	3+-4+	round	10-15	0	4+		
Ventral	0-1+	3+	oval	23	2+	3+	round, oval	15-30
Lateral	2+	3+	oval, fusiform	15-25	0	3+		
Cerebellum								
Molecular layer	3+	4+	round	3-5	3+-4+	4+-5+	oval	3-10
Purkinje cell layer	4+	2+-3+	oval	20-32	3+-4+	4+-5+	oval	20-30
Granular cell layer	0	2+-3+			0	2+		
Abducens nucleus	1+	2+	round, oval, triangular	15-20	0	2+		
Paraabducens nucleus	1+	1+	round, triangular	15-23	2+	2+-3+	round, oval, triangular	10-25
Inferior cerebellar peduncle	0	2+			0	3+-4+		
Cochlear nucleus								
Dorsal	0	2+			2+-3+	2+-3+	round, oval, fusiform, triangular	10-20
Ventral	0-1+	2+	round, triangular	15-25	3+	2+-3+	round, oval	10-25
Granular layer	0	2+			0-1+	2+	round	15-18

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Vestibular nucleus								
Lateral	0	4+			3+	4+	round, oval, triangular	25-50
Superior	0	3+			3+	3+	round, oval	20-45
Medial	0	0-1+			2+	4+	round, oval, triangular	10-20
Spinal vestibular nucleus	0	1+-2+			2+	3+	round, oval	10-25
Nucleus Y	0	3+			2+	4+	round, oval	10-20
Nucleus X	0	1+-2+			2+	2+	round, oval	10-25
Prepositus hypoglossal nucleus	0	0-1+			0-1+	4+	-	-
A. noradrenaline cells	0	3+-4+			2+	4+-5+	round, oval	16-25
Facial nucleus	0	2+			1+-2+	2+	round, oval	14-24
Cerebellar nucleus								
Int A	0	3+			2+	4+	round, oval, fusiform	10-15
Lat	0	4+			2+	3+-4+	round, oval	15-25
Inf	0	2+			1+	2+-3+	oval	10-15
External cuneate nucleus	0-1+	2+-3+	round, oval	10-20	1+	4+	round, oval	8-15
Raphe obscurus nucleus	0	0-1+			0	2+		
Spinal trigeminal nucleus	1+	3+	round, oval	15-20	2+	3+	round, oval	4-20



ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL.	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Spinal trigeminal tract	2+	3+	round, oval, fusiform	5-10	0	2+		
Reticular nucleus								
Parvocellular	1+	2+	round, oval, fusiform	15-18	1+	4+	oval, triangular	15-25
Intermediate	0-1+	3+	-	-	1+2+	3+	round, triangular	20-30
Gigantocellular	0	2+			2+	3+	oval, triangular, polygonal	10-35
Medullary	1+	3+	round, oval	7-15	2+	4+	oval, fusiform	15-35
Lateral reticular nucleus								
Parvocellular	2+	3+	round, oval, triangular	15-34	2+	3+	round, oval, triangular	20-40
Caudoventrolateral	1+	3+	round, oval	10-25	2+	3+	round, oval, triangular	20-40
Inferior olive								
Subnucleus A	2+3+	3+4+	round, oval	15-25	0	2+		
Subnucleus C	2+3+	3+4+	round, oval	15-25	0	2+		
Subnucleus X	3+	3+	oval	15-25	0	2+		
Subnucleus B	2+	4+	round	15-22	0	2+		
Dorsal spinocerebellar tract	0-1+	3+	round, oval, triangular	7-15	0	3+		
Medial longitudinal fusciculus	0	3+			0	4+		
Gracile nucleus	0-1+	3+	round	15-25	0-1+	3+	round, oval	15-20
Cuneate nucleus	0-1+	3+	oval	20-25	2+	3+	oval, triangular, fusiform	25-35

ตารางที่ 1 (ต่อ)

BRAIN REGION	CALBINDIN				PARVALBUMIN			
	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)	DENSITY OF CELL	DENSITY OF FIBER	SHAPE	SIZE (UM)
Accessory nucleus	0	4+			0	3+		
Pyramidal decussation	0	3+			0	3+		
Nucleus solitary tract	0-1+	3+	round, fusiform	19-25	0-1+	3+	round, fusiform	19-25
Hypoglossal nucleus	0-1+	4+	round, oval	12-19	0	2+		
Retroambigous nucleus	1+	3+	round, fusiform	25-30	2+	4+	round	20-30

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 42 แสดงบริเวณต่างๆของสมองกระแท โดยตัดแบบ coronal (รูป A - O) และ sagittal (รูป P - U) แสดงปริมาณ immunoreactive neurons และ fibers ซึ่งให้ผลบวกต่อการย้อม calbindin-D28K และ parvalbumin โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ high , moderate และ low ซึ่งแทนด้วยจุดค่าขนาดต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

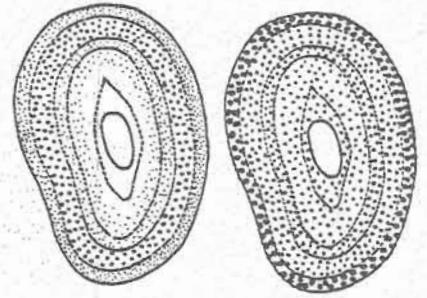
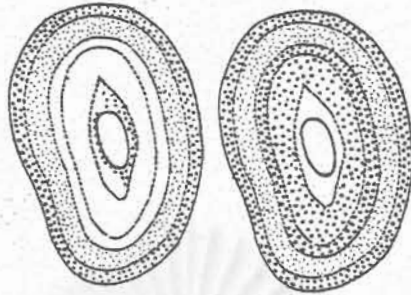
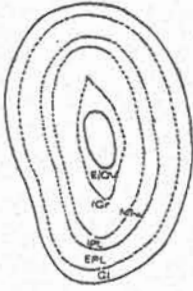
CaLB

PV

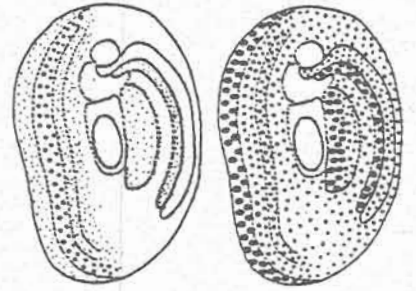
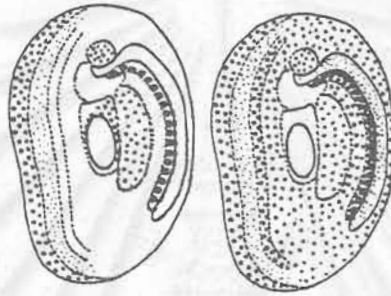
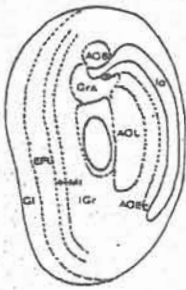
CELL FIBER

CELL FIBER

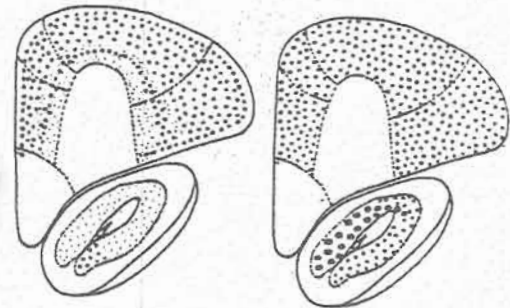
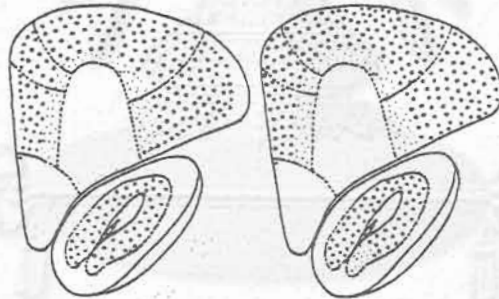
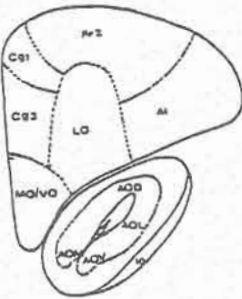
A



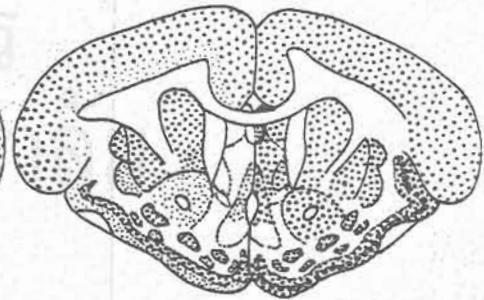
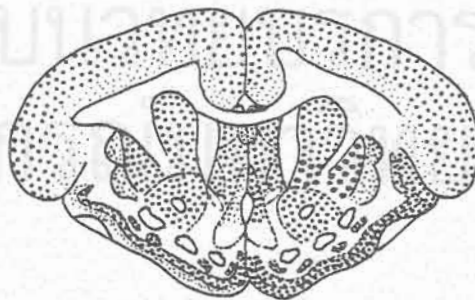
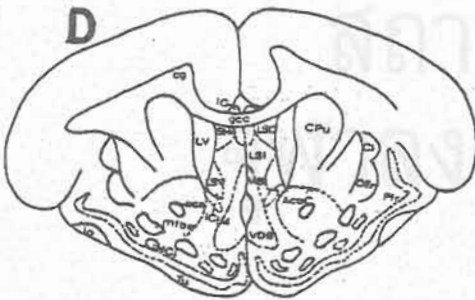
B



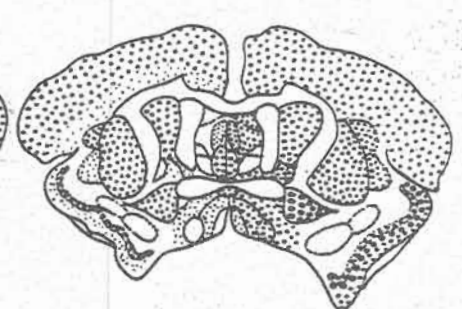
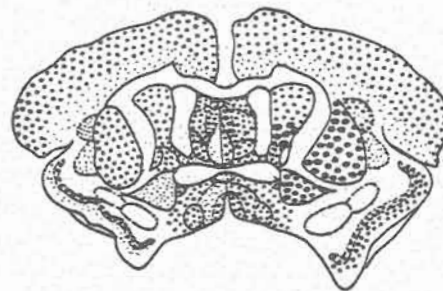
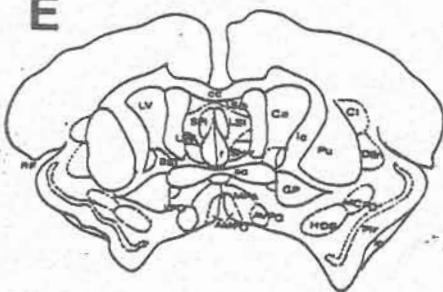
C



D



E

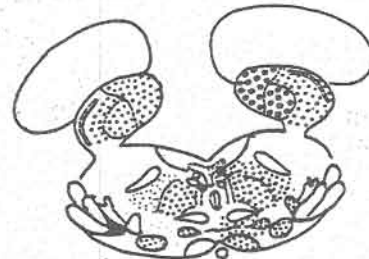
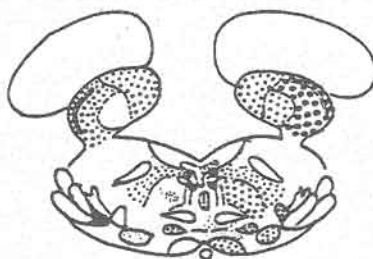
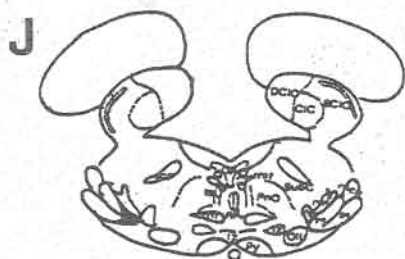
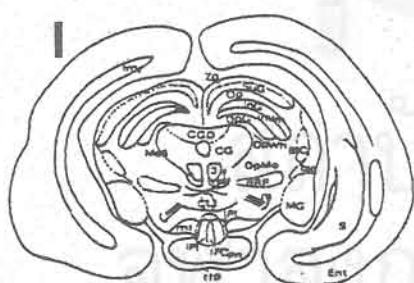
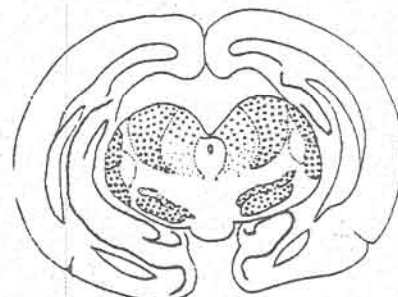
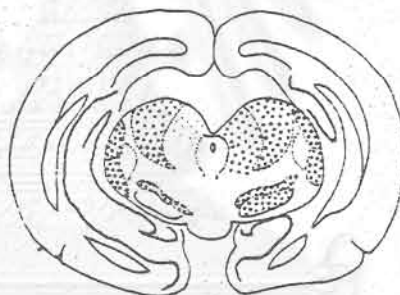
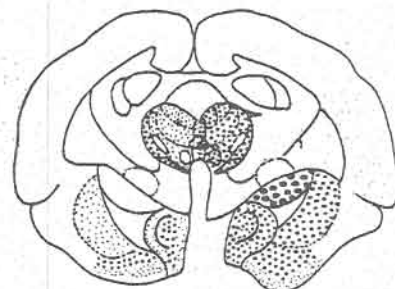
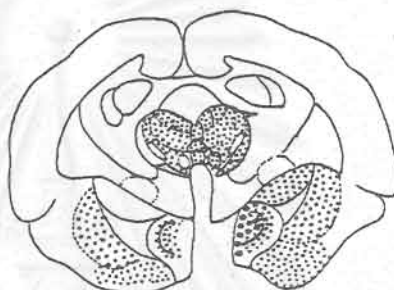
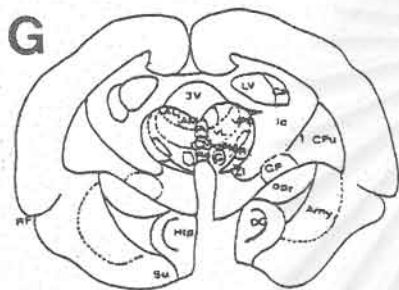
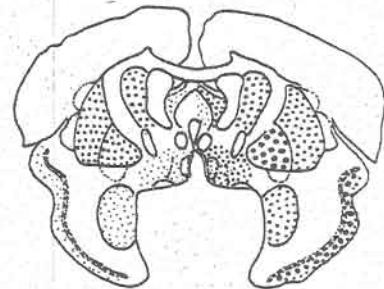
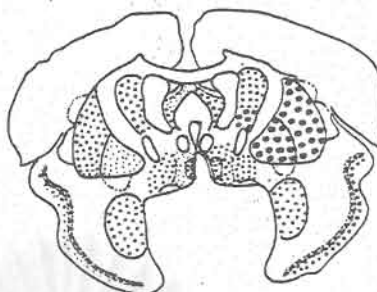
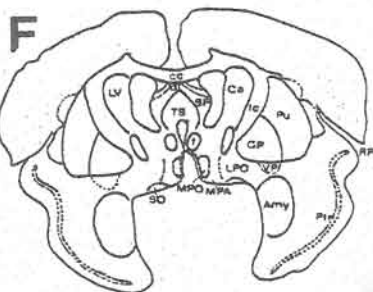


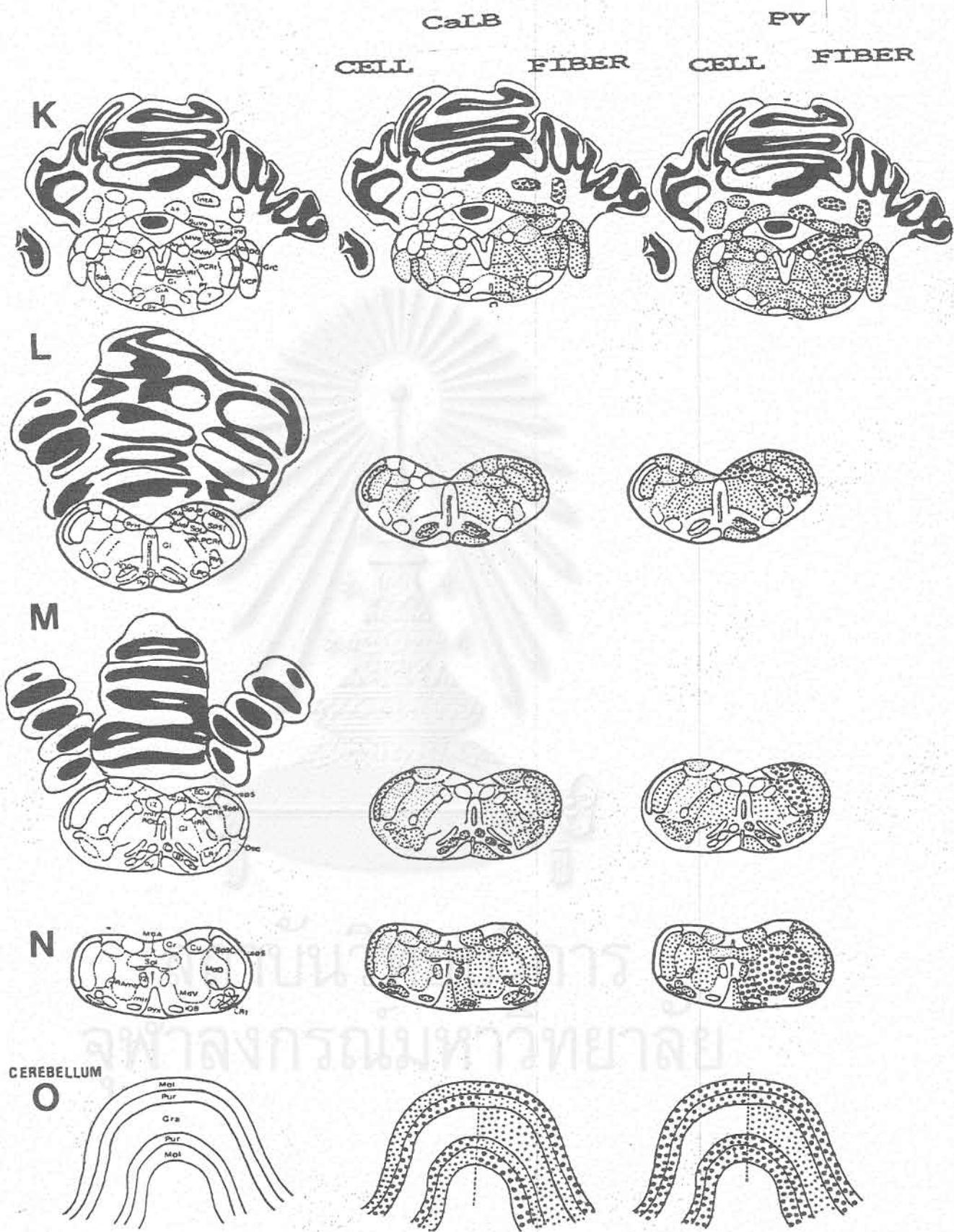
CaLB

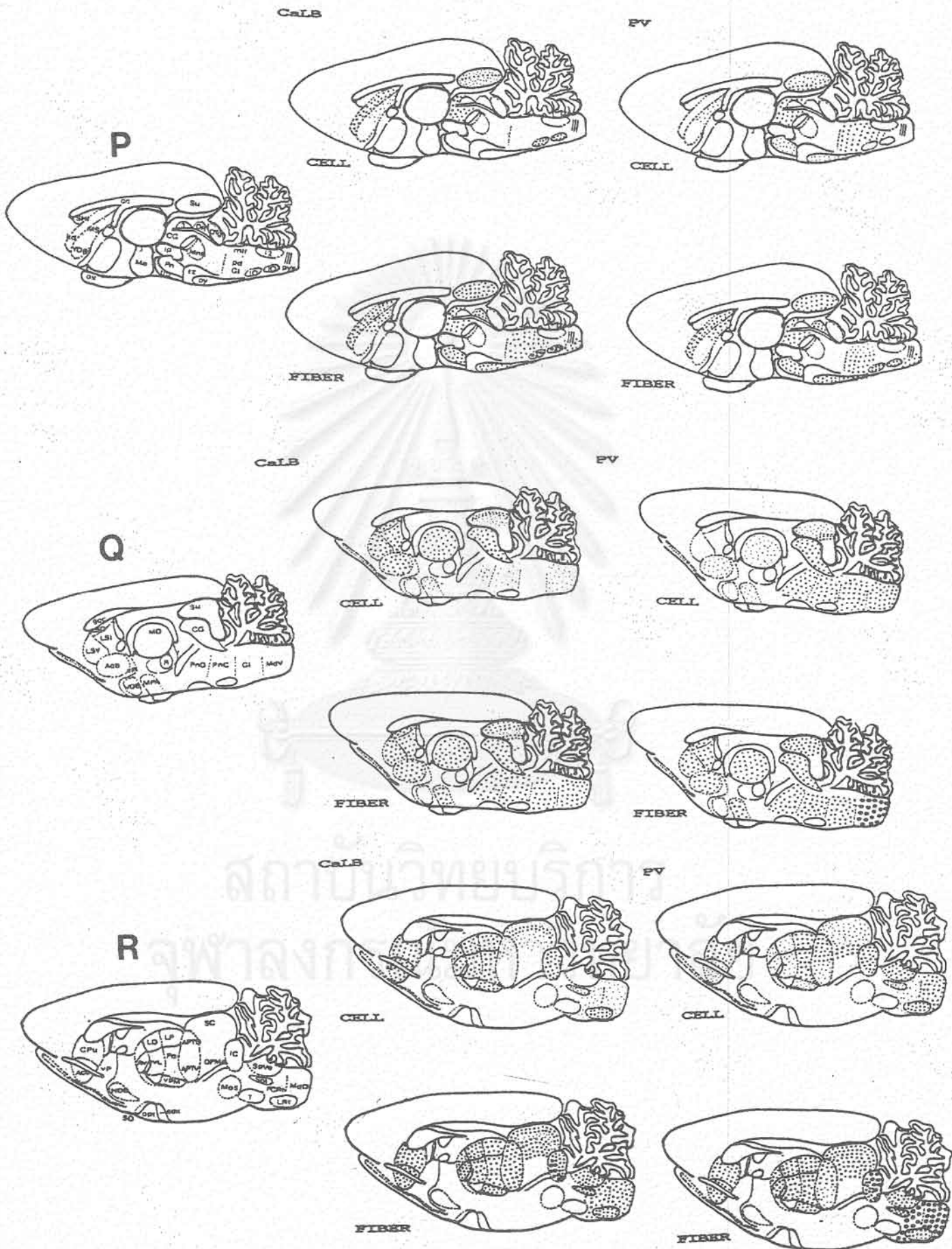
PV

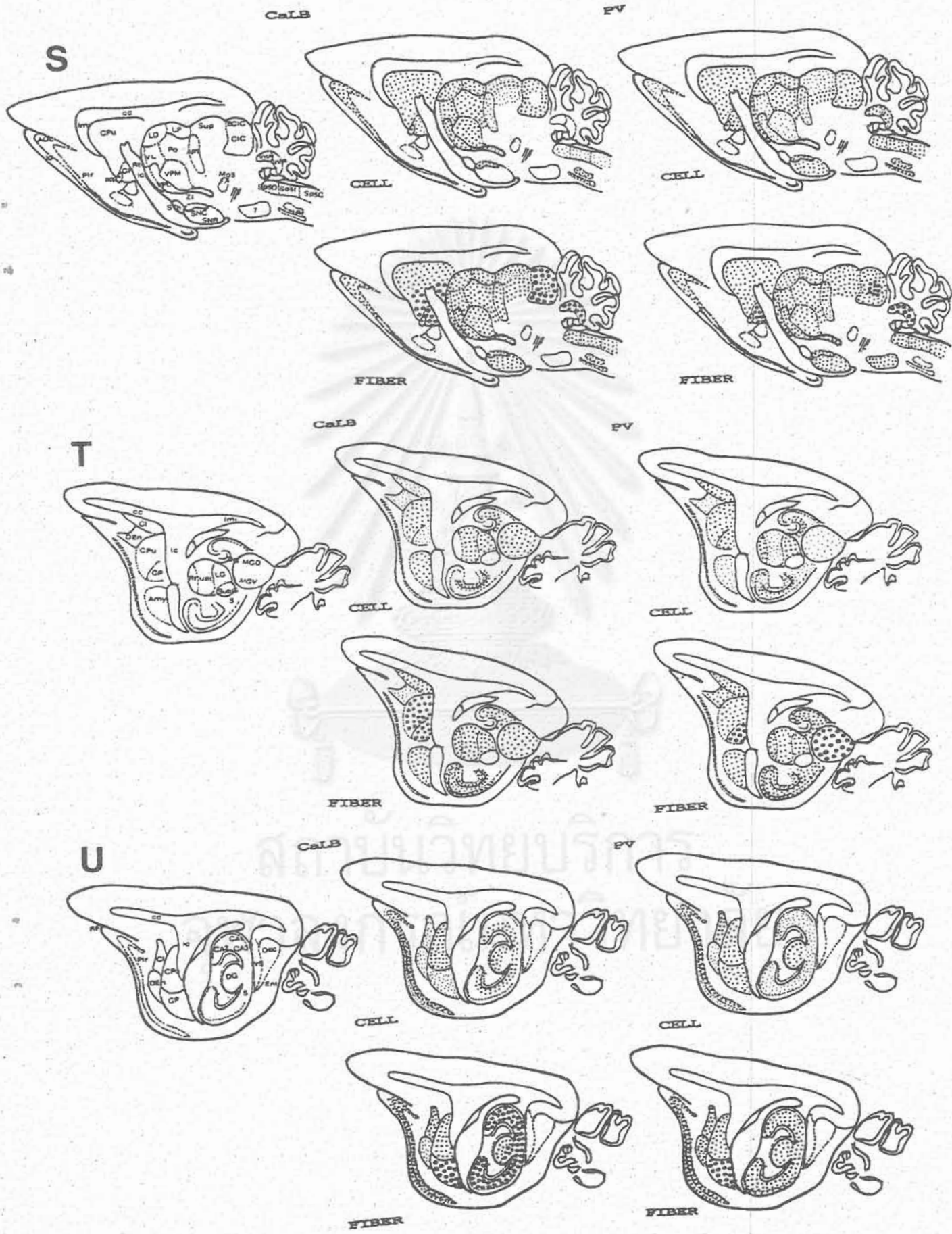
CELL FIBER

CELL FIBER











## อภิปรายผลการทดลอง

### การศึกษา โดยทั่วไป

จากการย้อม calbindin - D28K (CaLB) และ parvalbumin (PV) ในบริเวณต่าง ๆ ของสมองกระแต (*Tupaia glis*) พบว่ามีการกระจายของ immunoreactive neurons (IRN) และ immunoreactive fibers (IRF) โดยทั่วไปเกือบทุกบริเวณของสมอง โดยมีความแตกต่างกันในด้านปริมาณและความเข้ม ของ IRN และ IRF เมื่อย้อมด้วยโปรตีนชนิดเดียวกัน และต่างชนิดกัน การศึกษาในครั้งนี้ ได้พยายามเปรียบเทียบปริมาณและความเข้มของ calbindin - D28K immunoreactive neuron (CaLB-IRN) และ calbindin-D28K immunoreactive fiber (CaLB-IRF) กับ parvalbumin immunoreactive neuron (PV-IRN) และ parvalbumin immunoreactive fiber (PV-IRF) ในตำแหน่งเดียวกัน

จากการทดลองในครั้งนี้ antibody ที่ใช้ศึกษานั้น เป็น monoclonal antibody ซึ่งจะมี sensitivity และ specificity ที่ค่อนข้างสูง ต่างจาก polyclonal antibody ซึ่งสกัดมาจากสัตว์ ที่ได้รับการ immunization โดยจะมี sensitivity และ specificity ที่ค่อนข้างต่ำกว่าและยังพบว่ามี cross-reaction ได้ง่ายกับ calcium binding protein (CaBP) และ โปรตีนชนิดอื่นที่โครงสร้างใกล้เคียงกันเช่น calretinin และ calbindin - D9K เป็นต้น

พบว่าจากการศึกษาในระยะแรก ๆ นั้น มักจะใช้ polyclonal antibody ที่ทำการสกัดขึ้นเองเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกันออกไปบ้าง กับการศึกษาในปัจจุบัน อีกทั้งวิธีการที่ใช้ทดลอง เช่น น้ำยาคอง และสารเคมี ก็อาจมีส่วนให้ผลการศึกษาแตกต่างกันออกไปได้เช่นกันต่ออย่างไรก็ตาม Celio (1990) ซึ่งได้ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับ CaLB และ PV ในสมองหนู พบว่าความแตกต่างของน้ำยาคองไม่มีผลต่อ immunoreaction มากนัก รวมถึงหาก embedding material ค้ำยเช่น epon หรือ aradite ก็ไม่สามารถที่จะทำลาย antigenicity ได้ หรือแม้กระทั่งพวก strong fixative ต่าง ๆ เช่น 2.5% glutaraldehyde ถ้าได้รับการเติม calcium chloride ลงไปเพียงพอก็สามารถที่จะนำมาใช้ในการทดลองได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ น้ำยาคองที่ใช้ ได้แก่ 10% formalin

พบว่าให้ผลการทดลองที่เด่นชัด และทำให้ชั้นสมอง มีความแข็งแรงเหมาะ ในการตัดด้วยเครื่อง vibratome แต่ก็ยังพบว่ายังมีปัญหาอยู่บ้าง ในขั้นตอนการสวนน้ำยาเข้าทางหัวใจ ไม้ดีพอ จึงทำให้ เซลล์เม็ดเลือดยังคงคั่งค้างบ้างในบางบริเวณและรบกวนปฏิกิริยาได้ ทำให้เกิดมี artifact เกิดขึ้น ซึ่งแก้ไขโดยทำการทดลองในสัตว์ตัวใหม่

จากการศึกษาพบมีการกระจายของ IRN และ IRF โดยทั่วไปในบริเวณต่าง ๆ ของ สมองจากการย้อมทั้งสองวิธี โดยในบางบริเวณก็พบว่าเห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัด บางบริเวณพบว่าไม่มีความแตกต่าง ส่วนบางบริเวณก็พบว่ามีความแตกต่าง แต่ไม่มากนัก บริเวณซึ่งพบมีความแตกต่างอย่างเด่นชัดเช่น reticular formation, inferior olivary nucleus, deep cerebellar nuclei, oculomotor nucleus, substantia nigra, mammillary body, facial nucleus, cochlear nucleus และ vestibular nucleus เป็นต้น ส่วน บริเวณซึ่งไม่พบมีความแตกต่างมากนัก หรือแตกต่างเพียงเล็กน้อย เช่น olfactory bulb, olfactory nucleus, cerebral cortex, hippocampal formation, corpus striatum, claustrum, cerebellum, amygdaloid nucleus, lateral geniculate nucleus, central gray และ hypoglossal nucleus เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบว่า immunoreactive reaction ที่เกิดขึ้น จะมีตำแหน่งอยู่ใน perikarya, dendrites และ axons ส่วนใน nucleolus นั้นไม่พบ immunoreactive และในสมอง ซึ่งต่างบริเวณกัน จะมี immunoreactive ค่อนข้างต่าง ๆ ของเซลล์แตกต่างกัน ออกไป รวมถึงความเข้มของ reaction ก็พบมีความเข้มที่ไม่เท่ากันด้วย ซึ่งความเข้มที่แตกต่างกันนี้ คาดว่าจะขึ้นกับปริมาณ calcium binding protein นั้นเอง (Celio, 1990)

ส่วนใน ependymal cells และ glial cells พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วจะไม่ได้ ผลบวกต่อการย้อม ทั้ง CaLB และ PV ยกเว้น ependymal cells ในบางบริเวณเช่น บริเวณ ที่คาอยู่รอบๆ third ventricle เท่านั้นซึ่งให้ผลบวกเฉพาะต่อการย้อม CaLB

### Cerebral cortex

ในบริเวณ cerebral cortex จะกล่าวถึงเฉพาะ neocortex เท่านั้น จากการทดลองพบว่า มี CaLB-IRN และ PV-IRN มีการกระจายอย่างกว้างขวางทุกบริเวณ โดยในการย้อมทั้งสองวิธีนี้พบมี IRN ในปริมาณปานกลาง ส่วน IRF ก็พบกระจายอยู่ทั่วไปในทุกชั้น และเหมือนกันทั้งสองวิธี

บริเวณ cerebral cortex นี้ พบทุกบริเวณให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงจะ

กล่าวโดยรวม ๆ โดยพบว่าใน cortex นี้ จะประกอบไปด้วยชั้นต่าง ๆ ถึง 6 ชั้น จากผลการทดลองพบว่าในทุกชั้นให้ผลบวกต่อการย้อมทั้งสองวิธี ทั้ง IRN และ IRF แต่ยกเว้นในชั้นที่ 1 (molecular layer) เท่านั้น ซึ่งไม่พบเซลล์ให้ผลบวกเลย นอกจากนี้เซลล์ซึ่งให้ผลบวกในชั้นต่าง ๆ นั้น ดูจากรูปร่างลักษณะแล้วน่าจะเป็นพวก pyramidal cells เพราะมีรูปร่างสามเหลี่ยมกระจายอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังพบพวก fusiform cells โดยมักพบให้ผลบวกในชั้นลึกของ cerebral cortex ผลการทดลอง สอดคล้องกับการทดลองของ Celio (1990) ซึ่งทำการย้อมทั้งสองวิธี แต่อย่างไรก็ตาม PV-IRN นอกจากจะเป็น pyramidal cells แล้ว ยังพบว่าพวก non-pyramidal cells ก็ให้ผลบวกด้วยเช่นกัน และพบได้อย่างหนาแน่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นที่ 2-4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Celio และ Heizmann (1981) และการทดลองของ DeFelipe และคณะ (1989)

PV-IRN ใน cerebral cortex นี้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นเซลล์เดียวกับ GABAergic neuron (Celio and Heizmann, 1981) พบว่า GABAergic neurons บางเซลล์ก็ไม่ใช่เซลล์เดียวกับ PV-IRN (Heizmann, 1984) จากการทดลองพบว่า CaLB-IRN ให้ผลบวกค่อนข้างหนาแน่นในชั้นที่ 2-4 เช่นเดียวกัน และสอดคล้องกับการทดลองของ Feldman และ Christakos (1983) ด้วย ส่วน Garcia-Segura และคณะ (1984) ได้สรุปว่าปริมาณของ CaLB-IRN มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ที่ให้ผลบวก ซึ่งจากการทดลองคาดว่าอาจจะเป็นไม่ได้ เนื่องจากพบ CaLB-IRN ในปริมาณปานกลางเท่านั้น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า IRN จากการย้อมทั้งสองวิธี จะให้ผลบวกในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่มีบางรายงาน (Kobayashi et al., 1990) แสดงให้เห็นว่า CaLB-IRN และ PV-IRN ไม่ coexist กันในบริเวณนี้ และยังพบว่าคนไข้ที่เป็น Down's syndrome มีปริมาณ CaLB-IRN และ PV-IRN ลดลงใน cerebral cortex ด้วย

### Limbic system

ระบบของ limbic system ประกอบด้วยสมองบริเวณต่าง ๆ ดังนี้คือ hippocampal formation ซึ่งประกอบไปด้วย hippocampus, dentate gyrus และ subiculum, parahippocampal gyrus, cingulate gyrus, retrosplenial cortex, septal area และ basolateral amygdaloid nucleus ซึ่งทั้งหมดนี้ อยู่ใน telencephalon และในส่วนของระบบนี้ยังประกอบด้วย mammillary body, anterior thalamic nucleus และ habenular nucleus โดยจากการย้อม CaLB และ PV ในบริเวณต่าง ๆ เหล่านี้ ไม่สามารถครอบคลุมได้ในทุกนิวเคลียส เนื่องจากไม่สามารถ

ที่จะหาตำแหน่งที่แน่นอนได้ แต่อย่างไรก็ตามในบริเวณต่าง ๆ ที่สำคัญได้ทำการศึกษาไว้ดังจะกล่าวรายละเอียดต่อไป

จากการทดลองในบริเวณ hippocampus นั้นพบ CaLB-IRN ปริมาณที่เล็กน้อยจนถึงปานกลางในชั้นของ polymorphic cell layer และพบ PV-IRN กระจายโดยทั่วไปในทุกชั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นของ polymorphic cell layer มีค่อนข้างหนาแน่นกว่าชั้นอื่น ๆ เป็นที่น่าสนใจกว่า pyramidal cells ไม่พบให้ผลบวกเลย ส่วน CaLB-IRF พบมีปริมาณมากในชั้นของ polymorphic cell layer เช่นเดียวกันแต่จะพบว่า PV-IRF มีการกระจายอยู่โดยทั่วไปในทุกชั้น โดยในชั้นของ polymorphic cell layer นั้นให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธี ในการทดลองของ Rodriguez-moldes และคณะ (1990) พบว่า CaLB-IRN จะเป็นพวก non-pyramidal cell ซึ่งได้ผลตรงกับผลการทดลองในครั้งนี้เช่นกันและ Sloviter (1991) ยังได้ทำการทดลองและพบว่า non-pyramidal cell ใน hippocampus ยังเป็นเซลล์เดียวกันกับ GABAergic neurons ด้วย โดย GABAergic neurons เหล่านี้จะส่ง fibers ไปยังบริเวณ medial septum นอกจากนี้การทดลองของ Celio และ Heizmann (1981) ที่ได้ทำการย้อม PV ในบริเวณนี้พบว่า PV-IRN มักจะอยู่ในชั้นของ pyramidal cell layer เท่านั้นซึ่งจะเห็นว่าขัดแย้งกับการทดลองในครั้งนี้ ที่พบ PV-IRN ในทุกชั้น และในชั้นของ polymorphic cell layer จะเป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด จึงสรุปได้ว่า pyramidal cells ในบริเวณ hippocampus นี้ ไม่พบให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธีนี้เลย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองอื่น ๆ

ในบริเวณ subicular complex พบว่าโดยส่วนใหญ่ให้ผลบวกซึ่งใกล้เคียงกันทั้งสองวิธี โดย IRN มักจะอยู่ในชั้นของ polymorphic cell layer และ pyramidal cell layer ส่วนปริมาณของ IRF ในทุกชั้นพบได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

ในบริเวณของ dentate gyrus โดยส่วนใหญ่ พบว่าเซลล์ซึ่งให้ผลบวกจะอยู่ในชั้น polymorphic cell layer เท่านั้น จากการย้อมทั้งสองวิธี โดยจะมี CaLB-IRN ในปริมาณที่ค่อนข้างหนาแน่น ส่วน PV-IRN พบเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในชั้นนี้ และ IRF จากการย้อมทั้งสองวิธี พบได้ในปริมาณที่หนาแน่น การทดลองนี้ ให้ผลเช่นเดียวกับผลการทดลองของ Celio และ Heizmann (1981) ซึ่งพบว่ามี CaLB-IRN ใน dentate gyrus อย่างหนาแน่น และพบว่าเซลล์ซึ่งให้ผลบวกทั้งลักษณะและรูปร่างจะค่อนข้างเหมือนกัน ๆ จัดเป็นพวก granule cells ซึ่งตรงกับข้อสรุปของ Sloviter (1989) ซึ่งทำการทดลองในหนู อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองที่ได้นี้ คาดว่าเซลล์ซึ่งให้ผลบวก นอกจากจะเป็น granule cells แล้ว ยังมี pyramidal cells บางเซลล์ให้ผลบวกด้วย เนื่องจาก IRN บางเซลล์มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมปะบนอยู่ด้วย ซึ่งก็คือ pyramidal cells นั่นเอง และจากการทดลองของ Sloviter ยังพบว่า

PV-IRN มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งตรงกับผลการทดลองนี้เช่นกัน และเขาสรุปว่าเซลล์ชนิดนี้ คือ basket cells ซึ่งให้ผลมากเฉพาะการข้อม PV เท่านั้น

นอกจากบริเวณซึ่งกล่าวมาแล้ว ใน limbic system ยังประกอบด้วย septal area รวมถึง fornix และ fimbria ทั้งหมดนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของ "Papez loop" จากการทดลองในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาในบริเวณต่าง ๆ ของ septal area, medial septal, septofimbrial และ septohypothalamic nucleus พบว่า CaLB-IRN มีปริมาณปานกลาง PV-IRN ไม่ให้ผลมากเลยในบริเวณต่าง ๆ ของ septal nucleus ส่วนบริเวณ triangular septal nucleus ไม่ให้ผลมากเลยจากการข้อมทั้งสองวิธีแต่บริเวณ fornix พบ PV-IRN และ CaLB-IRN อย่างเด่นชัดโดย PV-IRN พบได้ในปริมาณที่หนาแน่นมากกว่า อย่างไรก็ตามกล่าวโดยสรุปแล้วพบว่าในบริเวณ septal area ส่วนใหญ่จะให้ผลมากต่อการข้อม CaLB ส่วน PV มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Garcia-Segura (1984) ซึ่งได้ทำการศึกษาในบริเวณเดียวกัน จะให้ผลมากต่อการข้อม CaLB และจากการทดลองของ Alonso และคณะ (1990) ศึกษาบริเวณนี้เช่นกันโดยการข้อม PV พบว่ามี PV-IRN น้อยมากเกือบไม่พบเลย และไม่สัมพันธ์กับ cholinergic และ GABAergic neurons

บริเวณ amygdaloid nucleus โดยเฉพาะส่วน basolateral amygdaloid nucleus ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ limbic system พบว่าให้ผลมากต่อการข้อม CaLB ในปริมาณที่หนาแน่นกว่า PV ทั้งปริมาณ IRN และ IRF และใน stria terminalis ซึ่งเป็นกลุ่มเส้นใยประสาทที่ออกจาก amygdala ไปสิ้นสุดที่ septal area, preoptic nucleus, anterior และ ventromedial hypothalamic nuclei พบว่า ให้ผลมากจากการข้อม CaLB อย่างเด่นชัด ส่วนการข้อม PV ไม่ให้ผลมากเลย ซึ่งรวมถึง bed nucleus ของ stria terminalis ก็ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกัน

ใน mammillary body ซึ่งกล่าวไว้ในเรื่อง hypothalamus จัดอยู่ในระบบ limbic system ด้วยเช่นกัน ก็ให้ผลมากต่อการข้อม CaLB และให้ผลลบต่อการข้อม PV

บริเวณ anterior thalamic nucleus ซึ่งประกอบด้วยบริเวณ medial และ lateral โดยมีความเกี่ยวข้องกับระบบนี้ด้วย พบว่าให้ผลมากจากการข้อม CaLB อย่างเด่นชัดส่วนการข้อม PV นั้น ปรากฏว่าให้ผลน้อยมาก หรือเกือบไม่พบเลย

โดยสรุปแล้วจะเห็นว่า ใน limbic system นี้ ส่วนใหญ่มี CaLB อย่างเด่นชัด ส่วน PV พบได้น้อยมาก ทั้งนี้ยกเว้นในบริเวณ hippocampal formation ซึ่งพบได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

## Thalamus

จากการศึกษาบริเวณต่าง ๆ ของ thalamic nucleus ได้แก่ reuniens, centromedial, paraventricular, medial anterior, lateral anterior และ ventral thalamic nucleus พบว่ามี CaLB-IRN อยู่อย่างหนาแน่น ส่วน PV-IRN พบได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และปริมาณของ IRF จากการย้อมทั้งสองวิธี พบปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนบริเวณของ reticular thalamic nucleus ให้ผลการทดลองแตกต่างอย่างเด่นชัด คือไม่พบ CaLB-IRN และ CaLB-IRF เลย ตรงกันข้ามพบ PV-IRN และ PV-IRF อยู่อย่างหนาแน่น

บริเวณต่าง ๆ ของ thalamus เหล่านี้ เป็นที่ทราบดีแล้วว่า ทำหน้าที่รับความรู้สึก ความคุมการเคลื่อนไหว เกี่ยวกับอารมณ์และความรู้สึกตัว แล้วส่งต่อ ไปยังสมองใหญ่ โดยกลุ่มประสาทในบริเวณนี้ จะแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มคือ sensory relay nuclei, motor relay nuclei, associative nuclei, affective nuclei และ diffuse thalamic nuclei

ผลการทดลอง ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Celio และ Heizmann (1981) และการทดลองของ Frassoni และคณะ (1991) โดยพบปริมาณ PV-IRN น้อยมากในบริเวณต่าง ๆ เหล่านี้ แต่ตรงกันข้ามบริเวณ reticular thalamic nucleus พบ PV-IRN ให้ผลมากอย่างหนาแน่น ส่วน CaLB-IRN พบว่าให้ผลมากในบริเวณต่าง ๆ เหล่านี้เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่าง CaLB, PV และ GABA (Hashikawa et al., 1991) พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันในกลุ่มโปรตีนเหล่านี้เลย

Feldman และ Christakos (1983) ได้ศึกษาการกระจายของเซลล์ในบริเวณ thalamus พบลักษณะค่อนข้างซับซ้อนมากกว่าบริเวณอื่น ๆ โดยแบ่งบริเวณนี้ออกเป็น 3 บริเวณคั้งนี้คือ midline, lateral และ posterior nuclei

บริเวณของ epithalamus ได้แก่ habenular พบว่าให้ผลมากจากการย้อม CaLB ทั้งเซลล์และ fibers ส่วนการย้อม PV นั้น ไม่ให้ผลมากนัก ผลการทดลองสอดคล้อง กับการทดลองของ Garcia-Segura และ คณะ (1984) พบว่าเซลล์ให้ผลมากต่อการย้อม CaLB ใน habenular เช่นเดียวกัน ส่วน pineal body จากการทดลองย้อมทั้ง 2 วิธี ครั้งนี้พบเซลล์ให้ผลมากน้อยมาก และผลการทดลองใกล้เคียงกับการทดลองของ Celio (1990)

โดยสรุปจะเห็นว่า thalamic nuclei ส่วนใหญ่จะให้ผลมากต่อ CaLB และให้ผลมากน้อยมากหรือเป็นลบ จากการย้อม PV ทั้งนี้ยกเว้นบริเวณ reticular thalamic

nucleus ซึ่งจะกล่าวในเรื่อง reticular formation ค้ำยเช่นกัน

### Reticular formation

ในบริเวณ reticular formation ระดับต่างๆ นั้นพบว่าผลการศึกษาคล้ายคลึงกัน ในทุกบริเวณ โดยเฉพาะบริเวณที่เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดได้แก่ pontine reticular nucleus, gigantocellular nucleus และ reticular thalamic nucleus ซึ่งพบ PV-IRN อย่างหนาแน่นและชัดเจน ส่วน CaLB-IRN ไม่ให้ผลบวกเลขนอกจากบริเวณดังกล่าวซึ่งไม่ให้ผลบวกต่อการย้อม CaLB ก็พบว่าในบริเวณอื่นๆ ก็ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกัน โดยตรงกันข้ามกับ PV ซึ่งพบว่าให้ผลบวกอย่างหนาแน่น

PV-IRN ในบริเวณ gigantocellular reticular nucleus พบขนาดเซลล์ซึ่งให้ผลบวกค่อนข้างใหญ่ และเห็นชัดเจน เชื่อว่าบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ (cardiovascular center) และการหายใจเข้าออก จากการทดลอง ได้ทำการศึกษาใน pavo-cellular reticular nucleus ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ขนาดเล็ก อยู่ทางด้านในต่อ spinal trigeminal tract พบว่าให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธี ซึ่งแตกต่างจากบริเวณอื่น pavo-cellular นี้ทำหน้าที่รับสัญญาณประสาทจากการทรงตัว การได้ยินและความรู้สึกจากอวัยวะภายใน และส่งต่อไปยัง diencephalon

บริเวณ raphe nucleus ไม่ให้ผลบวกจากการย้อมทั้ง 2 วิธี และใน locus caeruleus พบว่ามี PV-IRN ปริมาณปานกลาง ส่วน CaLB-IRN ไม่ให้ผลบวกเลข และพบ fibers ในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีค่อนข้างหนาแน่น

Reticular formation ของ midbrain จะไม่รวมกันเป็นกลุ่มเด่นชัด อย่างใน pons และ medulla บริเวณ tegmental nucleus พบมี PV-IRN ปริมาณปานกลาง โดยเฉพาะ ventral tegmental nucleus ส่วนบริเวณของ dorsal และ lateral tegmental nucleus ไม่พบ PV-IRN เลย ตรงกันข้ามกลับพบว่า CaLB-IRN พบค่อนข้างมากกว่า ปริมาณของ IRF จากการย้อมทั้ง 2 วิธี ปรากฏว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน

บริเวณ interpeduncular nucleus ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ mesencephalic reticular formation พบ CaLB-IRN ปริมาณปานกลาง ส่วน PV-IRN พบน้อยมาก และพบ IRF ปริมาณใกล้เคียงกัน และเช่นเดียวกันกับ centromedian thalamic nucleus ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบนี้พบ CaLB-IRN อย่างหนาแน่น ส่วน PV-IRN พบเพียงเล็กน้อย

โดยสรุปจะเห็นว่า reticular formation ระดับ pons และ medulla

ส่วนใหญ่จะให้ผลบวกต่อการย้อม PV อย่างเด่นชัด ส่วน CaLB ให้ผลบวกลดน้อยมาก และใน  
ระดับ midbrain และ diencephalon พบ CaLB-IRN ปริมาณมากกว่า โดยยกเว้นบริเวณ  
reticular thalamic nucleus เท่านั้น

### Cerebellum

จากการศึกษาบริเวณ cerebellum พบทั้ง CaLB-IRN และ PV-IRN ให้ผลบวก  
อย่างเด่นชัด เซลล์ที่มีลักษณะติดสีค่อนข้างเข้มและขนาดใหญ่ ซึ่งคือ Purkinje cells นั้น  
เอง ผลการทดลองนี้ตรงกับการทดลองจากงานวิจัยอื่น ๆ (Celio, 1990; Jande and Maler,  
1981; Baimbridge and Miller, 1982 ; Garcia-Segura et al., 1984) ใน  
Purkinje cells นั้นนอกจากจะพบว่ามีขนาดใหญ่แล้ว ยังเรียงตัวกันเป็นแถวอย่างมีระเบียบ ใน  
ชั้น Purkinje cells layer ส่วนในชั้น molecular layer นั้นผลการย้อม CaLB พบ IRN  
ลักษณะกลมและค่อนข้างเล็ก ติดสีเข้มทึบ กระจายทั่ว ๆ ไป ส่วนจากการย้อม PV พบเซลล์ชนิดนี้  
ให้ผลบวกลดน้อยมาก จากการเปรียบเทียบ ลักษณะต่าง ๆ ของเซลล์กับทสรูปของ Carpenter  
(1976) คาดว่าเป็นพวก microglia cells ส่วนเซลล์พวก basket cells และ stellate  
cells ให้ผลบวกจากการย้อม PV อย่างเด่นชัด ส่วนจากการย้อม CaLB ให้ผลลบ ซึ่งตรงกับ  
การทดลองของ Heizmann ปี 1984 และ Ohshima และคณะ ปี 1991 ในชั้น molecular  
layer นี้ พบปริมาณของ IRF จากการย้อมทั้งสองวิธีใกล้เคียงกัน โดยจะสังเกตเห็น dendr-  
ites ของ Purkinje cells อย่างเด่นชัด แต่ส่วนปลายของ dendrites จะไม่พบว่ามี  
immunoreactive ให้สังเกตได้เลข นอกจาก dendrites ของ Purkinje cells แล้ว  
ยังสามารถเห็น climbing fiber มี immunoreactive ด้วย ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ  
Baimbridge และ Miller (1982) ที่ได้สรุปว่า fiber นี้ได้รับมาจาก inferior olive  
แล้วส่งต่อไปยัง deep cerebellar nuclei climbing fiber ซึ่งให้ผลบวกนี้พบในปริมาณ  
มากจากการย้อม CaLB และพบเล็กน้อยจากการย้อม PV ส่วนในชั้น granular layer จาก  
การย้อมทั้งสองวิธี ไม่พบ IRN เลย ผลการทดลองนี้เป็นเช่นเดียวกับ Heizmann (1984) ,  
Ohshima (1991) และ Baimbridge (1982) แต่พบการย้อม calmodulin ในชั้นนี้พบ IRN  
ได้ (Heizmann, 1984) ซึ่งไม่ได้ทำการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้จากการย้อม CaLB และ PV ใน  
ชั้น granular layer นี้ พบ IRF ซึ่งคาดว่า เป็น Purkinje cell axon และ mossy  
fiber ที่ติดสีจางเท่านั้น ถัดลงไปจาก granular layer จะเป็นส่วนของ medullary  
layer ซึ่งเป็นบริเวณชั้นในของ cerebellum และประกอบไปด้วยเส้นใยประสาทเข้า และ



ออกจาก cerebellar cortex พบ IRF เพียงเล็กน้อยเท่านั้นทั้งสองวิธี ซึ่งในบริเวณดังกล่าวประกอบด้วย mossy fibers ผ่านขึ้นมา synapse กับ dendrites ของ granule cells, climbing fiber ขึ้นมา synapse กับส่วนต้นของ Purkinje cell dendrites และ axons ของ Purkinje cells ไปสู่ deep cerebellar nuclei หรือ vestibular nuclei ในก้านสมอง

โดยสรุปจะเห็นว่าเซลล์ที่ให้ผลมากหลักในบริเวณ cerebellum ได้แก่ Purkinje cell จะให้ผลมากจากการข้อมทั้งสองวิธี และมีความเป็นไปได้ที่โปรตีนสองชนิดนี้ ถูกสร้างขึ้นในเซลล์ชนิดนี้และยังพบว่าความเข้มข้นของ IRN ค่อนข้างเข้มข้นกว่า basket และ stellate cells ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ Celio (1990) นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับ  $Ca^{2+}$ -action potentials ยังพบว่า ใน Purkinje cells มีความต้านทานต่อ tetrodotoxin ได้เป็นอย่างดี ซึ่งแตกต่างจากเซลล์ประสาทบริเวณอื่น ๆ โดยความต้านทานนี้ค่าค่ามีความเกี่ยวข้องกับปริมาณของ calcium binding protein เหล่านี้ด้วยก็เป็นไปได้ (Kretsinger, 1981)

บริเวณ deep cerebellar nuclei จากการข้อมทั้งสองวิธี ปรากฏว่า ไม่พบ CaLB-IRN เลย ตรงกันข้าม กลับพบ PV-IRN ปริมาณปานกลาง และสังเกตเห็นค่อนข้างชัดเจน ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ Celio (1990) และ Braimbridge (1982) ส่วน IRF ปรากฏว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันทั้งสองวิธี ใน deep cerebellar nuclei จะประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ซึ่งมีอยู่สามคู่คือ fastigial, interposed และ dentate nucle (Larsell, 1972) จากการทดลองพบว่าบริเวณ lateral cerebellar nucleus ตรงกับ dentate nucleus ซึ่งจะเห็นว่ามีลักษณะค่อนข้างใหญ่ และหยัก คล้ายกับบริเวณ inferior olivary nucleus ส่วนบริเวณ infracerebellar nucleus จะตรงกับ fastigial nucleus และ interposed cerebellar nucleus จะตรงกับ globose และ emboliform ในคน nuclei ต่าง ๆ เหล่านี้ มี PV-IRN ในปริมาณใกล้เคียงกัน รวมถึง IRF เช่นกัน

การศึกษาในบริเวณของ deep cerebellar nuclei ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับสัญญาณประสาทจาก Purkinje cells โดยส่งมาเพื่อยับยั้งการทำงาน และจะได้รับการกระตุ้นจาก mossy fibers ใน cerebellum ส่วนสัญญาณประสาทจาก nuclei เหล่านี้ จะส่งออกไป เพื่อกระตุ้นการทำงานของ กลุ่มเซลล์ประสาทในก้านสมอง อย่างไรก็ตามจากการทดลอง จะเห็นว่า Purkinje cells ซึ่งให้ผลมากจากการข้อมทั้งสองวิธี และส่งเส้นใยประสาทไปยัง deep cerebellar nuclei ที่พบว่ามี IRF จากการข้อมทั้งสองวิธีเช่นเดียวกัน จึงเป็นเหตุผลหนึ่งซึ่งยืนยันได้ว่า calcium binding protein ทั้งสองชนิดนี้ ถูกสร้างขึ้น

โดย Purkinje cells ของ cerebellum และถูกส่งเข้าไบริเวณ deep cerebellar nuclei เพื่อควบคุมระดับของ  $Ca^{2+}$

### Pyramidal system

ในระบบนี้จากการศึกษาสังเกดได้ไม่ชัดเจนนัก เช่นใน pyramid ซึ่งอยู่ใน medulla ไม่พบมี IRF ให้ผลบวก เลขจากการย้อมทั้งสองวิธี ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ Celio ในปี 1990 โดยเป็นที่ทราบแล้วว่า pyramidal cell เหล่านี้ที่ระดับของ cortex พบ CaLB-IRN ได้มาก และ PV-IRN พบเพียงปริมาณเล็กน้อย

จากการทดลองของระบบนี้ การศึกษาปริมาณของ IRN และ IRF ไม่ละเอียดเท่าที่ควรเนื่องจากไม่สามารถที่จะระบุตำแหน่งได้แน่นอน เช่น corticospinal tract และ corticobulbar tract ซึ่งอาจมีความเป็นไปได้ว่า tract ต่าง ๆ เหล่านี้ ไม่ให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธี จึงไม่สามารถสังเกดเห็น IRF ได้ แต่ได้ทำการศึกษานิริเวณ cranial nerve nuclei ต่างๆ ซึ่งเป็นบริเวณที่ corticobulbar tract ส่งผ่าน medial lemniscus ไปเลี้ยงกลุ่มเซลล์ประสาทสั่งการ (motor nuclei) ในสมองซึ่ง ได้แก่ trochlear nucleus, oculomotor nucleus, motor nucleus ของ nerve V, motor nucleus ของ nerve VII, nucleus ambiguus, abducens nucleus และ hypoglossal nucleus ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

ใน oculomotor nucleus ให้ผลแตกต่างอย่างเด่นชัด จากการย้อมทั้งสองวิธี คือ พบ PV-IRN และ PV-IRF อย่างหนาแน่น ส่วน CaLB-IRN และ CaLB-IRF พบได้ในปริมาณที่น้อยมาก หรือเกือบไม่พบเลย

ส่วนใน trigeminal motor nucleus พบว่า IRN จากการย้อมทั้งสองวิธีพบในปริมาณที่น้อยมาก หรือเกือบไม่พบเลย จึงจะดักกล่าวไว้ในระบบของ general sensory system ส่วนใน facial nucleus ไม่พบมี CaLB-IRN เลย แต่พบมี PV-IRN พบในปริมาณปานกลาง และ IRF ก็พบได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในบริเวณของ hypoglossal nucleus พบ CaLB-IRN ได้เล็กน้อย ส่วน PV-IRN ไม่พบปรากฏเลย ใน ambiguus nucleus ก็พบมี IRN จากการย้อมทั้งสองวิธีโดย PV-IRN พบค่อนข้างหนาแน่นกว่า ส่วน IRF พบได้ใกล้เคียงกัน และใน abducens nucleus พบ CaLB-IRN เพียงเล็กน้อย ส่วน PV-IRN ไม่พบเลย แต่ปริมาณของ IRF พบได้ใกล้เคียงกันส่วนบริเวณ paraabducens nucleus พบ PV-IRN มากกว่า CaLB-IRN และ PV-IRF ก็หนาแน่นกว่า CaLB-IRF ด้วยเช่นกัน

โดยสรุปแล้วจะเห็นว่า ในระบบของ pyramidal system นี้ มีความแตกต่าง

จากการย้อมทั้งสองวิธีไม่ชัดเจนนัก แต่อย่างไรก็ตาม ใน motor nucleus ต่าง ๆ ของสมอง โดยส่วนใหญ่พบว่ามีเนิวโรโนให้ผลบวกต่อการย้อม PV มากกว่าการย้อม CaLB และการทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Celio (1990)

### Extrapyramidal system

ใน corpus striatum ซึ่ง ได้แก่ caudate nucleus, putamen และ globus pallidus จากการทดลองพบว่าใน caudate nucleus และ putamen พบ CaLB-IRN และ PV-IRN ได้อย่างเด่นชัด CaLB-IRN พบค่อนข้างหนาแน่นกว่า PV-IRN ส่วน CaLB-IRN ก็พบหนาแน่นกว่า เช่นเดียวกับผลการทดลองบริเวณ globus pallidus (paleostriatum) พบ CaLB-IRN ในปริมาณน้อยมาก หรือเกือบจะ ไม่พบเลย ส่วน PV-IRN ปรากฏว่าพบได้ในปริมาณปานกลาง จากการทดลองในบริเวณ corpus striatum นี้พบว่า IRN จากการย้อมทั้งสองวิธี มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน และคาดว่าเป็นพวก medium size neurons ซึ่งเป็น major neuronal population ของเซลล์ใน caudate nucleus และ putamen เซลล์พวกนี้ จะมีปริมาณที่ลดลงในสมองคนเป็นโรค Huntington's disease (Kiyama et al., 1990)

Gerfen และคณะ (1985) แสดงให้เห็นว่า CaLB-IRN เป็น marker ของ medium sized spiny neurons โดยทำการทดลองในหนูและลิง และยังมีการพบว่าในเซลล์ชนิดนี้ให้ผลบวกต่อการย้อม acetylcholinesterase ด้วยเช่นเดียวกัน (Graybiel et al., 1981) นอกจากนี้ CaLB-IRN จะมี projection ไปยัง substantia nigra ด้วย ส่วน PV-IRN พบว่าให้ผลบวกใน medium size neurons เช่นกัน (Oshima et al., 1991) อย่างไรก็ตามจากการย้อมทั้งสองชนิด ถึงแม้ว่าจะให้ผลบวกในพวก medium size neurons เช่นเดียวกัน แต่ก็ยังไม่ได้รับการยืนยันว่า ทั้ง CaLB-IRN และ PV-IRN เป็นเซลล์เดียวกันหรือไม่ มีการทดลองฉีดสารพวก neurotoxin เข้าไปในบริเวณ corpus striatum ก็พบว่า PV-IRN จะ sensitive กว่า CaLB-IRN (Waldvogel et al., 1991) นอกจากนี้ยังได้พบว่า CaLB-IRN จะมี coexist กับเซลล์ซึ่งให้ผลบวกต่อ somatostatin อีกด้วย

จากการศึกษาโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า CaLB-IRN จะเป็นพวก spiny neurons และพบ CaLB ใน axon terminals ที่ไปสิ้นสุดที่ globus pallidus CaLB ให้ผลบวกอยู่ภายใน matrix ของ cytoplasm ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับ microfilaments และ axoplasmic matrix ของ axons ส่วนใน membrane ,

endoplasmic reticulum และ mitochondria ไม่ให้ผลมาก อย่างไรก็ตาม มีบางรายงานการวิจัยซึ่งพบ small - sized neurons ให้ผลมากต่อการย้อม CaLB และพบ IRN ชนิดนี้ค่อนข้างมี dendrites ที่ยาว และมีลักษณะเป็น spiny dendrite (Braun et al., 1991) จากการทดลอง ในครั้งนี้ พบว่าให้ผลมากแตกต่างเพราะพบเฉพาะ medium sized neurons เท่านั้น

บริเวณ globus pallidus จากการทดลองพบปริมาณของ CaLB-IRN ค่อนข้างน้อยมาก หรือเกือบจะไม่พบเลย ส่วน PV-IRN พบได้ในปริมาณที่มากกว่า โดยเซลล์ที่ให้ผลมากมี ขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ และปริมาณของ IRF นั้น กลับพบว่า CaLB-IRF ให้ผลมากอย่างหนาแน่นโดยรวมกันเป็นกลุ่มจนเป็นแถบทั่ว ส่วน PV-IRF พบในปริมาณใกล้เคียงกันแต่มีลักษณะโปร่ง และประสานกันจนคล้ายตาข่าย จากการทดลองของ Celio (1990) พบว่าให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันใน globus pallidus แต่ Celio พบว่า PV-IRN มีอย่างหนาแน่น ซึ่งในการทดลองนี้พบปริมาณปานกลางเท่านั้น

บริเวณ zona incerta ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ extrapyramidal system จากการย้อมพบ CaLB-IRN ปริมาณน้อยมาก ส่วน PV-IRN พบปริมาณที่มากกว่า และ IRF จากการย้อมทั้งสองวิธีให้ผลมากในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าบริเวณ zona incerta ให้ผลมากต่อการย้อม PV อย่างชัดเจน เช่นเดียวกับบริเวณ globus pallidus โดยสอดคล้องกับคำอธิบายของ Carpenter (1976) ซึ่งกล่าวว่า zona incerta ได้รับสัญญาณประสาทจากบริเวณ globus pallidus ส่วนหน้าที่ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด

บริเวณ substantia nigra (SN) พบมี CaLB-IRN เฉพาะบริเวณ pars compacta และ pars lateralis เท่านั้น ส่วน PV-IRN พบอย่างหนาแน่นในบริเวณ pars reticulata และพบปริมาณเล็กน้อยจนถึงปานกลางใน pars compacta และ pars lateralis ส่วน IRF นั้น พบว่าให้ผลมากใกล้เคียงกันจากการย้อมทั้งสองวิธี

บริเวณ pars compacta เป็นที่ทราบแล้วว่า จะมีเส้นใยประสาท ซึ่งมี dopamine และส่งไปยังการทำงานของ neostriatum ส่วนใน pars reticulata เป็นกลุ่มเซลล์ประสาทที่มีเหล็กมาก และยังไม่ทราบหน้าที่อย่างแน่นอน

Gerfen และคณะ (1985) ได้ทำการศึกษาและพบว่า CaLB-IRN ในบริเวณ substantia nigra นั้นโดยส่วนใหญ่จะเป็นเซลล์เดียวกันกับ dopaminergic neurons และพบเล็กน้อย ในเซลล์ชนิด non - dopaminergic neurons จึงมีความเป็นไปได้ว่า ทั้ง CaLB และ dopamine มีความเกี่ยวข้องกันใน pars compacta ของ substantia nigra นอกจากนี้เขายังพบอีกว่า ทั้งหมดของ dopaminergic neurons ใน ventral tegmental area เป็นเซลล์เดียวกับ CaLB-IRN อีกด้วย ส่วน PV-IRN ซึ่งพบอย่างกว้างขวางใน pars

reticulata นั้น พบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Gerfen และคณะ (1985) และการทดลองของ Celio (1990) ด้วยเช่นกัน

บริเวณของ inferior olivary nucleus พบ CaLB-IRN และ CaLB-IRF อย่างหนาแน่น ส่วน PV-IRN ไม่ให้ผลบวกเลย และ PV-IRF พบปริมาณปานกลาง โดยคิดlij างมาก จะเห็นว่าในบริเวณนี้มีความแตกต่างจากการย้อมทั้งสองวิธีค่อนข้างเด่นชัด โดยผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Celio (1990)

กลุ่มเซลล์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบของ extrapyramidal system นอกจากกลุ่มต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ยังพบอีกหลายกลุ่ม เช่น dorsal thalamus โดยได้กล่าวไว้แล้วในเรื่อง thalamus อย่างไรก็ตามใน ventral anterior thalamic nucleus และ ventral lateral thalamic nucleus พบ CaLB-IRN ปริมาณที่หนาแน่นกว่า PV-IRN นอกจากนี้ใน pontine reticular formation, medullary reticular formation และ vestibular nuclei ก็พบ PV-IRN อย่างเด่นชัดและหนาแน่นกว่า CaLB-IRN ซึ่งได้กล่าวไว้บ้างแล้วในเรื่อง thalamus, reticular formation และ vestibular system ส่วน cerebellum ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ cerebellum โดยพบเซลล์ให้ผลบวกปริมาณใกล้เคียงกันจากการย้อมทั้งสองวิธี

โดยสรุปแล้วจะเห็นว่า extrapyramidal system นี้ ไม่มีความแตกต่างจากการย้อมทั้งสองวิธีอย่างเห็นได้ชัดเจน แต่ดูจากส่วนใหญ่แล้ว มีแนวโน้มว่า nuclei ที่เกี่ยวข้องในระบบนี้โดยตรง ให้ผลบวกต่อการย้อม CaLB มากกว่า PV อย่างไรก็ตามยังไม่ได้รับการยืนยันจากงานวิจัยอื่น ๆ

### hypothalamus

การศึกษาในบริเวณต่าง ๆ ของ hypothalamus ทั้งการย้อม CaLB และ PV พบว่าบริเวณนี้ มีความแตกต่างของผลการย้อมค่อนข้างที่จะเด่นชัด โดยจะพบ CaLB-IRN ในปริมาณที่หนาแน่นกว่า PV-IRN เกือบทุกบริเวณของส่วนนี้ โดย PV-IRN พบน้อยมาก หรือเกือบไม่พบเลย และพบว่าบริเวณที่ไม่มี PV-IRN เลย ได้แก่ บริเวณ anterior medial preoptic area, anteroventral preoptic nucleus และ supraoptic nucleus โดยตรงกันข้ามในบริเวณดังกล่าวพบ CaLB-IRN อย่างเด่นชัด นอกจากนี้บริเวณที่พบ PV-IRN ได้เพียงเล็กน้อย ได้แก่ median preoptic area และ lateral preoptic area โดยเฉพาะใน median preoptic area ให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธี ในปริมาณที่เล็กน้อยใกล้เคียงกัน ส่วน IRF จากการย้อมทั้งสองวิธีในทุกบริเวณพบปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณตั้งแต่ปานกลาง

จนถึงทามาแน่น

บริเวณ mammillary body ผลการทดลองให้ผลเช่นเดียวกับ hypothalamus โดยพบ CaLB-IRN และ CaLB-IRF ปริมาณปานกลาง จนถึงทามาแน่น ส่วน PV-IRN ไม่พบ ให้ผลบวกเลย และ PV-IRF พบปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น

การทดลองนี้ขัดแย้งกับการทดลองของ Celio และ Heizmann (1981) ซึ่งศึกษาการกระจายของ PV ในสมองหนู และพบมี PV-IRN ในบริเวณ mammillary body อย่างกว้างขวาง แต่สอดคล้องกับการทดลองของ Celio (1990) ซึ่งได้ศึกษาในหนูเช่นกันพบว่า ในบริเวณ mammillary body โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณ medial mammillary body มี CaLB-IRN ในปริมาณที่หนาแน่น ส่วน PV-IRN พบในปริมาณที่เล็กน้อยเท่านั้น การศึกษาของ Celio ในปี 1990 น่าจะเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือกว่า เนื่องจากการพัฒนาของ antibody ที่ใช้ มี sensitivity และ specificity สูงมากกว่า นอกจากนั้นการทดลองของ Feldman และ Christakos (1983) และการทดลองของ Garcia-Segura (1984) ก็ยังให้ผลการศึกษา เหมือนกับการทดลองในครั้งนี้เช่นกัน โดยพบว่ามี CaLB-IRN และ CaLB-IRF กระจายโดยทั่วไปใน hypothalamus ส่วนการทดลองของ Christakos และคณะ (1987) ในบริเวณ supraoptic nucleus ก็พบ CaLB-IRN อย่างหนาแน่นเช่นเดียวกัน

โดยสรุปพบว่าบริเวณ hypothalamus ส่วนต่าง ๆ มีการกระจายของ CaLB อย่างกว้างขวาง ส่วน PV พบการกระจายอยู่น้อยมาก ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่า CaLB มีบทบาทที่สำคัญในระบบนี้ เกี่ยวกับการควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ ระบบประสาท somatic และระบบต่อมไร้ท่อ ซึ่งมีการติดต่อกับสมองบริเวณต่าง ๆ อย่างมากมาย

#### General sensory system

บริเวณ spinal trigeminal tract นั้น พบ CaLB-IRN และ CaLB-IRF อย่างเด่นชัด ส่วน PV-IRN ไม่ให้ผลบวกเลย และ PV-IRF พบได้บ้างปานกลาง นอกจากนี้ ใน spinal trigeminal nucleus พบ CaLB-IRN ปริมาณเล็กน้อย ส่วน PV-IRN พบในปริมาณปานกลาง และ IRF พบได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นว่าในบริเวณนี้ ไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจนว่าให้ผลบวก โปรตีนชนิดใดมากกว่ากัน

ในระบบ dorsal column-medial lemniscal system ซึ่งจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับความรู้สึก จากกล้ามเนื้อและข้อ การสัมผัสชนิดละเอียด และความรู้อันละเอียดนั้นพบว่าบริเวณของ gracile และ cuneate nucleus มี IRN จากการย้อมทั้งสองวิธี

ค่อนข้างน้อยยกเว้น PV-IRN ใน cuneate nucleus เท่านั้นซึ่ง พบในปริมาณปานกลาง ส่วน IRF จากการย้อมทั้งสองวิธี ให้ผลมากอย่างหนาแน่น และปริมาณใกล้เคียงกัน

บริเวณ principle sensory trigeminal nucleus ไม่พบ CaLB-IRN เลย ส่วน PV-IRN พบปริมาณปานกลาง และ IRF พบในปริมาณใกล้เคียงกัน

ใน motor root trigeminal nerve พบว่า IRF จากการย้อมทั้งสองวิธีใกล้เคียงกัน ส่วนใน motor trigeminal nucleus นั้น พบว่า IRF จากการย้อมทั้งสองวิธี ส่วน IRF ก็พบอย่างหนาแน่นเช่นเดียวกันด้วย

เซลล์ประสาทในชั้นที่สามของระบบซึ่งอยู่ในบริเวณต่าง ๆ ของ thalamus นั้น ได้กล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อ thalamus ซึ่งส่วนใหญ่จะพบ CaLB-IRN มากกว่า PV-IRN

จากการทดลอง จะเห็นว่า ระบบนี้ ไม่สามารถ แยกความแตกต่าง ได้อย่างชัดเจน ต่ออย่าง ไรก็ตามเมื่อดูโดยรวมระบบนี้ มีแนวโน้มที่จะให้ผลมากต่อการย้อม CaLB ในปริมาณที่มากกว่า PV การทดลองในบริเวณนี้ ให้ผลที่สอดคล้องกับการทดลองของ Celio (1990)

#### Olfactory system

จากการย้อม calcium binding protein บริเวณ olfactory bulb ผลการทดลองพบ IRN และ IRF กระจายโดยทั่วไปในปริมาณต่างกัน ในแต่ละชั้นของบริเวณนี้ โดยในชั้นของ glomerular layer พบ CaLB-IRN และ CaLB-IRF อย่างค่อนข้างหนาแน่น ส่วน PV-IRN พบเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น ในชั้นถัดลงมาได้แก่ external plexiform layer นั้น พบ PV-IRN ปริมาณที่มากกว่า CaLB-IRN และปริมาณของ PV-IRF ก็มากกว่าเช่นกัน ถัดจากชั้น external plexiform layer ลงไปได้แก่ mitral cell layer, internal plexiform layer และ internal granular layer ตามลำดับ จากการย้อมทั้งสองวิธีปรากฏว่าชั้นต่าง ๆ เหล่านี้พบ IRN ในปริมาณน้อยมาก หรือเกือบไม่พบเลย ส่วน IRF มักพบในปริมาณปานกลางจากการย้อมทั้งสองวิธี โดย PV-IRF มีปริมาณมากกว่า CaLB-IRF บ้างเล็กน้อย

ผลการทดลองดังกล่าว สอดคล้องกับการทดลอง ในหนูของ Braimbridge และ Miller (1982) และการทดลองของ Garcia-Segura และคณะ (1984) ผลการทดลองพบ CaLB-IRN อย่างเด่นชัดในบริเวณ glomerular layer เช่นเดียวกับ การทดลองในครั้งนี ซึ่งเป็นการทดลองในกระต่าย นอกจากนี้ได้มีการทดลองในสัตว์พวก cartilaginous fish (Rodriguez-Moldes et al ., 1990) ปรากฏว่าให้ผลการทดลองที่ขัดแย้งกัน โดยพบว่า

CaLB-IRN พบน้อยมากในบริเวณ olfactory bulb จากผลการทดลองที่แตกต่างกันนี้ อาจจะ เป็นที่สังเกตได้ว่า CaLB พบได้ในสัตว์ที่วิวัฒนาการค่อนข้างสูงขึ้นไป ทั้งการยืนยันของ Rodriguez-Moldes และคณะ

Carpenter (1976) ได้สรุปถึงบริเวณ olfactory bulb ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ olfactory pathway ว่าได้รับ fiber มาจาก olfactory nerve และภายใน gray matter ของ olfactory bulb นี้ จะประกอบด้วยเซลล์ต่าง ๆ หลายชนิด โดยเซลล์ที่มี รูปร่างสามเหลี่ยม และมีขนาดใหญ่ คือ mitral cell ซึ่งอยู่ในบริเวณ mitral cell layer นั้นเอง แต่จากการทดลองในครั้งนี้ ปรากฏว่า เซลล์ชนิดนี้ ไม่ให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธีนี้ เลย นอกจากนี้ Carpenter ยังพบว่ามี fibers ซึ่งมา synapse กับ dendrites ของ mitral cells จะเกิดลักษณะของ olfactory glomeruli ซึ่ง อยู่ในบริเวณ glomerular layer นั้นเอง ในขั้นนี้จึงกล่าวแล้วว่า พบ CaLB-IRN และ CaLB-IRF ใน ปริมาณที่หนาแน่น และติดสีที่เข้ม ส่วน PV-IRN และ PV-IRF พบได้ในปริมาณไม่มากนัก

จากการศึกษา ขนาด และรูปร่าง ของเซลล์ดังกล่าว ปรากฏว่าเซลล์ซึ่งให้ผลบวก เหล่านี้เป็นพวก periglomerular cells มีรูปร่างกลมตามคำอธิบายของ Carpenter (1976) และเขายังได้อธิบายว่าเซลล์เหล่านี้ ส่ง fibers ไปเชื่อมกับ mitral cell glomeruli ด้วย

ส่วนในบริเวณ internal granular layer ซึ่งเซลล์ส่วนใหญ่เป็นพวก granule cells พบมี IRN ในปริมาณน้อยมากหรือเกือบไม่พบเลย โดยทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้ง mitral cells และทางกลับกัน mitral cells ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น granule cells จากการทดลองพบว่าในชั้นของ granular layer นี้ไม่พบ CaLB-IRN เลย ส่วน PV-IRN พบได้บ้างแต่น้อยมาก ซึ่ง PV-IRN เหล่านี้ คาดว่าเป็นเซลล์เดียวกันกับเซลล์ซึ่งหลั่ง r-amino-butyric acid (GABA) เป็น neurotransmitter ตามการศึกษาของ Celio (1986)

Heizmann (1984) ได้ทำการศึกษาและพบว่า periglomerular cells ในชั้น glomerular layer ที่ให้ผลบวกต่อการย้อม PV เป็นเซลล์เดียวกันกับ GABAergic neurons และเขายังได้สรุปว่า PV เป็น neuron-specific antigen ชนิดหนึ่งและจะพบได้ในบางกลุ่ม ของเซลล์ประสาทเท่านั้น ส่วน periglomerular cells ซึ่งให้ผลบวกต่อการย้อม CaLB อย่างหนาแน่นนั้น Garcia-Segura และคณะ (1984) ทำการศึกษาพบเพียงบางส่วนของเซลล์ เหล่านี้ ซึ่งเป็น CaLB-IRN (26%) แต่การทดลองนี้ คาดว่า periglomerular cells ซึ่งให้ ผลบวกต่อ CaLB นั้น ควรจะมีปริมาณ 60-80% ของเซลล์ทั้งหมด เนื่องจาก ได้พบในปริมาณที่หนา แน่น Garcia-Segura และคณะ ยังพบว่ามีบาง granule cells ในชั้น granular layer



ซึ่งให้ผลมากต่อการย้อม CaLB ค่าย ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองในครั้งนี ที่ไม่พบ granule cells ให้ผลมากต่อการย้อมเลย แต่ให้ผลมากบ้างเล็กน้อยต่อการย้อม PV ซึ่งเขาไม่ได้ทำการศึกษาไว้

บริเวณของ olfactory bulb จะพบ กลุ่มเซลล์ประสาทของ anterior olfactory nucleus ซึ่งแบ่งเป็นบริเวณต่าง ๆ ค่ายกันคือ external, ventral, lateral, dorsal และ medial จากการทดลองพบมี CaLB-IRN ค่อนข้างหนาแน่นปานกลางเกือบทุกบริเวณ ยกเว้นในบริเวณ external olfactory nucleus พบได้ในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น และ ตรงกันข้าม พบ PV-IRF พบมีปริมาณที่หนาแน่นกว่า CaLB-IRF จากการทดลองที่ได้พบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Celio ในปี 1990 ซึ่งเป็นการทดลองในหนูไม่พบว่า PV-IRN เลห ซึ่งแตกต่าง จากการทดลองในครั้งนี ซึ่งพบ PV-IRN ได้ในทุก subdivisions ของ nucleus

Carpenter (1976) ได้สรุปถึงเซลล์ประสาทในบริเวณ anterior olfactory nucleus ว่าเซลล์เหล่านี้ จะส่ง dendrites ผ่านเข้าไปใน fibers ของ olfactory tract ส่วน axons จะทอดเข้าสู่ส่วนกลาง และทอดข้าม ส่วนหน้าของ anterior commissure เข้าสู่ contralateral anterior olfactory nucleus และ olfactory bulb ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี สามารถเห็น fiber ของเซลล์ในบริเวณนี้วิ่งเข้าสู่บริเวณ olfactory tract อย่างชัดเจน จากการย้อมทั้งสองวิธี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พบว่ามี fiber วิ่ง ไปยังบริเวณ anterior commissure ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็น axons ของเซลล์ในบริเวณนี้ คำอธิบายของ Carpenter

#### Auditory system

จากการศึกษาผลการย้อมใน cochlear nucleus ทั้งในบริเวณ dorsal และ ventral พบ PV-IRN อย่างค่อนข้างหนาแน่น ส่วน CaLB-IRN พบ ในปริมาณที่น้อยมากหรือเกือบจะไม่พบเลย และจากการสังเกต fiber ซึ่งให้ผลมากในบริเวณนี้ ก็พบ IRF ได้ ในปริมาณซึ่งใกล้เคียงกัน โดยในบริเวณ cochlear nucleus นี้เป็นที่ทราบแล้วว่าเป็นจุดสิ้นสุดของเส้นประสาท vestibulo-cochlear nerve (N VIII) จากนั้นจะวิ่งเข้าสู่บริเวณ primary auditory cortex และจะมี synapse ที่ superior olivary nucleus, trapezoid body, nucleus of lateral lemniscus, tectum of inferior colliculus และ medial geniculate nucleus ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวเป็นส่วนหนึ่งของระบบนี้ โดยจะได้กล่าวถึงผลการศึกษาต่อไป

จากการทดลองครั้งนี ในบริเวณ cochlear nucleus พบว่าขัดแย้งกับ

การทดลองของ Zettel และคณะ (1991) ได้ศึกษาพบ CaLB-IRN ใน cochlear nucleus ในพวก bushy และ multipolar cells บริเวณ ventral cochlear nucleus ความแตกต่างของการทดลองนี้ เป็นไปได้ว่าเกิดจากการใช้ antibody ซึ่งมีแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน โดยมักพบเสมอว่า CaLB มักมี cross reaction กับ calretinin ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกันมาก แต่ถ้าเป็น monoclonal antibody แล้ว ปัญหาเหล่านี้ก็จะหมดไป นอกจากชนิดของ antibody ที่ใช้แล้ว อาจจะขึ้นกับชนิดของสัตว์ทดลองก็เป็นไปได้ ในคางคากพบว่า ความสำคัญของระบบนี้ จะมีค่อนข้างสูงจึงมีความเป็นไปได้ว่า จะมีการพัฒนาของระบบนี้ แตกต่างจากสัตว์ชนิดอื่น ๆ

Celio (1990) ได้ศึกษาและพบว่าในบริเวณ cochlear nucleus ให้ความสำคัญต่อการย้อม PV อย่างเด่นชัดในบริเวณ ventral ส่วน dorsal ให้ความสำคัญเพียงเล็กน้อยจากการย้อมทั้งสองวิธี ส่วนจากการทดลองของ Pochet และคณะ (1985) ไม่พบ Calb-IRN ใน nucleus แต่กลับพบว่า จากการย้อม calretinin ให้ความสำคัญ อย่างไรก็ตาม Pochet ได้สรุปถึง ในบริเวณ auditory system ว่ามีการกระจายของ CaLB น้อยมาก ตรงข้ามกับข้อสรุปของ zettel และคณะ ซึ่งเขาได้ออกว่า CaLB จะมีการกระจายอย่างกว้างขวางในระบบนี้ ใน mustached bat แต่จากการทดลองในครั้งนี้ จะเห็นว่าผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับของ Celio และ Pochet

บริเวณ medial superior olive พบมี CaLB-IRN ได้ในปริมาณปานกลาง โดยจะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วน PV-IRN พบได้ในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ Zettel และคณะ (1991) และเขายังได้สรุปว่า CaLB-IRN ในบริเวณนี้ว่าเป็น marginal cells อีกด้วย ซึ่งให้ผลตรงกับผลการทดลองครั้งนี้ ส่วนในตำแหน่งของ lateral superior olive ปรากฏว่าไม่สามารถหาค่าตำแหน่งที่แน่นอนได้ แต่ก็คาดว่าอาจจะให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับ medial superior olive ก็เป็นไป

บริเวณของ periolivary nucleus จากการทดลองพบมีปริมาณ CaLB-IRN เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วน PV-IRN พบได้ในปริมาณที่ค่อนข้างมากกว่า และ IRF พบได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งการทดลองที่ได้ในบริเวณนี้เหมือนกับผลการทดลองของ Zettel และคณะ (1991) ซึ่งได้ทดลองในคางคากตัวแล้วข้างต้น และพบว่าขนาด และรูปร่างของเซลล์ให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ด้วย

บริเวณ inferior colliculus นั้น พบว่ามี CaLB-IRN อยู่อย่างหนาแน่นในบริเวณ external และ dorsal cortex ส่วนบริเวณ central nucleus ไม่พบว่ามี IRN เลย ส่วน PV-IRN จากการทดลองพบว่ามีมีการกระจายอยู่ทั่วไปทุกบริเวณ และปริมาณ fiber จากการย้อมทั้งสองวิธีโดยรวมแล้วก็พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน ในปริมาณปานกลางจนถึง

หนาแน่น จากการทดลองจะเห็นว่าในบริเวณนี้ไม่สามารถที่จะแยกความแตกต่างของการย้อมทั้งสองวิธีได้อย่างแน่นอนนัก นอกจากบริเวณ central nucleus ซึ่งพบว่ามี PV-IRN และ PV-IRF มากกว่า CaLB-IRN และ CaLB-IRF ซึ่งการทดลองในบริเวณนี้ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับ Zettel และคณะ (1991) ด้วย อย่างไรก็ตามโดยทั่วไป จะเห็นว่าแนวโน้มนៃของ IRN ในบริเวณนี้ให้ผลมากเกินขีดต่อการย้อม PV มากกว่า CaLB ซึ่งตรงกับารทดลองของ Celio (1990) ที่ศึกษาในหนู ผลการทดลองของเขาพบว่ามี ความแตกต่างกันมากจากการย้อมทั้งสองวิธี แต่ celio ไม่ได้แบ่งบริเวณของ inferior colliculus อย่างละเอียด เช่นเดียวกับ การทดลองนี้ ส่วนการทดลองของ Zook และคณะ (1985) ได้ทำการศึกษาในแต่ละบริเวณ ของ inferior colliculus เช่นกัน เขาได้พบว่าในบริเวณ central nucleus ของ inferior colliculus จะมีเซลล์ในขนาดต่าง ๆ กัน และเป็นพวก multipolar cell โดย CaLB-IRN จะมีขนาด 7-18 um ส่วนบริเวณ external และ dorsal cortex พบว่า CaLB-IRN จะคึกสีเข้ม และส่วนใหญ่จะเป็น neuropil จะเห็นว่าผลการศึกษาของเขา มีความใกล้เคียงกับการทดลองนี้พอสมควร

บริเวณ trapezoid nucleus ซึ่งเป็นบริเวณ ที่เกี่ยวข้องกับ auditory pathway จากการทดลองพบมี CaLB-IRN และ PV-IRN ในปริมาณที่หนาแน่นใกล้เคียงกัน และความเข้มของปฏิกิริยา พบว่า CaLB-IRN มีความเข้มมากกว่า PV-IRN บ้างเล็กน้อย ส่วน IRF จากการย้อมทั้งสองวิธีก็พบว่า ให้ผลมากที่ใกล้เคียงกันด้วย Zettel และ คณะ (1991) ทำการย้อม CaLB ใน nucleus นี้ก็พบว่าให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน เซลล์ซึ่งให้ผลมากเป็นพวก medium sized neurons มีขนาด 12-15 um ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองนี้โดยพบมีขนาด 13-20 um จะเห็นว่า การทดลองที่ได้นี้ มีผลการทดลองไม่แตกต่าง ๆ จากการทดลองอื่นมากนัก เช่น การทดลองของ Celio ในปี 1990 ก็ให้ผลที่เหมือนกัน

บริเวณ medial geniculate body นั้น เป็นที่สิ้นสุดของเส้นใยประสาทจาก tectum ของ inferior colliculus และรวมเป็น auditory radiation ไปยัง primary auditory cortex เพื่อไปแปลผลที่สมองต่อไป นอกจากนี้จากการทดลอง พบว่าในบริเวณนี้พบทั้ง IRN และ IRF กระจายโดยทั่วไปทั้งบริเวณ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง CaLB-IRN จะมีปริมาณที่หนาแน่นกว่า PV-IRN ซึ่งคึกสีค่อนข้างจาง และเห็นขอบเขตได้ไม่ชัดเจน ส่วนการแบ่งส่วนต่าง ๆ ในบริเวณ medial geniculate body นั้น แบ่งตามการศึกษาของ Oliver และ Hall (1978 a) ที่ได้ทำการศึกษาไว้ในกระดาด เช่นเดียวกัน โดยเขาทำการย้อมในบริเวณนี้ โดยวิธี golgi impregnated method และศึกษากลุ่มต่าง ๆ ของเซลล์ประสาท และได้ทำการแบ่งออกเป็น 3 subdivisions คือ ventral, dorsal และ medial นอกจากนี้ยังได้สรุปว่า ในแต่ละ class ของ auditory pathway จะผ่านเข้าไปในแต่ละ subdivision

แล้วจึงผ่านเข้าไปใน neocortex โดยรายละเอียด จะ ไม่กล่าวถึง แต่การทดลองที่ได้ในครั้งนี้มี CaLB-IRN พบในปริมาณปานกลางจนถึงหนาแน่น โดย ไม่สามารถที่จะชี้ชัด ได้ว่าทุก เซลล์หรือ ไม่ที่ ให้ผลบวก แต่จากการเปรียบเทียบปริมาณเซลล์ซึ่ง ได้จากการย้อม โดยวิธีของ Oliver และ Hall (1978 a) คาดว่ามีเพียง 70-80% ของเซลล์ทั้งหมดที่มี CaLB-IRN และ 20-40% ที่มี PV-IRN ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Zettel และ คณะ (1991) ที่ได้สรุปว่าเกือบทุก เซลล์ในบริเวณนี้ จะเป็น CaLB-IRN, ในบริเวณของ ventral division จะพบมี CaLB-IRN ที่หนาแน่นกว่า บริเวณอื่น ๆ โดยให้ผลเช่นเดียวกัน ในการทดลองของ Celio (1990) และปริมาณ IRF ในบริเวณนี้ พบมี PV-IRF อย่างหนาแน่น ส่วน CaLB-IRF พบในปริมาณปานกลางเท่านั้น และยังมี การกระจาย ไม่สม่ำเสมอมากนัก

จากการทดลองของ Hashikawa และคณะ (1991) ศึกษาทั้ง CaLB และ PV โดยวิธี fluorescent tracer ควบคู่กับ immunohistochemistry พบว่าทั้ง CaLB-IRN และ PV-IRN จะส่งเส้นใยประสาทไปยัง layer IV และ layer I ใน primary auditory cortex และเขายัง ได้สรุปว่า IRN เหล่านี้ มันทำหน้าที่เป็น relay neurons ในระบบนี้ โดยสรุปแล้วจะเห็นว่า ใน auditory system นี้ โดยส่วนใหญ่จะ ให้ผลบวกทั้ง CaLB และ PV ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ก็มีการทดลอง (Hashikawa et al., 1991) ได้ศึกษา และสรุปว่า principle pathway จากบริเวณ midbrain ไปยัง cerebral cortex มีรูปแบบของ "parvalbumin system" อย่างไรก็ตามข้อสรุปของเขาก็คง ไม่ได้รับการยืนยันจากการทดลองอื่น ๆ เลย โดยเฉพาะจากการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งพบทั้ง CaLB และ PV ในปริมาณ ไม่ต่างกันมากนัก ยกเว้นในบริเวณ central nucleus ของ inferior colliculus เพียง แห่งเดียวเท่านั้น

### Vestibular system

จากการทดลองพบว่าในบริเวณต่าง ๆ ของ vestibular nucleus ให้ผลการทดลองที่มีความแตกต่างอย่างเด่นชัดจากการย้อมทั้งสองวิธีในทุกบริเวณ ของ nuclei นี้ ได้แก่ medial, superior, lateral และ spinal vestibular nuclei โดยพบ PV-IRN ในปริมาณที่หนาแน่น ส่วน CaLB-IRN ไม่ให้ผลบวกเลย นอกจากนี้ IRF จากการย้อมทั้งสองวิธีพบให้ผลบวก เช่นเดียวกัน แต่ PV-IRF ค่อนข้างหนาแน่นมากกว่า CaLB-IRF ในบริเวณ medial vestibular nucleus

เป็นที่ทราบแล้วว่าใน vestibular nuclei เหล่านี้ จะได้รับ main input จาก vestibular receptors และ cerebellum โดยจะมี reciprocal connections กับ

flocculonodular lobe และ fastigial nuclei ของ cerebellum ซึ่งใน fastigial nuclei จะพบว่ามี PV-IRN อย่างชัดเจนเช่นกัน ส่วน CaLB-IRN ไม่ได้ผลบวกเลย จึงมีความเป็นไปได้ว่าการติดต่อระหว่าง vestibular nuclei และ fastigial nuclei มีความเกี่ยวข้องกับ PV ด้วย นอกจากนี้ output ของ vestibular nuclei จะส่งไปยัง spinal cord, cerebellum และ brain stem โดยผ่านทาง medial longitudinal fasciculus ไปยัง ventral posterior inferior thalamic nucleus ซึ่งใน medial longitudinal fasciculus ก็พบว่า fiber ของมัน ให้ผลบวกเฉพาะการย้อม PV เท่านั้นเช่นกัน

จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่าสอดคล้องกับการทดลองของ Garcia-Segura และคณะในปี 1984 ซึ่งพบว่าใน vestibular nuclei ให้ผลลบต่อการย้อม CaLB ส่วนจากการศึกษาปริมาณ PV ใน nuclei นี้ของ Ohshima และคณะในปี 1991 ก็พบว่าให้ผลบวกอย่างเด่นชัดและหนาแน่นเช่นเดียวกันกับการทดลองในครั้งนี้ ส่วนการศึกษาใน peripheral vestibular system ไม่ได้ทำการศึกษาไว้ในครั้งนี้ แต่ก็ได้มีผู้ศึกษาไว้ในสัตว์หลายชนิด เช่น ในแมว (Sans et al., 1986) และใน cartilaginous fish (Rodriguez-Moldes et al., 1990) เป็นต้น โดยพบว่าในบริเวณ vestibular ganglion neurons และ vestibular sensory hair cells ให้ผลบวกต่อการย้อม CaLB ส่วนการทดลองของ Eybalin และ Ripoll ในปี 1990 พบว่า ในบริเวณ inner hair cells ของ organ of corti และ spiral ganglion neurons ให้ผลบวกต่อการย้อม PV และเขายังพบอีกว่า PV-IRN ในบริเวณนี้ มีการหลั่ง neurotransmitter คือ glutamate และหรือ aspartate อีกด้วย และยังได้สรุปว่า PV อาจจะมีบทบาทในการควบคุม ภายหลังการเข้าไปของ potassium ions ระหว่าง transduction process ก็เป็นไปได้

อย่างไรก็ตามโดยสรุปของ vestibular system นี้ มีความแตกต่างของปริมาณ CaLB และ PV อย่างชัดเจน โดยเป็นไปได้ว่า parvalbumin จะเป็นตัวสำคัญในระบบนี้อย่างแน่นอน

### Visual system

จากการทดลองพบว่าในบริเวณ lateral geniculate nucleus ให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธีในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทั้งปริมาณ IRN และ IRF ส่วนความหนาแน่นของชั้นต่าง ๆ ในบริเวณนี้ พบว่ามีความแตกต่างไปได้บ้าง ซึ่งไม่ได้รายงานไว้โดยละเอียด อย่างไรก็ตาม พบว่า CaLB-IRN มีลักษณะการติดสีที่เข้มชัดกว่า PV-IRN และมีการกระจายอยู่ห่าง ๆ กัน

Carpenter(1976) ได้สรุปถึง lateral geniculate nucleus ว่า ทำหน้าที่เป็น sensory relay nucleus ของ dorsal thalamus โดยประกอบไปด้วยกลุ่มเซลล์ประสาท 6 ชั้น ซึ่ง 4 ชั้นบนจะประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทที่มีขนาดเล็ก ส่วน 2 ชั้นล่างจะมีเซลล์ซึ่งมีขนาดใหญ่ และเส้นใยจาก lateral geniculate nucleus จะรวมเป็น visual radiation ไปยังบริเวณ visual cortex เพื่อแปลผลต่อไป

จากการทดลองครั้งนี้พบว่าให้ผลตรงกับการศึกษาของ Demeulemeester และคณะ (1989) และ Celio (1990) ซึ่งพบว่า lateral geniculate nucleus ให้ผลจากการย้อมทั้งสองวิธีในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และยังพบว่าในบาง CaLB-IRN และ PV-IRN เป็นเซลล์เดียวกันอีกด้วย ได้มีบางงานวิจัยพบว่า ในบริเวณนี้ให้ผลจากการย้อม CaLB (Garcia-Segura et al., 1984) ซึ่งแตกต่างจากการทดลองโดยส่วนใหญ่ โดยในการทดลองเขาได้ทำการสกัด poly clonal antibody ขึ้นเอง ซึ่งได้มาจากบริเวณ duodenum ซึ่งวิธีการอาจจะไม่ดีพอ จึงทำให้เกิด false negative ขึ้นได้

Tigges (1991) ได้สรุปถึงหน้าที่ของ PV ในระบบนี้ว่ามีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับ visual information processing เพราะเขาได้ทำการทดลองและพบว่า ภายหลังจากทำ monocular enucleation ใน rhesus monkeys ก็ยังพบว่า มี PV-IRN ยังคงอยู่ใน lateral geniculate nucleus และ PV-IRF ก็ยังคงพบอยู่ที่ 6 ชั้นของบริเวณนี้ด้วย ส่วนความเปลี่ยนแปลงของ CaLB-IRN และ CaLB-IRF ไม่ปรากฏว่ามีการศึกษาไว้ ส่วนการศึกษาของ Stichel และ Heizmann (1988) พบว่า PV ให้ผลมากในทุกชั้น เช่นเดียวกับการทดลองนี้ โดย PV-IRN จะมีรูปร่างกลม และกระสวย โดยมีขนาดที่ค่อนข้างเล็ก ซึ่งให้ผลตรงกับกับการทดลองครั้งนี้ นอกจากนี้เขายังได้ศึกษาในระดับ ultrastructure พบว่า reaction จะอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ คือ perikarya, axons และ dendrites และยังพบว่ามีความเกี่ยวข้องกับ microtubules และบริเวณ postsynaptic ด้วย นอกจากนี้เขายังพบว่าในบริเวณ perigeniculate nucleus พบ PV-IRN เป็นเซลล์เดียวกับ GABAergic neurons อีกด้วย ส่วนบริเวณ dorsolateral geniculate nucleus ก็พบเช่นเดียวกัน

ในบริเวณ superior colliculus จากการย้อมทั้งสองวิธีพบว่าให้ผลมากค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้ง IRN และ IRF, ทั้งสองวิธี พบ IRN ในปริมาณไม่มากนัก โดยพบได้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยจนถึงปานกลาง กระจายโดยทั่วไปทุกชั้นสม่ำเสมอ และขนาดของเซลล์ซึ่งให้ผลมากจากการย้อมทั้งสองวิธีก็มีขนาดใกล้เคียงกัน โดย PV-IRN มักจะมีขนาดใหญ่กว่า CaLB-IRN เพียงเล็กน้อย

ในบริเวณ optic tract พบ CaLB-IRF และ PV-IRF ในปริมาณเท่ากัน โดยลักษณะการเรียงตัวของ fiber ค่อนข้างสม่ำเสมอและเป็นระเบียบ ซึ่งการทดลองที่ได้พบว่า

เหมือนกับการทดลองของ Celio (1990)

จากการทดลองของ Celio และ Heizmann (1981) ก็พบเช่นกันว่า CaLB-IRN พบได้ในทุกชั้นของ superior colliculus เขายังได้สังเกตว่าในชั้นของ intermediate layer เซลล์ซึ่งให้ผลบวกจะมีขนาด 6-8  $\mu\text{m}$  ซึ่งจะเห็นว่าแตกต่างจากการทดลองนี้ ซึ่งพบขนาด 10-20  $\mu\text{m}$  อาจจะเป็นไปได้ว่าสัตว์ซึ่งนำมาศึกษาเป็นคนละชนิดกัน แต่อย่างไรก็ตาม จากการทดลองของเขา ก็ยังพบว่ายังมีเซลล์ขนาด 20-25  $\mu\text{m}$  บ้างเล็กน้อย และเป็นเซลล์ซึ่งจะกระจายผ่านชั้น deep gray layer ลงไป แต่จากการทดลองนี้ไม่พบเซลล์ขนาดดังกล่าวให้ผลบวกจากการย้อม CaLB เลย ส่วนการศึกษา PV-IRN ในบริเวณ superior colliculus นั้น พบว่ามีไม่มากนัก เช่น การทดลองของ Illing และคณะ (1990) ทำการย้อม PV ในบริเวณ superior colliculus และให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันกับการทดลองในครั้งนี้ ซึ่งเขาได้ทำการทดลองในหนู และได้สรุปว่า PV-IRN ในชั้น intermediate layer มีความเกี่ยวข้องกับ acetylcholinesterase โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณ medial part ของ superior colliculus ส่วน cytochrome oxidase นั้น พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับเซลล์นี้

การศึกษานี้ไม่ได้ทำการศึกษาในบริเวณ peripheral visual system แต่จากการศึกษาอื่น ๆ เช่นบริเวณ retina พบว่ามีเฉพาะ cone cells เท่านั้น ซึ่งให้ผลบวกต่อการย้อม CaLB ส่วน rod cells ไม่ปรากฏมี immunoreactive (Verstappen et al., 1986) และจากการย้อม PV ก็ยังไม่พบมีผู้ศึกษาไว้ใน peripheral visual system นี้เลย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### สรุปและข้อ เสนอแนะ

#### สรุป

จากการย้อม calbindin - D28K และ parvalbumin ในบริเวณต่างๆ ของสมองกระแต (*Tupaia glis*) โดยวิธี immunohistochemistry พบมี immunoreactive neurons และ immunoreactive fibers กระจายโดยทั่วไปในเกือบทุกบริเวณของสมองและได้พบว่าบริเวณซึ่งให้ผลบวกต่อการย้อม calbindin-D28K มากกว่า parvalbumin อย่างชัดเจน ได้แก่บริเวณเหล่านี้คือ thalamus, hypothalamus, limbic system (ยกเว้น hippocampal formation), sensory system, superior olive ส่วนบริเวณซึ่งให้ผลบวกต่อการย้อม parvalbumin ชัดเจนกว่า calbindin - D28K ได้แก่ pyramidal system, reticular formation, cerebellar nuclei, vestibular system, cochlear nucleus และ periolivary nucleus นอกจากนี้พบว่าบริเวณซึ่งให้ผลบวกจากการย้อมทั้งสองวิธีที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน ได้แก่ olfactory system, trapezoid nucleus, medial geniculate nucleus, visual system, hippocampal formation, cerebral cortex, cerebellar cortex และ extrapyramidal system

#### ข้อ เสนอแนะ

ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมีการศึกษา calcium binding protein ทั้งสองชนิดนี้ต่อไป ทั้งในภาวะปกติ และภาวะที่เป็นโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในคนนั้น ยังมีการศึกษาไม่มากนัก จะทำได้ข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปค้นหาวิธีการรักษา และทาสาเหตุของโรคของระบบประสาทต่อไป



## ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการเตรียม solution สำหรับ perfusion

## 10% Formalin

Prepare for 1,000 ml solution

250 ml of 40% formalin +

750 ml of 0.1 M phosphate buffer pH 7.4

## 10% Sucrose

Prepare for 1,000 ml solution

100 gm of sucrose +

1000 ml of 0.1 M phosphate buffer pH 7.4

## 30% Sucrose

Prepare for 1,000 ml solution

30 gm of sucrose +

1000 ml of 0.1 M phosphate buffer pH 7.4

## ภาคผนวก ๒

ขั้นตอนการเตรียม chrom - alum slide

1. Dip slides in 1:1 solution glacial acetic acid and 95% alcohol
2. Dip slides in distilled water
3. Dip slides in chrom-alum solution
4. Dry in oven (37° - 40° C) 2 - 3 hours

## Chrom - alum solution

0.3 gm chromium potassium sulfate

3 gm gelatin

500 ml distilled water (hot)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการเตรียม block ขึ้นเนื้อ

1. จุ่มชิ้นเนื้อลงใน albumin - gelatin solution
2. วางชิ้นเนื้อในข้อ 1 ลงใน block กระจกซึ่งเตรียมไว้
3. เท albumin - gelatin solution ลงไปใน block กระจกให้ท่วมชิ้นเนื้อ
4. หยด 50% glutaraldehyde ลงไป 1-2 หยด เขย่าให้ทั่วจนแข็ง
5. แกะ block ออก เพื่อนำไปตัดด้วยเครื่อง vibratome

Albumin - gelatin solution

18 gm albumin + 50 ml distilled water +  
 0.3 gm gelatin + 10 ml distilled water (hot)

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ง

ขั้นตอนการเตรียม solution สำหรับ immunohistochemistry

1. 3% Normal rabbit serum : Normal rabbit serum 15 ul + 20% Triton - X 100 5 ul + 0.1 M phosphate buffer saline pH 7.4 500 ul
2. 1<sup>o</sup> Ab : Mouse anti calbindin - D28K dilution 1 : 500  
Mouse anti calbindin - D28K 1 ul + 30% normal rabbit serum 500 ul  
: Mouse anti parvalbumin dilution 1 : 4,000  
Mouse anti parvalbumin 0.125 ul + 3% normal rabbit serum 500 ul
3. 2<sup>o</sup> Ab : 1:200  
A biotinylated rabbit anti - mouse immunoglobulins 2.5 ul + 3% normal rabbit serum 500 ul
4. Streptavidin - biotinylated peroxidase complex : 1:100  
Streptavidin - biotinylated peroxidase complex 50 ul + 0.1 M phosphate buffer saline pH 7.4 5 ml (fresh prepare)
5. 0.05% DAB : 3,3 diaminobenzidine tetrahydrochloride 25 mg + 0.2 M phosphate buffer saline pH 7.4 25 ml + distilled water 25 ml (fresh prepare)

0.1 M phosphate buffer pH 7.4

57.68 gm  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  + 10.48 gm  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  + 2,000 ml distilled water

0.2 M phosphate buffer pH 7.4

57.68 gm  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  + 10.48 gm  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  + 1,000 ml distilled water

## เอกสารอ้างอิง

- Alonso , J.R., Covenas, R., Lara, J., and Aijon, J. Distribution of parvalbumin immunoreactivity in the rat septal area. Brain - Res-Bull 24 (1990) : 41 - 48
- Baimbridge, K.G., Miller, J.J., and Parkes, C.O. Calcium binding protein distribution in the rat brain. Brain Research 239 (1982) : 519 - 525
- Baimbridge, K.G., and Miller, J.J. Immunohistochemical localization of calcium - binding protein in the cerebellum, hippocampal formation and olfactory bulb of the rat. Brain Research 245 (1982) : 223 - 229
- Braun, K., et al. Parvalbumin -, calretinin - and calbindin - D28K - immunoreactivity and GABA in a forebrain region involved in auditory filial imprinting. Brain - Res 539 (1991) : 31 - 44
- Carpenter, M.B. Human Neuroanatomy. 7<sup>th</sup> Ed. The Williams and Wilkins. Baltimore, (1976)
- Celio, M.R., and Heizmann, C.W. Calcium binding protein parvalbumin as a neuronal marker. Nature 293 (1981) : 300 - 302
- Celio, M.R., Parvalbumin in most r-aminobutyric acid-containing neurons of the rat cerebral cortex. Science 28 (1986) : 995 - 997
- Celio, M.R., Calbindin D-28K and parvalbumin in the rat nervous system. Neuroscience 35 (1990) : 375 - 475
- Choi, D.W. Calcium - mediated neurotoxicity : relationship to specific channal types and role in ischemic damage. TINS 11 (1988) : 465 - 469

- Christakos, S., et al. Calcium binding protein in squid brain : Biochemical similarity to the 28,000 Mr vitamin D-dependent calcium binding protein (Calbindin-D28K). Journal of Neurochemistry (1987) : 1427 - 1437
- Demeulemesster, H., et al. Calbindin - D28K and parvalbumin immunoreactivity in confined to two separate neuronal subpopulations in the cat visual cortex, whereas partial coexistence is shown in the dorsal lateral geniculate nucleus. Neurosci - Lett 99 (1989) : 6 - 11
- DeFelipe, P.A., Haglig, K.G., and Celio, M.R. Parvalbumin increase in caudate putamen of rats with vitamin D hypervitaminosis. Proc - Natl - Acad - Sci - U-S-A 86 (1989) : 387 - 390
- Feldman, S.C., and Christakos, S. Vitamin D-dependent calcium - binding protein in rat brain : biochemical and immunocytochemical characterization. Endocrinology 112 (1983) : 290 - 302
- Frasconi, C., et al. Postnatal development of calbindin and parvalbumin immunoreactivity in the thalamus of the rat. Brain-Res-Dev-Brain-Res 58 (1991) 243 - 249
- Garcia - Segura, L.M., et al. Immunohistochemical mapping of calcium-binding protein immunoreactivity in the rat central nervous system. Brain Research 296 (1984) : 75 - 86
- Gerfen, C.R., Bainbridge, K.G., and Miller, J.J. The neostriatal mosaic : compartmental distribution of calcium binding protein and parvalbumin in basal ganglia of the rat and monkey. Proc Natl Acad Sci USA 82 (1985) : 8780
- Graybiel, A.M., et al. An immunohistochemical study of enkephalin and other neuropeptides in the striatum of the cat with evidence that the opiate peptides are to form mosaic patterns in register with the striosomal compartment visible by acetylcholinesterase staining. Neuroscience 6 (1981) : 377 - 397

- Greaves, D.S., et al. Age-related change and tissue distribution of parvalbumin in normal and dystrophic mice of strain. Muscle - Nerve 14 (1991) : 543 - 552
- Hashikawa, T., et al. Parvalbumin - and calbindin - containing neurons in the monkey medial geniculate complex : differential distribution and cortical layer specific projections. Brain Research 544 (1991) : 335 - 341
- Heizmann, C.W. Parvalbumin, an intracellular calcium binding protein : distribution, properties and possible roles in mammalian cells. Experientia 40 (1984) : 910 - 921
- Heizmann, C.W., and Berchtold, M. Expression of parvalbumin and other calcium-binding proteins in normal and tumor cells : a topical review. Cell calcium 8 (1987) : 1 - 41
- Iacopino, A.M., and Christakos, S. Specific reduction of calcium -binding protein (28-kilodalton calbindin-D) gene expression in aging and neurodegenerative disease. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 87 (1990) : 4078 - 4082
- Illing, R.B., Vogt, D.M., and Spatz, W.B. Parvalbumin in rat superior colliculus. Neurosci-Lett 120 (1990) : 197 - 200
- Jande, S.S., and Maler, L. Immunohistochemical mapping of vitamin D-dependent calcium - binding protein in brain. Nature 294 (1981) : 765 - 767
- Kiyama, H., Seto - Ohsima, A., and Emson, P.C. Calbindin D28K as a marker for the degeneration of the striatonigral pathway in Huntington s disease. Brain Research 525 (1990) : 209 - 214
- Kobayashi, K., et al. Cerebral cortical calbindin - D28K and parvalbumin neurons in Down's syndrome. Neurosci-Lett 113 (1990) : 17 - 22

- Larsell, O. The Comparative Anatomy and Histology of the Cerebellum. The Human Cerebellum. Cerebellar connections, and Cerebellar cortex. The university of Minnesota Press, 1972
- McLachlan, D.R., Wong, L., Bergeron, C., and Baimbridge, K.G. Calmodulin and calbindin - D28K in Alzheimer's disease. Alzheimer - Dis - Assoc - Disord 1 (1987) : 171 -179
- Miller, J.J., and Baimbridge, K.G. Biochemical and immunohistochemical correlates of binding induced epilepsy : role of calcium binding protein. Brain Res 278 (1983) : 322
- Ohshima, T., Endo, T., and Onaya, T. Distribution of parvalbumin immunoreactivity in the human brain. J Neurol 238 (1991) : 320 - 322
- Oliver, D.L., and Hall, W.C. The medial geniculate body of the tree shrew, Tupaia glis. I. Cytoarchitecture and midbrain connections. J. Comp. Neurol. 182 (1978a) : 423 - 458
- Pochet, R., et al. Rat brain synthesizes two vitamin D-dependent calcium - binding Proteins. Brain Res 345 (1985) : 251 - 256
- Rodriguez - Moldes, I., et al. Immunohistochemical Localization of calbindin - D28K in the brain of a cartilaginous fish, the dogfish (Scyliorhinus comacula L.). Acta Anat 137 (1990) : 293 - 302
- Sans, A., et al. Immunocytochemical detection of vitamin D-dependent calcium - binding protein (CaBp-28K) in vestibular sensory hair cells and vestibular ganglion neurones of the cat. Brain Research 364 (1986) : 190 - 194
- Satoh, J., et al. Parvalbumin - immunoreactive neurons in the human central nervous system are decreased in Alzheimer's disease. Acat - Neuropathol - (Berl) 81 (1991) : 388 - 95



- Sloviter, R.S. Calcium - binding protein (calbindin - D28K) and parvalbumin immunocytochemistry : Localization in the rat hippocampus with specific reference to the selective vulnerability of hippocampal neurons to seizure activity. J - Comp - Neurol 280 (1989) : 183 - 196
- Sloviter, R.S., Sollas, A.L., Barboro, N.M., and Laxer, K.D. Calcium - binding protein (Calbindin - D28K) and parvalbumin immunocytochemistry in the normal and epileptic human hippocampus. J - comp - Neurol 308 (1991) : 381 - 396
- Stichel, C.C., and Heizmann, C.W. Light and electron microscopic immunocytochemical localization of parvalbumin in the dorsal lateral geniculate nucleus of the cat : evidence for coexistence with GABA. J - Comp - Neurol 268 (1988) : 29 - 37
- Tigges, M., and Tigges, J. Parvalbumin immunoreactivity of the lateral geniculate nucleus in adult rhesus monkeys after monocular eye enucleation. Vis - Neurosci 6 (1991) : 375 - 382
- Verstappen, A., et al. Vitamin D-dependent calcium binding protein immunoreactivity in human retina. Ophthalmic Res 18 (1986) : 18 - 21
- Zettel, M.L., Carr, C.E., and O'Neill, W.E. Calbindin - like immunoreactivity in the central auditory system of the mustached bat, Pteronotus parnelli. The Journal of Comparative Neurology 313 (1991) : 1- 16
- Zook, J.M., et al. Projections from the cochlear nuclei in the mustache bat, Pteronotus parnelli. J. Comp. Neurol. 237 (1985) : 307 - 324

