

황점볼락과 조피볼락의 뇌 조직에 분포하는 neuropeptide Y 성 물질

손영창 · 장영진
부산수산대학교 양식학과

Neuropeptide Y like Substance Distributed in the Brain Tissues of Two Rockfish Species, *Sebastes oblongus* and *S. schlegeli*

Young Chang SOHN and Young Jin CHANG

Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea

In order to find out the distribution of neuropeptide Y (NPY) recently known as the gonadotropin (GtH) stimulation neurohormone in the brain tissues of marine teleost, detection and localization of NPY like substance in brain of two rockfish species, *Sebastes oblongus* and *S. schlegeli* were done by immunohistochemistry. Distribution of GtH cells in hypophysis were also observed by aldehyde fuchsin (AF)-fast green-orange G stain to compare with gonadal phases of the rockfish species.

NPY immunoreactive cells were detected in olfactory bulb, telencephalon and mesencephalon of the brain, and NPY immunoreactive fibers were distributed not only in olfactory bulb, telencephalon and mesencephalon but also in optic nerve, hypothalamus and optic tectum.

Regardless of ovarian maturation in two rockfish species, NPY immunoreactive fibers were observed in the neurohypophysis adjacent to the AF negative cells in the rostral pars distalis of hypophysis in both species. Moreover, the fibers were distributed in the rostral and proximal pars distalis near to the GtH cells of the hypophysis in both species possessing the growing or mature oocytes.

Slight AF stainable GtH cells were detected in hypophysis of two species before parturition (*S. oblongus*) and in mature stage (*S. schlegeli*), but AF stainability of the cells in the proximal pars distalis after parturition was more increased than that of the cells in mature stage or before parturition.

The size and nucleus diameter of GtH cells in *S. oblongus* and *S. schlegeli* before parturition were significantly bigger than those of GtH cells in individuals after parturition (*S. oblongus*) or with resting ovary (*S. schlegeli*) ($P < 0.01$).

Key words : neuropeptide Y, reproduction, rockfish, *Sebastes oblongus*, *Sebastes schlegeli*

서 론

근년 어류의 성숙에 관여하는 내분비 기구가 서서히 해명되고 있어, 유용어류의 번식생리학적 연구 뿐만 아니라 양식산업의 발전에도 많은 기여를 하고 있다. 특히 어류의 종묘생산 현장에서 생식 호르몬을 친어에게 주사하거나 경구투여하여 채란하고자 할

때, 호르몬의 종류 및 농도에 따라 난질 및 채란 비용이 달라질 수 있다(Lee et al., 1988; Mylonas et al., 1992). 최근에는 성숙 및 배란에 관여하는 생식소자극호르몬(GtH)의 분비를 조절하는 생식소자극호르몬 방출호르몬(GnRH)에 대한 연구가 매우 활발하며(Amano et al., 1993; Drori et al., 1994), 이의 상위 호르몬 즉, 외부환경의 변화에 따라 호르몬의 분비조

절을 담당하는 신경호르몬의 연구가 진행되고 있다. 또한 유용어류의 번식제어에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 외부 환경의 변화를 감지하면서 생식소 발달을 지배하는 뇌내 신경호르몬인 neuropeptide Y (NPY), GnRH에 대한 연구들이 이루어지고 있다(Kah et al., 1993).

NPY는 Tatemoto et al.(1982)에 의해 포유류의 뇌에서 최초로 분리되었으며, 카르복실기 말단에 티로신아미드기가 붙은 36개의 아미노산 펩티드로 밝혀졌다. 이후, NPY는 경골어류의 뇌하수체내 GtH와 성장호르몬의 분비를 자극하는 것으로 보고된 바 있다(Breton et al., 1991; Peng et al., 1993). 특히 무지개송어 친어의 복강에 NPY와 황체형성호르몬방출호르몬(LHRH)의 유사체를 함께 주사하면, LHRH 유사체만 주사한 친어에 비해 유의적으로 GtH 수준이 높아지고, 주사 후 48시간까지 그 수준이 지속되면서 배란하게 된다(Breton et al., 1991). 어류 뇌의 NPY 분포

는 주로 연어과, 잉어과 어류에서 밝혀져 있다. 이 외에도 은어(Chiba et al., 1994), 농어류인 *Dicentrarchus labrax*(Moons et al., 1989), 철갑상어(Chiba et al., 1994), 두릅상어, *Scyliorhinus torazame* (Chiba and Honma, 1992) 및 원구류인 목피장어, *Paramyxine atami*(Chiba et al., 1993) 그리고 연체동물인 군소, *Aplysia kurodai* (Honma et al., 1994)에서 보고된 바 있으나, 해산 경골어류의 뇌내 NPY에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 자원조성 및 양식 대상으로 난태생 어류에 속하는 황점볼락, *Sebastes oblongus* 과 조피볼락, *S. schlegeli* 암컷 어미를 재료로 뇌의 구조를 파악하고, 인위적으로 성성숙을 조절하는데 기초자료가 되는 NPY의 뇌내 분포특성을 조사하였으며, 아울러 GtH 분비세포로 알려진 aldehyde fuchsin(AF) 양성세포의 뇌하수체내 국재성을 파악하여 난소의 발달단계와 비교하였다.

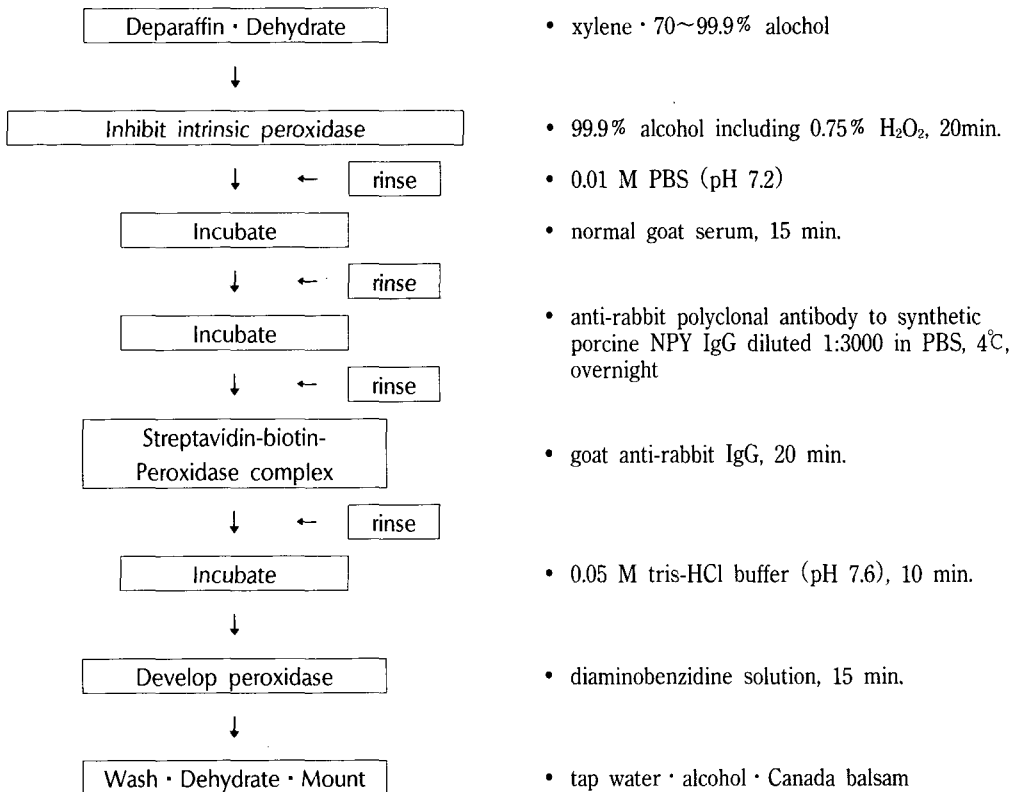


Fig. 1. Procedure of immunohistochemistry for detection of NPY in brain tissues of the rockfish.

재료 및 방법

실험어

난소의 성숙단계가 각각 다른 1월, 3월 및 8월에 육상수조에서 사육관리한 3년생 황점볼락(체중 250~400 g)과 3~4년생 조피볼락(체중 748~1,100 g) 어미를 실험어로 사용하였다. 실험어는 부산수산대학교 양식생리학 연구실의 순환여과 사육시스템에 옮겨 3일간 안정시킨 다음 실험에 사용하였다.

면역조직화학

실험어를 MS222(100 ppm)로 마취시킨 다음, 아세트산이 들어있지 않은 Bouin액으로 심장의 동맥구를 통하여 관류고정하였다. 이후 신속히 뇌와 난소를 적출하여 동일 용액에 24시간 재고정한 다음, 상법에 따라 5~6 μm 두께의 파라핀 조직표본을 제작하였다. 이후, NPY를 검출하기 위한 면역조직화학은 Chiba et al.(1994)의 방법에 따랐다(Fig. 1).

면역반응의 특이성을 검토하기 위하여 실험에 사용한 NPY 항체를 합성 NPY 항원(10^{-6} M, Peninsula Lab., USA)에 흡수시킨 후, Fig. 1의 순서에 따라 반

응시킨 결과, 면역반응이 나타나지 않음으로써 항원 항체 반응의 특이성이 인정되었다.

GtH 분비세포의 크기 측정

뇌하수체내 GtH 분비세포의 활성을 알아보기 위하여, 상법에 따라 5~6 μm 두께의 파라핀 조직표본을 제작한 다음, 뇌하수체내 중간원위부분(proximal pars distalis)이 관찰되는 표본만을 골라 염기성 AF-fast green-orange G 삼중염색을 실시하였다. GtH 분비세포의 세포크기와 핵경은 각 개체의 재료로부터 무작위 추출한 15세포의 (장경+단경)/2로 구하였다.

GtH 분비세포 크기와 핵경의 평균치에 대한 유의차 유무는 ANOVA, Duncan's multiple range test 및 t-test에 의해 검정하였다.

결 과

난소의 발달단계

출산후 8개월이 지난 8월의 황점볼락은 생식소중량 지수(GSI) 0.18~0.25로, 주변인기와 난황포기의 난모

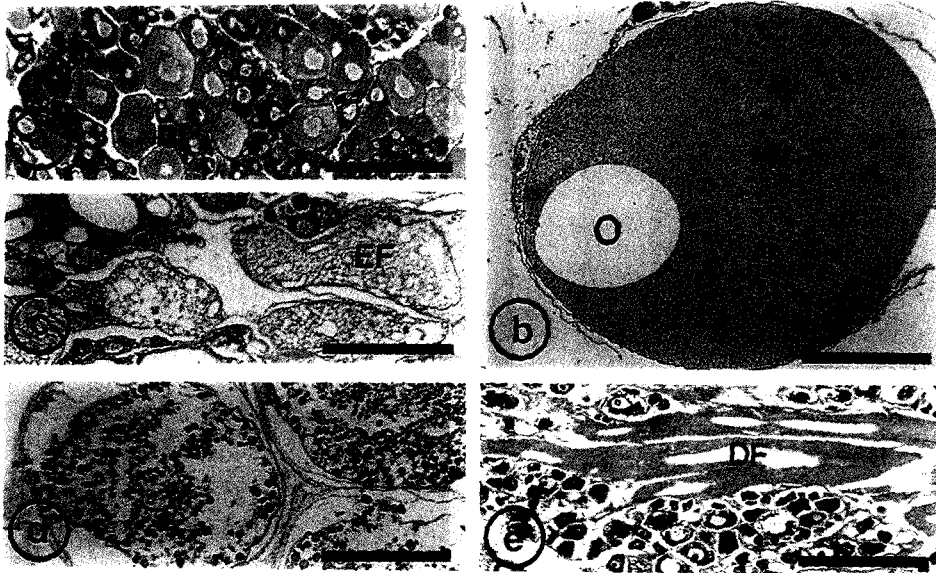


Fig. 2. Ovaries of *S. oblongus* (A~C) and *S. schlegeli* (D~E). A: growing stage (August), B: an embryo at the early gestation-period ovary (January), C: immature oocytes and emptied follicles (EF) after parturition (January), D: mature stage (March), E: immature oocytes and degenerated follicles (DF) after parturition (August). O: oil droplet, Y: yolk, Scale bar=360 μm .

세포가 대부분을 차지하는 성장기의 난소를 가졌으며 (Fig. 2a), 출산전인 1월의 개체의 난소에서 GSI 18.60으로 큰 유구를 가진 임신기 초기의 배가 관찰되었다 (Fig. 2b). 1월의 출산후 개체(GSI 2.11~2.80)에서는 퇴행여포와 미성숙 난모세포들이 주로 관찰되었다 (Fig. 2c). 한편, 조피볼락의 난소에서는 출산전인 3월 (GSI 11.36)에 성숙 난모세포가 주로 관찰되었으며 (Fig. 2d), 출산후 2개월이 경과한 8월의 개체(GSI 0.36~0.54)에서는 미성숙 난모세포 및 퇴행여포가 주로 관찰되었다 (Fig. 2e).

뇌의 구조

황점볼락과 조피볼락은 후각상피와 뇌를 연결하는 긴 후각신경을 가지고 있었다. 두 어종에서는 중뇌와 소뇌가 발달되어 있으며, 후각망울(olfactory bulb)과 중뇌 사이의 후각로(olfactory tract)는 잉어과 어류에 비해 대단히 짧았다 (Fig. 3). 한편, 뇌내 AF 양성세포는 시각교차앞구역(preoptic area)에서 간뇌의 수평교차연결(horizontal commissure) 부근에 이르기까지 관찰되었으며, 직경 27.5~42.5 μm 의 대형세포와 직경 17.5~20.0 μm 의 소형세포로 이루어져 있었다.

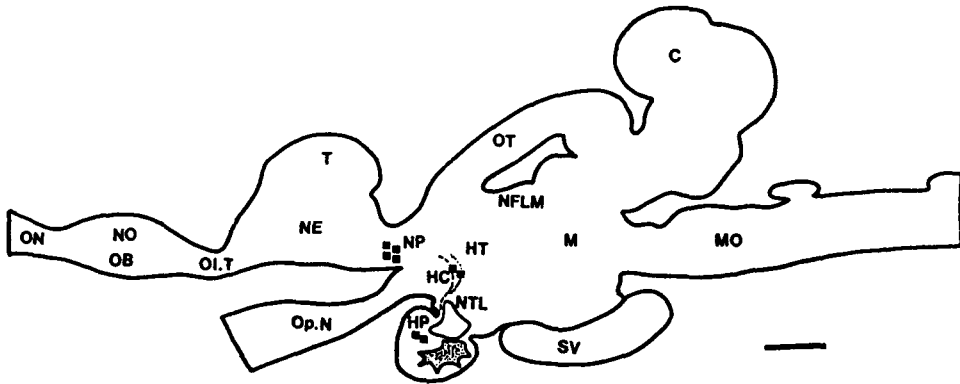


Fig. 3. Schematic diagram of a mid-sagittal sectioned *S. oblongus* and *S. schlegeli* brains. C: cerebellum, HC: horizontal commissure, HP: hypophysis, HT: hypothalamus, M: mesencephalon, MO: medulla oblongata, NE: nucleus entopeduncularis, NFL: nucleus fasciculus longitudinalis NO: nucleus olfactoretinalis, NP: nucleus preopticus, NTL: nucleus tuberis lateralis, OB: olfactory bulb, Ol. T: olfactory tract, ON: olfactory nerve, Op.N: optic nerve, OT: optic tectum, SV: sacculus vasculosus, T: telencephalon. ■: aldehyde fuchsin (AF) positive cells. Dots and dash lines indicate AF positive fibers. Scale bar=1mm.

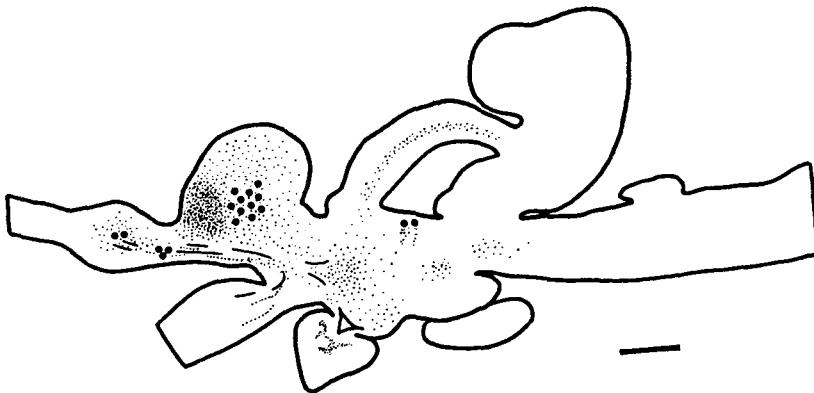


Fig. 4. Schematic diagram of a mid-sagittal sectioned *S. oblongus* and *S. schlegeli* brains and immunohistochemical localizations of NPY. ●: NPY immunoreactive cells. Dots and dash lines indicate NPY immunoreactive fibers. Scale bar=1mm.

뇌내 NPY의 분포

두 어종에 있어서 뇌 전체의 NPY 분포에 대한 모식도는 Fig. 4와 같다. NPY 항체에 양성반응을 나타내는 세포는 두 어종 모두 후각망울내 후방막핵(nucleus olfactoryretinalis)(Fig. 5a), 중뇌의 다리속핵(nucleus entopeduncularis)(Fig. 5b), 그리고 중뇌피개(tegmentum mesencephali) 등쪽에서 검출되었으며, 양성 섬유는 뇌 전체에 고루 분포하고, 특히 후각망울, 중뇌, 시상상부역에서 강한 반응을 보였다.

뇌하수체내에서는 중간원위부분(proximal pars distalis)의 GtH 분비세포에 인접한 신경섬유 중 NPY 양성반응을 나타내는 신경섬유는 성장기의 난모세포를 가진 황점블락 뇌하수체(Fig. 6a)와 성숙기의 난모세포를 가진 조피블락 뇌하수체(Fig. 6g)에서 관찰되었다. 한편, 앞원위부분(rostral pars distalis)에 인접한 신경섬유 중 일부가 NPY 양성반응을 나타냈으나 두 어종간에 따른 차이는 인정되지 않았으며, 주로 모세혈관 주위(Fig. 6c)와 샘뇌하수체(adenohypophysis)와 인접한 신경섬유들에서 양성반응을 관찰할 수 있었다(Fig. 6e, i).

뇌하수체내 GtH 분비세포의 분포

GtH 분비세포는 두 어종 모두 중간원위부분의 복측부에 위치하고 있었다. 출산 후 8개월로 난소가 성장단계에 있는 황점블락에서는 뚜렷한 AF 양성의 호염기성 과립이 GtH 분비세포내에 충만되어 있었으나(Fig. 6b), 출산전의 뇌하수체내에서는 과립물질이 대부분 소실되어 있었으며 소수의 세포에서만 과립이

관찰되었다(Fig. 6d). 출산후의 GtH 분비세포내에서는 과립이 관찰되었으나 공포화된 부분이 다수 관찰되었다(Fig. 6f). 한편, 성숙기의 조피블락 뇌하수체내에는 과립이 충만된 대형세포와 과립물질이 소실된 소형세포가 혼재하였으며(Fig. 6h), 출산후인 휴지기에는 비교적 약한 염색성을 보였다(Fig. 6j).

GtH 분비세포의 크기

두 어종의 GtH 분비세포 활성을 나타내는 세포크기와 핵경을 측정 한 결과, 황점블락에서는 Table 1과 같이 성장기의 난모세포를 가지거나 출산전에 있는 개체의 GtH 분비세포는 출산후의 개체보다 유의하게 컸으나(P<0.01), 핵경은 출산전의 개체에서만 출산후의 개체에서 보다 유의하게 컸다(P<0.01). 조피블락에서도 황점블락과 유사한 경향을 보였다(Table 2).

Table 1. Size and nucleus diameter(μm) of GtH cells in the hypophysis of female *S. oblongus*

Month	Cell size ¹ (mean \pm SD)	Nucleus diameter ¹ (mean \pm SD)
August ²	10.32 \pm 2.44 ^a	3.20 \pm 0.40 ^b
January ³	9.78 \pm 1.67 ^b	4.08 \pm 0.43 ^a
January ⁴	7.97 \pm 1.07 ^c	3.28 \pm 0.24 ^b

¹ The values within the same column with different letters are significantly different (P<0.01).

² Individuals with ovary of growing stage.

³ Individuals before parturition.

⁴ Individuals after parturition.

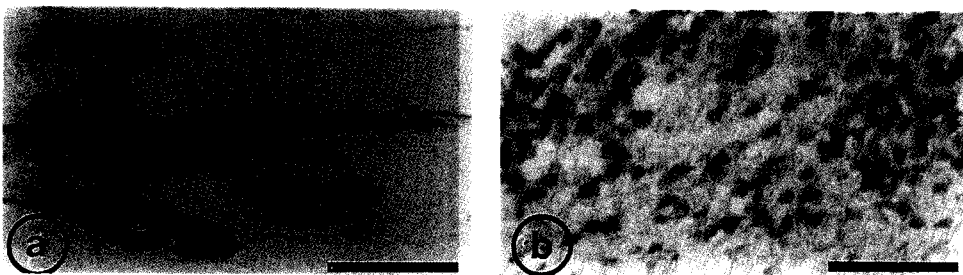


Fig. 5. NPY immunoreactive cells in the brains of *S. oblongus* and *S. schlegeli*. A: nucleus olfactoryretinalis in olfactory bulb, B: a great number of nucleus entopeduncularis in telencephalon. P: perikaryon. Scale bar=30 μm .

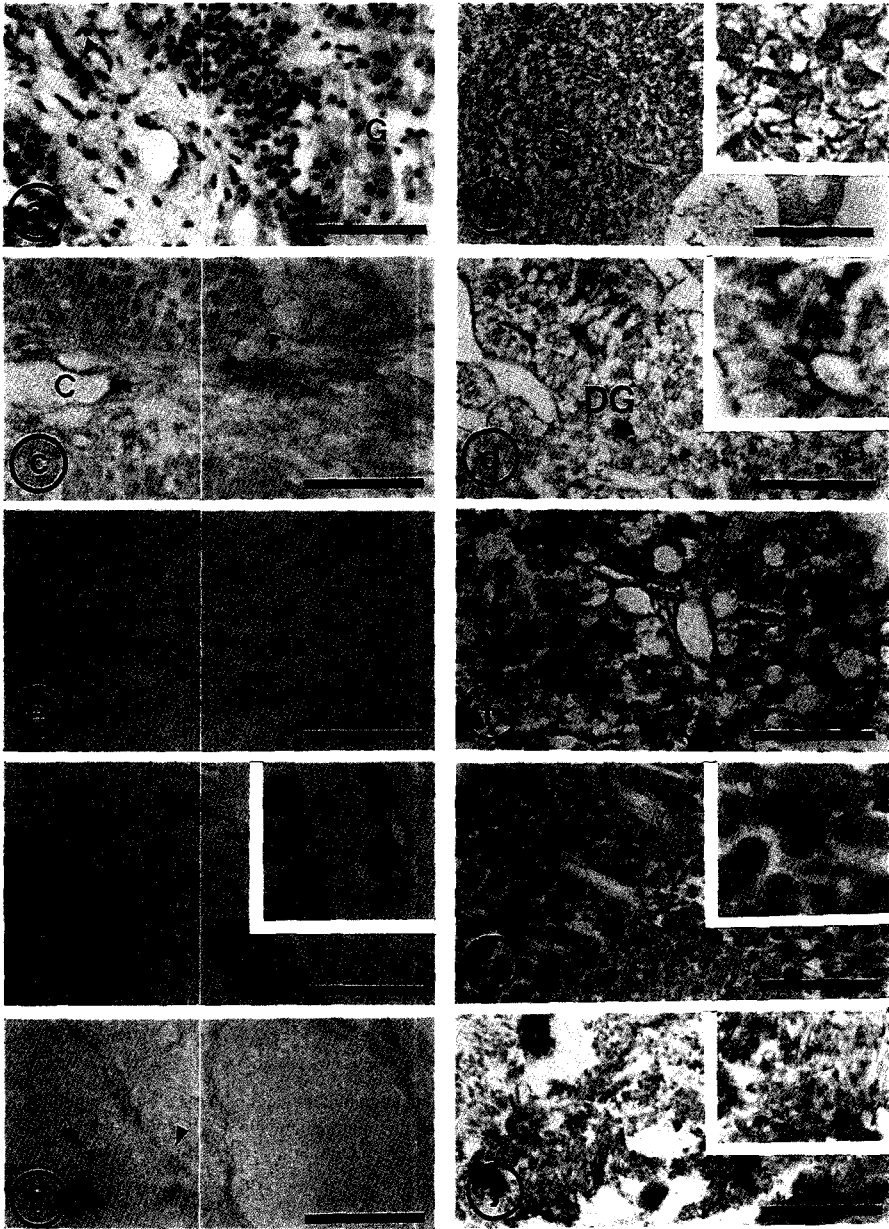


Fig. 6. Hypophysis in *S. oblongus* (A~F) and *S. schlegeli* (G~J) by immunohistochemistry or AF-fast green-organ G stain. A: NPY labeled fibers (arrowhead) adjacent to the GtH cells (G) in growing stage of ovary, B: AF positive GtH cells (G) in growing stage of ovary, C: NPY labeled fibers (arrowhead) adjacent to capillary (C) before parturition, D: degranular GtH cells (DG) before parturition, E: NPY labeled fibers (arrowhead) after parturition, F: vacuolized GtH cells after parturition, G: NPY labeled fibers (arrowheads) in mature stage of ovary, H: heavily granulated GtH cells (arrowheads) in mator stage of ovary, I: NPY labeled fibers (arrowhead) after parturition, J: vacuolized and heavily shrunked GtH cells after parturition. Insets indicate enlarged views, respectively. Scale bar=30 μ m (A, C, E, F), 60 μ m (D, I, H, G) and 120 μ m (B, J).

Table 2. Size and nucleus diameter(μm) of GtH cells in the hypophysis of female *S. schlegeli*

Month	Cell size ¹ (mean \pm SD)	Nucleus diameter ¹ (mean \pm SD)
March ²	9.47 \pm 1.62 ^a	4.65 \pm 0.37 ^a
August ³	5.53 \pm 0.53 ^b	2.75 \pm 0.08 ^b

¹ The values within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.01$).

² Individuals before parturition.

³ Individuals after parturition.

고 찰

황점블락과 조피블락의 뇌에서는 일반 경골어류와 같이 중뇌와 소뇌가 발달되어 있으나, 중뇌와 후각망을 사이를 연결하는 후각로(olfactory tract)는 매우 짧아 이 부위가 잘 발달된 잉어과 어류와는 달랐다 (Springer, 1983). 두 종의 블락에서 AF 양성을 나타내는 뇌내 시각교차앞핵(nucleus preopticus)의 신경섬유가 뇌하수체병을 따라 신경뇌하수체로 연결되는 것이 관찰되었다. Terlouw and Ekengren(1979)은 무지개송어의 시각교차앞핵에서 시작된 신경섬유가 뇌하수체 중간부분(pars intermedia)의 모세혈관이나 기저막 주위에 분포하는 신경뇌하수체까지 분포함을 밝혔는데, 본 연구의 블락에서도 이 신경섬유가 신경뇌하수체의 대부분을 차지하고 있었으며, AF 양성반응을 나타내는 신경섬유는 두 종류의 시각교차앞핵에서 기원하는 것으로 추정된다. 이 신경섬유들에는 말초혈관 및 수관관의 수축과 항이뇨 작용에 관여하는 포유류의 oxytocin 및 vasopressin과 경골어류의 isotocin이 존재하는 것으로 알려져 있다(松本·新井, 1987).

경골어류 뇌내에 분포하며 NPY 양성반응을 나타내는 신경세포는 주로 후각망울의 후방막핵, 중뇌의 다리속핵, 간뇌 제3뇌실에 인접한 부위, 중뇌피개 배측부에 존재하며 신경섬유는 뇌내에 고르게 분포한다 (Danger et al., 1991; Chiba and Honma, 1994). 금붕어 뇌의 각 부위에 분포하는 NPY 면역반응 물질의 양을 방사선면역분석법으로 조사한 연구에서는 중뇌, 시각엽(optic tectum)을 포함한 간뇌 그리고 뇌하수체에 많이 함유되어 있는 것으로 밝혀졌다(Kah et al., 1989). 본 연구에서도 NPY 양성세포 및 섬유는 중뇌

와 간뇌에서 주로 관찰되었으며, 두 어종간 그리고 난소의 성숙단계에 따라 NPY 분포 및 반응의 강도차이는 없었다.

한편 뇌하수체내에 분포하는 NPY 양성반응을 나타내는 신경섬유는 두 어종 모두 성숙단계와 관계없이 뇌하수체내 앞원위부분에서 관찰되었다. 그러나 생식소가 성장기에 달한 황점블락과 성숙 난모세포를 가진 조피블락에서는 뇌하수체내 중간원위부분의 신경섬유에서 NPY 양성반응이 나타난 반면, 출산후의 황점블락 및 출산이 끝나고 난소가 휴지기에 달한 조피블락의 중간원위부분에서는 관찰되지 않았다. 이와 같은 성숙단계에 따른 NPY 신경섬유의 뇌하수체내 분포특성의 차이는, 은어에서 성숙이 시작되는 5월부터 뇌하수체내 중간원위부분의 신경엽에 NPY 양성반응이 나타나기 시작하여 산란기인 10월에는 가장 강한 반응을 보이지만, 앞원위부분의 신경엽에서는 계절에 관계없이 NPY 양성반응이 관찰된다는 Chiba et al. (1994)의 결과와 일치한다. 따라서, 본 연구에서 두 어종의 성숙기에 보여지는 NPY는 뇌하수체의 GtH 분비를 자극하는데 중요한 역할을 하는 것으로 추정된다.

본 연구에서 성장기의 난소를 가진 황점블락과 성숙기에 달한 조피블락의 GtH 분비세포는 AF 양성인 과립상 물질을 다수 함유하고 있었다. 더욱이, 두 어종 모두 출산전의 개체에서 GtH 분비세포의 세포 및 핵의 크기가 출산후의 개체에서 보다 컸으나, 휴지기의 난소를 가진 조피블락의 GtH 분비세포는 세포질 과립이 거의 없어져 공포화되었는데, 이러한 난소발달 단계에 따른 GtH 분비세포의 변화는 난소내 여포조직에서 생산되는 성 스테로이드에 의해 GtH 분비세포가 되먹임효과(feedback effect)를 받는 것으로 추측된다. 성숙한 금붕어의 난소를 제거하면, GtH 분비세포 과립의 현저한 감소로 세포질이 공포화되며(Nagahama and Yamamoto, 1969), 생식소 발달을 억제하는 methallibure로 처리한 틸라피아에서 GtH 분비세포의 세포 크기가 정상어에 비해 감소된다는 Chiba et al. (1978)의 연구결과를 감안했을 때, 블락류의 GtH 분비세포는 생식소 발달을 지배하는 한편, 생식소로부터 작용을 받기도 한다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 출산전 황점블락의 GtH 분비세포내 과립이 소실된 것은 무지개송어의 배란기에 일시적으로 급증

된 GtH 분비를 보고한 Breton et al. (1991)의 연구결과와 일치하고 있다. 그러나 GtH 분비세포의 핵경 변화가 호르몬성 과립의 분비와 직접적인 관련을 갖는지에 대하여는 아직 밝혀져 있지 않다. 또한, NPY 이외에 볼락류의 GtH 분비에 관계되는 GnRH, dopamine, catecholamine류의 뇌내 작용에 대하여도 금후 연구되어야 할 것이다.

결론적으로, 본 연구에서 볼락류의 뇌 조직내 NPY의 존재가 확인되었으며, NPY는 생식소의 성숙에 관여하는 것으로 추측된다. 앞으로는 성성숙에 따른 NPY의 뇌내 동태를 정량적으로 파악함과 아울러 어체에 NPY를 투여하여, 성성숙 및 배란을 유도하는 시상하부-뇌하수체-생식소계의 번식조절 기구에 관여하는 NPY의 역할이 구명되어야 할 것이다. 또한, 인공채란이 어려운 유용어류에서의 그 실용성을 입증해 보이는 것도 앞으로의 과제이다.

요 약

출산 전후의 황점볼락 및 조피볼락 어미의 뇌 조직에서 GtH 분비를 자극하는 신경호르몬으로 알려진 NPY를 검출하기 위해, 면역조직화학을 실시하고 뇌하수체내 GtH 분비세포의 활성을 서로 비교하였다.

두 어종 모두에서 뇌 조직중 NPY 양성반응을 나타내는 세포는 후각망울, 종뇌 및 중뇌에서, 신경섬유는 후각망울, 종뇌, 시각신경, 시상하부, 중뇌 및 시각엽에서 각각 관찰되었다.

뇌하수체내에서 NPY 양성반응을 나타내는 신경섬유는 성숙에 관계없이 두 어종 모두 앞원위부분의 AF 음성세포에 인접한 신경엽에 분포하였고, 성장 및 성숙기의 난모세포를 가진 어체에서는 앞원위부분의 신경엽과 중간원위부분의 GtH 분비세포에 인접한 신경엽에서 관찰되었다.

뇌하수체내의 GtH 분비세포는 출산전의 황점볼락 및 성숙기의 조피볼락 개체에서는 AF 염색성이 약했으나, 출산후 황점볼락 및 조피볼락의 GtH 분비세포는 출산전 및 성숙기에 비해 AF 염색성이 증가하였다.

두 어종에서 출산전 난소를 가진 개체들의 GtH 분비세포와 핵경의 크기는 출산후(황점볼락)이거나 출

산 이후 휴지기의 난소를 가진 개체(조피볼락) 보다 유의하게 컸다($P < 0.01$).

사 사

본 연구에서 NPY의 면역조직화학적 방법에 관한 조건과 NPY 항체 및 효소시약을 할애해 주신 日本齒科大學 千葉晃 박사와 新潟大學 本間義治 박사에게 깊이 감사드리며, 실험어 채집에 도움을 준 국립수산진흥원 여천수산종묘배양장의 백제민 연구사를 비롯한 연구원 여러분께도 사의를 표한다.

참 고 문 헌

- Amano, M., K. Aida, N. Okumoto and Y. Hasegawa. 1993. Changes in levels of GnRH in the brain and pituitary and GtH in the pituitary in male masu salmon, *Oncorhynchus masou*, from hatching to maturation. *Fish Physiol. Biochem.*, 11, 233~240.
- Breton, B., T. Mikolajczyk, W. Popek, K. Bieniarz, and P. Epler. 1991. Neuropeptide Y stimulates *in vivo* gonadotropin secretion in teleost fish. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 84, 277~283.
- Chiba, A. and Y. Honma. 1992. Distribution of neuropeptide Y-like immuno-reactivity in the brain and hypophysis of the cloudy dogfish, *Scyliorhinus torazame*. *Cell Tissue Res.*, 268, 453~461.
- Chiba, A., Y. Honma and S. Oka. 1993. Immunohistochemical localization of neuropeptide Y-like substance in the brain and hypophysis of the brown hagfish, *Paramyxine atami*. *Cell Tissue Res.*, 271, 289~295.
- Chiba, A. and Y. Honma. 1994. Neuropeptide Y-immunoreactive structures in the telencephalon and diencephalon of the white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, with special regard to the hypothalamo-hypophyseal system. *Arch.*

- Histol. Cytol., 57(1), 77~86.
- Chiba, A., Y. C. Shon and Y. Honma. 1994. Immunohistochemical study on the distribution and seasonal changes of neuropeptide Y (NPY) and gonadotropin-releasing hormone (GnRH) in the brain and hypophysis of the ayu, *Plecoglossus altivelis*. Nippon Suisan Gakkaishi, (In Press).
- Danger, J. M., B. Breton, M. Vallarino, A. Fournier, G. Pelletier and H. Vaudry. 1991. Neuropeptide Y in the trout brain and pituitary: localization, characterization, and action on gonadotropin release. *Endocrinology*, 128(5), 2360~2368.
- Drori, S., M. Ofir, B. Levavi-Sivan and Z. Yaran. 1994. Spawning induction in common carp (*Cyprinus carpio*) using pituitary extract or GnRH superactive analogue combined with metoclopramide: analysis of hormone profile, progress of oocyte maturation and dependence on temperature. *Aquaculture*, 119, 393~407.
- Honma, Y., T. Kawahara and A. Chiba. 1994. Immunohistochemical localization of neuropeptide Y-like substance in the abdominal ganglion of the sea hare *Aplysia kuroda*: relationship with FMRFamide-like substance. *Fish. Sci.*, 60(1), 53~58.
- Kah, O., A. Pontet, J. M. Danger, P. Dubourg, G. Pelletier, H. Vaudry and A. Calas. 1989. Characterization, cerebral distribution and gonadotropin release activity of neuropeptide Y (NPY) in the goldfish. *Fish. Physiol. Biochem.*, 7, 69~76.
- Kah, O., I. Anglade, E. Leprêtre, P. Kubourg and D. D. Monbrison. 1993. The reproductive brain in fish. *Fish. Physiol. Biochem.*, 11, 85~98.
- Lee, C. S., C. S. Tamaru and C. D. Kelley. 1988. The cost and effectiveness of CPH, HCG and LHRHa on the induced spawning of grey mullet, *Mugil cephalus*. *Aquaculture*, 73, 341~347.
- Moons, L., M. Cambré, F. Ollevier and F. Vandesaende. 1989. Immunocytochemical demonstration of close relationships between neuropeptidergic nerve fibers and hormone-producing cell types in the adenohypophysis of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 73, 270~283.
- Mylonas, C. C., J. M. Hinshaw and C. V. Sullivan. 1992. GnRH-induced ovulation of brown trout (*Salmo trutta*) and its effects on egg quality. *Aquaculture*, 106, 379~392.
- Nagahama, Y. and K. Yamamoto. 1969. Basophils in the adenohypophysis of the goldfish (*Carassius auratus*). *Gunma Symp. Endocrinol.*, 6, 39~55.
- Peng, C., S. Humphries, R. E. Peter, A. G. Blomqvist and D. Larhammar. 1993. Actions of goldfish neuropeptide Y on the secretion of growth hormone and gonadotropin-II in female goldfish. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 90, 306~317.
- Springer, A. D. 1983. Centrifugal innervation of goldfish retina from ganglion cells of the nervous terminalis. *J. Comp. Neurol.*, 214, 404~415.
- Tatemoto, K. 1982. Neuropeptide Y: complete amino acid sequence of the brain peptide. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 79, 2514~2518.
- Terlou, M. and B. Ekengren. 1979. Nucleus preopticus and nucleus lateralis tuberis of *Salmo salar* and *Salmo gairdneri*: structure and relationship to the hypophysis. *Cell Tissue Res.*, 197, 1~21.
- 松本明・新井康允. 1987. 内分泌器官のアトラス-脊椎動物・無脊椎動物. 視床下部. 日本内分泌學會編, 講談社, 東京, 26~35p.

1995년 4월 10일 접수

1995년 7월 8일 수리