

닭의 Plasticity 현상에서 GABAergic 기작의 관련

김명순

루이스 파스퇴르대학 신경생리학 및 행동생물학과

한 눈의 시각에서 head와 눈의 optokinetic nystagmus(OKN)은 닭과 같은 하등 척추동물에서 반사 시각운동을 일으키는데 temporal-nasal (T-N) 자극이 nasal-temporal(N-T) 자극보다 더욱 효과적인 방향적 불균형성을 나타낸다.

닭의 한쪽 눈 봉합에 의한 장기간 한쪽 눈 시각상실은 N-T 성분이 점진적으로 많은 증가를 일으킨다는 것을 코일에 의한 기록과 관찰에서 보여주었다. 이 plasticity 현상은 닭에서 눈과 head OKN에 관련되고 있다.

GABA agonist인 5,6,7-tetrahydroisoxzolo (5, 4, C) pyridin-3-01 (THIP) 주입은 닭에서 NT 성분의 증가를 가역적으로 제거하였다. 이 사실은 GABAergic 시스템이 성장한 하등 척추동물에서 관찰된 이 plasticity 현상을 결정하는데 관련될 수 있다는 것을 시사하고 있다.

KEY WORDS: Optokinetic nystagmus, Monocular visual deprivation, Chicken, Plasticity, GABA

한쪽 눈의 시각을 잃은 후에 시각기관의 plasticity에 대하여 그동안 어린 동물을 대상으로 폭넓게 연구되어 왔으나 성장한 동물에 대해서는 약간의 연구결과만 발표된 바 있다. 이들 연구 결과의 대부분은 여러가지 성장한 동물과 사람의 oculomotor 시스템에서 plasticity가 존재하고 있음을 증명하였다. 동물의 내이 감각기관의 입력(Maioli *et al.*, 1983; Paige, 1983) 또는 운동 출력 변화후(Abel *et al.*, 1978; Optican and Robinson, 1980)에 정상적으로 기능이 회복하는 것처럼 성장한 동물의 oculomotor 시스템은 장기간의 자극에 잘 적응 할 수가 있다(Barmack and Nelson, 1987). 성장한 고양이와 영장류 또는 인간의 vestibulo-ocular reflex (VOR)와 optokinetic nystagmus (OKN)의 saccade를 동시에 변화시키기 위하여 동물의 한눈을 봉합하거나(Viirre *et al.*, 1987) 확대렌즈 (Miles and Eighmy, 1980) 역 프리즘 (Melvill Jones and Davies, 1976)을 사용하여 시각의 입력을 변화시키는 방법이 사용되어 왔다.

Monocular vision에서 하등 척추동물의 hori-

zontal head와 눈의 OKN은 nasal temporal (N-T)방향 자극보다 temporal-nasal (T-N) 방향 자극에 대하여 더 효과적인 반응을 나타내는 방향적 불균형 (directional asymetry) 성을 갖는다. 이들중 어류(Easter, 1972), 개구리 (Bonaventure *et al.*, 1983; Yücel *et al.*, 1989), salamander(Manteuffel *et al.*, 1983), 거북과 모르모트(Dieringer *et al.*, 1983), 토끼(Collewijn, 1969)등은 오직 T-N 자극에 대해서만 반응하는 단일방향성(unidirectional) OKN을 나타낸다. 비둘기류(Gioanni *et al.*, 1981), 닭류(Fukuda, 1959; Wallman and Velez, 1985), 흰쥐류(Hess *et al.*, 1985)에서는 양방향성(bidirectional)을 나타내지만 T-N 자극에 대한 반응이 N-T 자극에 의한 반응 보다 더 효과적이다. 한편 성장한 고양이와 성장한 영장류(Maioli and Precht 1984)에 있어서는 두 방향의 자극에 대하여 동일한 크기의 반응을 보이는 균형성(symmetry)를 갖는다.

Monocular OKN의 특성을 설명하기 위하여 방향적 균형성(directional symmetry)은 Cortic-

al 발달단계, fovea의 존재(Tauber and Atkin, 1968), 시신경의 부분적인 교차, 또는 눈의 전위(Gioanni *et al.*, 1984) 등과 관련되어 있다는 여러가지 가설이 제안되었다. 본 연구팀은 GABAergic 시스템이 개구리의 monocular OKN의 방향적 불균형성을 결정하고 이 방향적 불균형성은 GABA antagonist의 주입에 의하여 제거될 수 있는 가를 연구하여 왔었다(Bonaventure *et al.*, 1983)

본 연구는 성장한 하등 척추동물(닭)에 있어서 장기간(1-8일)의 한쪽 눈 시각 상실에 따른 시각입력 변화가 OKN의 특성, 특히 monocular OKN의 방향적 불균형성에 변화를 주는 지와 GABAergic 시스템이 plasticity현상을 결정하는데 관련이 있는 지를 알아보는 것이다.

재료 및 방법

3주 정도된 닭(Leghorn)은 12시간 간격으로 빛과 어둠이 교차되는 우리에 넣어 보관되었다. Monocular horizontal head OKN의 시각적 관찰과 코일테크닉에 의한 눈의 OKN 기록을 위하여 일반마취(ether)를 시킨후 눈꺼풀을 봉하여 한쪽 눈의 시력을 상실하도록 하였다.

1. 자극

내부 표면이 검정과 흰색의 수직막대(폭 20 mm)가 교대로 균등하게 분포되어 있는 실린더(직경 550 mm, 높이 540 mm)를 전자적 조절시스템에 의하여 $5^\circ/s$ 에서 $160^\circ/s$ 범위에서 규칙적인 속도로 시계방향과 시계 반대 방향으로 회전할 수 있게 한 optokinetic 실린더 중앙에 동물을 두어 자극을 받게 하였다. 조명도는 닭의 눈 높이에서 750lux로 일정하게 유지하도록 하였으며 실린더가 고속으로 회전하는 경우 실린더 내부의 막대선 운동에 다른 stroboscopic 간섭을 방지하기 위하여 직류 조명등을 사용하였다.

2. Head OKN의 관찰

회전 속도를 규칙적으로 약 $25^\circ/s$ 씩 증가 시

키면서 horizontal OKN을 측정하였다. OKN을 여전히 일으키고 있는 실린더의 최대속도로 정의되는 OKN의 소멸(extinction) 속도로 동물의 OKN 수행능력(performance)를 측정하였다.

3. 코일 테크닉에 의한 눈의 OKN 기록

동물의 눈운동 기록은 Koch(1977)가 제안한 자기장내의 코일 시스템을 이용하였다. 평평한 판위에 고정시킨 한쌍의 커다란 코일(직경 300 mm)에 50KHz의 전류를 흐르게하여 균일한 자장이 형성되도록 하였다. 안구에 고정된 감지코일은 내이의 축에 수직으로 향하게 한후 자장의 중앙에 위치하도록 하였다. 안구의 수평이동에 의하여 유도되는 전압은 증폭, 수정, 여과되어 기록용지에 기록된다.

기록전날 동물은 equithesin의 복부주입(0.25ml/100g)에 의하여 마취시킨후 두개골에 6~7개의 작은 비스(직경 1 mm)를 박고 닭의 머리를 금속 막대에 고정시키기 위한 하나의 큰 너트를 치과용 시멘트를 이용하여 두개골위에 설치하였다. 감지코일(1 mg, 75회, Sakymat사 제품)은 실험전 특수접착제를 이용하여 안구에 부착시켰다.

감지코일의 이동각도와 유도전압사이의 관계를 검토하여 1° 각도 이동에 의한 감지코일의 유도전압을 계산하여 표준점을 잡았다.

OKN의 느린단계의 속도는 기록용지위에 유도전압의 세기와 각도에 의하여 측정하고 개인은 실린더의 회전속도에 대한 눈의 느린단계 속도의 비로 정의하였다.

4, 5, 6, 7-tetrahydroisoxazolo(5, 4-C) pyridin-3-01(THIP)은 하나의 GABA agonist로써 완충용액(10 mM)에 용해 시킨후(pH = 7.3), 이 용액 $50\mu l$ (농도 = 10, 30, 50mM)를 혼합된 눈속에 작은 주사기를 이용하여 주입하였다.

한쪽 눈이 봉합된 동물을 4집단으로 구분한 후 head OKN을 관찰하기 위하여 집단 A는 봉합후 8일동안 매일 테스트하고, 집단 B는 봉합직후와 8일째, 집단 C는 8일동안 어둠속에 두어 8일째 되는날 A, B와 같은 정상적인 빛 조건에서 테스트하였다. 눈의 OKN을 기록하기 위하여 D집단은 8일동안 정상적인 빛 조건하에 방치한후 동

일실험 조건하에서 테스트하였다. Wilcoxon-통계방법으로 결과를 처리하고 평균값과 표준편차를 구분하여 나타내었다.

결 과

1. 한쪽눈의 시력상실 효과

가) Head OKN

한쪽 눈 봉합직후 머리는 두 자극 방향에 대해서 전형적인 OKN을 나타냈으나, 항상 N-T 자극보다는 T-N 자극에 대한 반응이 더욱 컸다. Monocular head OKN의 평균 소멸속도는 T-N 자극 방향의 경우 $486.8^{\circ}/s (\pm 24.8)$ 이었고 N-T 방향에서는 $213^{\circ}/s (\pm 29.3)$ 으로 T-N 자극의 경우가 N-T 자극의 경우보다 2.5배 더욱 강한 반응을 나타내는 방향적 불균형성을 보여 주고 있다(Fig. 1.).

8일동안 매일 테스트한 집단 A와 첫날과 8일째만 테스트한 집단 B 모두가 한쪽눈의 시각상실 8일후 T-N, N-T 두성분이 상당히 증가하고 있다($p < 0.05$). 집단 A의 T-N자극에 대한 평균 소멸속도는 $486.8^{\circ}/s (\pm 24.8)$ 에서 $565^{\circ}/s (\pm 61.95)$ 까지 증가하였고, N-T자극에 대해서는

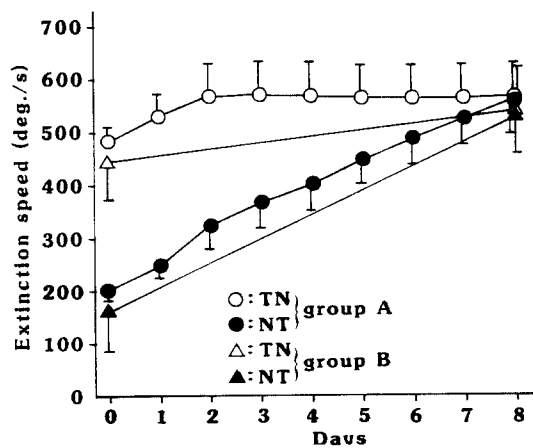


Fig. 1. Average extinction speed of monocular head OKN evoked by a T-N Stimulation and by a N-T Stimulation, during monocular visual deprivation. A group checked every day during 8 days after blinded and B group only first and last day.

$213^{\circ}/s (\pm 29.3)$ 에서 $567^{\circ}/s (\pm 63)$ 까지 증가하였다. 특히 T-N자극의 경우, 한쪽눈 봉합 2일 후에 증가의 최대값에 도달하였고 그 이후로는 더 이상 증가하지 않았다. N-T자극의 경우 T-N 자극시 보다 큰 폭으로 계속 증가하였으며 A, B집단 모두 시력상실 8일째에는 head OKN의 방향적 불균형성이 사라졌다($p > 0.05$). 집단 B의 경우는 T-N 자극에 대하여 $445^{\circ}/s (\pm 70.00)$ 에서 $532^{\circ}/s (\pm 97.5)$, N-T자극에 대해서는 $165^{\circ}/s (\pm 75.5)$ 에서 $532^{\circ}/s (\pm 90.5)$ 까지 증가 되었음을 보여줌으로써 집단 A와 B가 유사한 결과를 나타냈다. 집단 C의 경우는 T-N 자극과 N-T자극에 대하여 각각 $441.9^{\circ}/s (\pm 17.9)$ 와 $155.8^{\circ}/s (\pm 27.7)$ 로 한쪽 눈 봉합 직후에 측정된 값과 유사하였다.

나) 눈 OKN

눈의 monocular OKN(Fig.2)에서 한쪽눈 봉합직후(control) 느린 단계의 계인은 두 방향 모두에서 실린더 회전 속도가 증가함에 따라 감소하며, 실험한 실린더의 모든 회전속도에서 N-T 방향 자극보다는 T-N방향 자극에서 유발된 계인이 더욱 컸다. 실린더 회전속도가 $8^{\circ}/s$ 에서 T-N방향은 $0.54 (\pm 0.05)$, N-T 방향에서는 $0.39 (\pm 0.03)$ 이고, 회전속도가 $150^{\circ}/s$ 로 증가하면 각각 $0.08 (\pm 0.015)$ 와 $0.02 (\pm 0.01)$ 까지 감소하였다(Fig. 3).

한편 빠른 단계의 발생 빈도는 실린더의 속도와 자극의 방향에 관계가 있는데 실린더 속도가 증가함에 따라 점차 증가하여 $60^{\circ}/s$ 에서 최대가 된후 증가되는 속도에 따라 점점 감소하였다. 실린더의 모든 회전 속도에서 T-N자극보다 N-T자극에 의한 경우에 발생빈도가 더욱 많이 증가하였다.

한쪽 눈의 시력 상실 8일후 이용된 실린더의 모든 회전속도에 대하여 N-T, T-N 방향 모두 느린단계 계인이 증가하였으며 ($p < 0.05$), 이 증가는 T-N에서 보다 N-T때가 더욱 현저하다. 한쪽눈 봉합 직후 T-N자극의 경우 실린더의 회전속도가 낮은 $8^{\circ}/s$ 시 $0.54 (\pm 0.05)$ 이었던 계인이 8일 후에는 $0.75 (\pm 0.075)$ 였고, N-T 자극의 경우는 $0.39 (\pm 0.33)$ 에서 $0.73 (\pm 0.08)$ 까

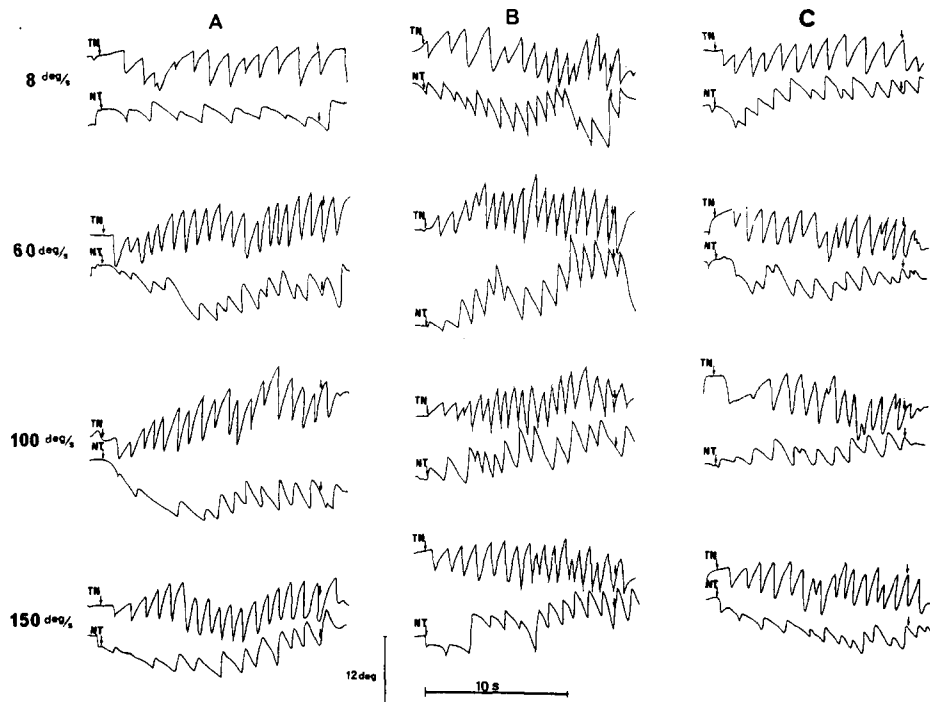


Fig. 2. Coil recording of eye OKN evoked by constant drum speeds in monocular vision. A; control group, B; N-T component increased group, C; N-T component decreased group injected THIP (50mM).

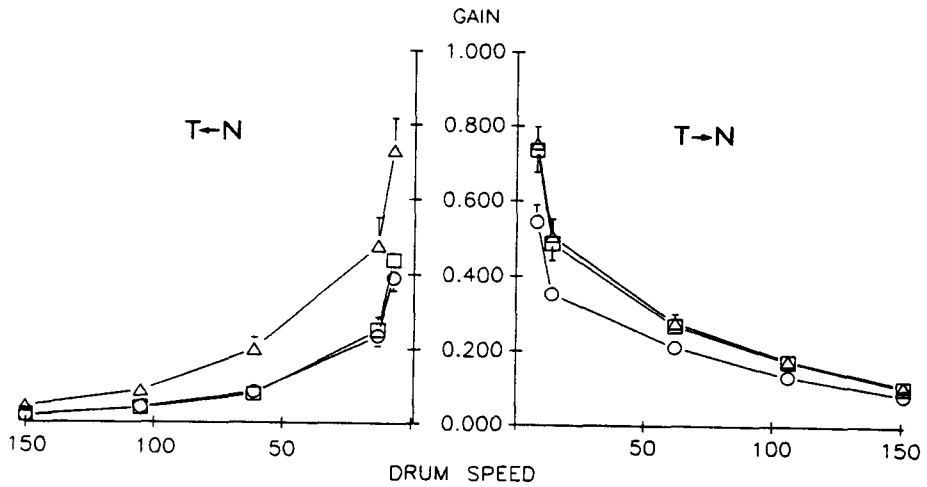


Fig. 3. Mean values of velocity gain of monocular eye OKN. Circle mark represents control group, square mark treated after 8 days with blined eye group and triangle mark injected group with THIP.

지 증가하여 N-T, T-N 자극 모두 유사한 값을 가졌다. 결론적으로 시력상실 8일후 눈의 monocular OKN의 방향적 불균형성이 사라짐을 알 수 있었다($p > 0.05$).

T-N방향의 경우 빠른 단계의 발생 빈도는 거의 증가하지 않았지만 N-T 방향의 경우는 크게 증가하였으며 특히 회전속도가 $60^\circ/s$ 에서 봉합 직후 20초 동안 18비트였던 것이 8일후 26비트였다.

2. Monocular OKN에 대한 THIP효과

가) Head OKN

봉합된 눈에 THIP를 주입 시켰을 경우 monocular head OKN의 소멸 속도는 T-N 자극 시 변하지 않았으나 N-T에서는 주입하지 않은 대조군에서 $110^\circ/s$ 이었던 것이 50 mM 농도에서는 $80^\circ/s$ 까지 떨어지는 것처럼 THIP농도 증가에 따라 감소하였다. 봉합 8일후 방향적 균형을 나타내고 있는 것을 확인한 후 THIP를 봉합한 눈에 주입하였는데 T-N방향에서는 소멸 속도가 변하지 않았으나 N-T방향에서는 head OKN의 소멸 속도가 봉합직후 대조군에서 $151^\circ/s (\pm 24.55)$ 이었던 것이 봉합 8일후 $474^\circ/s (\pm 46.5)$ 까지 증가하였다가 THIP 주입 1시간후는 $130^\circ/s (\pm 25.3)$ 까지 다시 감소하여 대조군과 유사한 값을 나타내었다(Fig. 4).

이와같이 눈에 주입한 THIP는 monocular

head OKN에 있어서 장기간(8일)의 한쪽눈 시력 상실에 대한 보상 효과를 제거하였으며, THIP의 이러한 효과는 완전히 가역적이어서 주입 24시간후 N-T 성분은 다시 증가하여 최대값에 도달하였다.

나) 눈 OKN

THIP(50 mM)가 봉합한 눈에 주입되었을때 T-N자극에 의하여 유발된 눈 OKN의 느린단계 계인은 변하지 않았으나($p > 0.05$), N-T자극에 의한 것은 실험한 모든 실린더의 회전속도에서 상당히 감소하였다. 예를들면 $60^\circ/s$ 의 실린더 회전 속도에서 N-T 자극에 대하여 봉합한 8일 후 $0.198 (\pm 0.03)$ 이었던 계인이 THIP 주입 1시간후 $0.078 (\pm 0.01)$ 까지 감소되었으나 T-N 자극에 대하여는 거의 변하지 않았다(주입전: $0.277 (\pm 0.03)$, 주입후: $0.269 (\pm 0.03)$ ($P > 0.05$)).

빠른 단계의 발생 빈도는 자극의 두 방향과 사용한 모든 실린더의 회전 속도에 대하여 약간 감소하였지만 이 감소는 거의 의미가 없었다($P > 0.05$).

고 찰

닭과 같은 하등 척추동물 monocular head OKN과 눈의 OKN은, T-N 자극이 N-T 자극보다 더 큰 방향적 불균형을 나타내며 이러한 사실은 Wallman과 Velez에 의해서도 입증된 바 있다(Wallman and Velez, 1985). 장기간(8일)의 한쪽 눈시력 상실이 monocular OKN의 중요한 변화를 일으키며, 이때 닭의 N-T성분은 점진적으로 증가하나 T-N 성분은 약간만 증가하여 결국 monocular OKN의 불균형성은 소멸되었다. 이러한 적응적인 변화 또는 보상 현상은 닭의 head OKN에서와 마찬가지로 눈의 OKN에서도 분명하게 나타나고 있다. 성장한 하등 척추동물에 있어서 어떠한 메카니즘이 이 보상과정에 관계하고 있는지 현재까지는 정확히 알려져 있지 않다. 그러나 매일 반복적인 optokinetic 자극은 이 보상현상을 일으키는데 필요하지

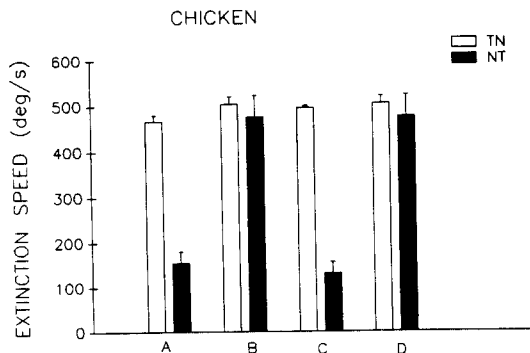


Fig. 4. Average extinction speed of monocular head OKN. A; control group, B; treated after 8 days with blinded group, C; treated after one hour with THIP, D; treated after 24 hours with THIP (ABC and D are same Leghorn).

않으며, 한쪽눈을 봉합한 닭을 어둠속에 유지시켰을 때 monocular OKN의 변화 특히 N-T성분의 증가가 없는 것으로 보아 열린 눈의 시각적인 자극에 의해서 유발된 시각적 경험이 보상현상을 일으키는데 필요하다는 것을 알 수 있었다.

한쪽 눈을 제거한 개구리나 눈의 근육을 제거한 닭(Kim et al., in press)에서도 한쪽눈의 봉합때 보다 약하기는 하나 N-T성분의 증가가 있다는 것을 관찰한 바도 있다. 눈을 봉합한 경우는 눈을 제거하였을 때와는 달리 형태분별이나 탐지 운동을 방해 받지만 주위의 빛 조건 변화는 느낄 수 있다. 즉 제거된 눈과는 달리 봉합된 눈에서 망막의 신경세포들은 시각 관련 세포들에게 discharge를 계속 전달해 준다. 한편 개구리에 있어서 한쪽눈 봉합을 21일 후에 다른쪽으로 교대하였을때 이전에 봉합된 눈에 의해서 유발된 monocular OKN은 N-T 성분을 거의 가지지 않는 방향적 불균형성을 나타낸다는 우리팀의 연구 결과로 미루어 보아 이 보상적인 변화가 한 눈에서 다른눈으로 전이될 수 없다는 것을 알 수 있었다.

장기간 한쪽눈의 시각상실은 시각 관련 세포에서 적어도 monocular OKN의 적응적인 변화를 지배할지도 모르는 물질대사 또는 분자적 변화를 일으키는 것으로 추정된다. GABAergic 시스템이 닭의 monocular OKN에서 방향적인 불균형성에 관련되고 있다는 것을 보여준 결과도 있었다(Kim et al., in Press). 즉 GABA antagonist를 복부 또는 봉합된 눈에 주입하였을 때 N-T성분의 상당한 증가를 일으킴으로써 방향적 불균형성이 사라짐을 관찰하였다. GABA antagonist의 monocular OKN에 관한 효과와 장기간 한쪽눈 상실의 효과 사이의 유사성을 미루어 볼 때 GABAergic 시스템이 monocular OKN의 보상 과정을 결정하는데 관련되고 있다는 것을 추정할 수 있다. 이용된 GABA agonist(THIP)의 효과는 이 가설을 뒷받침해 준다. 봉합된 눈에 주입된 THIP는 장기간 한쪽눈의 시력 상실후에 증가된 N-T 성분을 가역적으로 제거함으로써 이 증가는 GABAergic 억제작용의 제거에 의하여 나타난 것임을 시사하고 있다.

최근 성장한 고양이에 있어서 한쪽눈의 시각

상실은 visual cortex에서 GABA A receptor의 수를 상당히 변화시킨다는 것을 보여주었다(Shaw and Cynader, 1988). 이로부터 닭에 있어서도 장기간 한쪽눈의 상실이 OKN를 결정하는데 관련된 mesencephalic 구조에서 GABA receptor의 수에 변화를 일으킬 수 있다는 것을 예측할 수 있었다.

한편 우리는 장기간 한쪽눈의 시각 상실후 monocular OKN의 보상과정을 결정하는데 관련된 제 2의 전달자와 다른 신경전달 물질의 관련을 배제할 수 없다. 실제로 GABAergic과 cholinergic 시스템이 개구리(Abeln et al., 1981; Kasik et al., 1986), 모르모트(Shaeffer and Meyer, 1981), 원숭이(Ishikawa and Igarashi, 1985) 등에서 hemilabyrinthectomy 후 vestibular 보상화 작용에 관련되고 있다는 것을 보여주었다. 또한 N-methyl-D-aspartate receptor의 활성화는 모르모트(Smith and Darlington, 1988)에서 vestibular 보상화에 포함될 수 있다는 발표도 있었다.

결론적으로 이 연구는 장기간 한쪽 눈의 시각 상실이 닭의 monocular OKN에서 상당한 변화, 특히 방향적 불균형성의 제거까지도 일으킨다는 것과 이 보상작용은 적어도 부분적으로는 GABAergic 시스템에 의해서 조절되고 있다는 것을 시사하고 있다.

인 용 문 헌

- Abel, L. A., A. D. Schmidt., L. F. Dell'osso, and R. B. Daroff. 1978. Saccadic system plasticity in humans. *Ann. Neurol.* **4**:313-318.
- Abeln, W., H. Bienhold, and H. Flohr. 1981. Influence of cholinomimetics and cholinolytics on vestibular compensation. *Brain Res.* **222**:458-462.
- Barnack, N. H. and B. J. Nelson. 1987. Influence of long-term optokinetic stimulation on eye movements of the rabbit. *Brain Res.* **437**:111-120.
- Bonaventure, N., N. Wioland, and N. Bigenwald. 1983. Involvement of GABAergic mechanisms in the optokinetic nystagmus of the frog. *Exp. Brain Res.* **50**:433-441.
- Collewijn, H. 1969. Optokinetic eye movement in the rabbit input-output relation, *Vision Res.* **9**:117-132.

- Dieringer, N., S. L. Cochran, and W. Precht. 1983. Differences in the central roganization of gaze stabilizing reflexes between frog and turtle. *J. Comp. Physiol.* **153**:495-508.
- Easter, S. S. 1972. Pursuit eye movements in goldfish (*Carassius auratus*). *Vision Res.* **12**:673-688.
- Fukuda, T. 1959. The unidirectionality of the labyrinthine reflex in relation to the unidirectionality of optokinetic reflex. *Acta Otolaryngol* **50**:507-516.
- Gioanni, H., J. Rey., J. Villalobos., J. Bouyer, and Y. Gioanni. 1981. Optokinetic nystagmus in the pigeon (*Columbia livia*). I. Study in monocular and binocular vision. *Exp. Brain Res.* **44**:362-370.
- Gioanni, H., J. Rey., J. Villalobos, and A. Dalbera. 1984. Single unit activity in the nucleus of the basal optic root during optokinetic, vestibular and visuo-vestibular stimulations in the alert pigeon (*Columbia livia*). *Exp. Brain Res.* **57**:49-60.
- Harrison, R. E. W., J. F. Baker., Isu. Naoki., C. R. Wickland, and B. W. Peterson. 1986. Dynamic of adaptive change in vestibulo-ocular reflex direction. I. Rotation in the horizontal plane. *Brain Res.* **371**:162-165.
- Hess, B. J. M., W. Precht., A. Reber, and L. Cazin. 1985. Horizontal optokinetic ocular nystagmus in the pigmented rat. *Neurosci.* **15**:97-107.
- Ishikawa, K. and M. Igarashi. 1985. Effect of atropine and carbachol on vestibular compensation in squirrel monkeys. *Am. J. Otol.* **6**:290-296.
- Kasik, P., S. L. Cochran., N. Dieringer, and W. Precht. 1986. Evidence for an alteration in brainstem cholinergic pathways following unilateral labyrinthectomy in the frog. *Brain Res.* **363**:188-191.
- Kim, M. S., B. Jardon., H. Yücel, and N. Bonaventure. Abolition of monocular optokinetic nystagmus directional asymmetry after prolonged contralateral eye paralysis (in press).
- Kim, M. S., B. Jardon., H. Yücel, and N. Bonaventure. Involvement of GABAergic mechanisms in the optokinetic mechanism of the chicken: retinal and central effects (in press).
- Koch, U. T. 1977. A miniature movement detector applied to recording of wing beats in *Locusta*. *Fortschr. Zool.* **24**:327-332.
- Maioli, C., W. Precht and S. Ried. 1983. Short- and long-term modification of vestibulo-ocular response dynamics following unilateral vestibular nerve lesions in the cat. *Exp. Brain Res.* **50**:259-274.
- Maioli, C. and W. Precht. 1984. The horizontal optokinetic nystagmus in the cat. *Exp. Brain Res.* **55**:494-505.
- Manteuffel, G., J. Petersen, and W. Himstedt. 1983. Optic nystagmus and nystagmogen centers in the european salamander (*Salamandra salamandra*). *Zool. J. Physiol.* **87**:175-184.
- Melvil, J. G., and P. Davies. 1976. Adaptation of cat vestibulo-ocular reflex to 200 days of optically reversed vision. *Brain Res.* **103**:551-554.
- Miles, F. A. and B. B. Eighmy. 1980. Long-term adaptive changes in primate vestibuloocular reflex. *J. Neurophysiol.* **43**:1406-1425.
- Optican, L. M. and D. A. Robinson. 1980. Cerebellar-dependent adaptive control of primate saccadic system. *J. Neurophysiol.* **44**:1058-1076.
- Paige, G. D. 1983. Vestibuloocular reflex and its interactions with visual following mechanisms in squirrel monkey. II. Respones characteristics and plasticity following unilateral inactivation of horizontal canal. *J. Neurophysiol.* **49**:152-168.
- Schaeffer, K. P. and D. L. Meyer. 1981. Aspects of vestibular compensation in guinea pigs. In H. Flohr and W. Precht (Eds.). *Lesion-induced neuronal plasticity in sensorimotor systems*. Springer. Berlin. pp. 197-207.
- Shaw, C. and M. Cynader. 1988. Unilateral eyelid suture increases GABA a receptors in cat visual cortex. *Dev. Brain Res.* **40**:148-153.
- Smith, P. F. and C. L. Darlington. 1988. The NMDA antagonist MK801 and CPP disrupt compensation for unilateral labyrinthectomy in the guinea pig. *Neurosci. Lett.* **94**:309-313.
- Tauber, E. S. and A. Atkin. 1968. Optomotor responses to monocular stimulation:relation to visual system organization. *Science.* **160**:1365-1367.
- Vuirre, E., W. Cadars, and T. Vilis. 1987. The pattern of changes produced in the saccadic system and vestibuloocular reflex by visually patching one eye. *J. Neurophysiol.* **57**:92-103.
- Wallman, J. and J. Velez. 1985. Directional asymmetries of OKN: Developmental changes and relation to the accessory optic system and to vestibular system. *J. Neurosci.* **5**:317-329.
- Yücel, Y. H., B. Jardon, and N. Bonaventure. 1989. Involvement of ON and OFF retinal channels in the eye and head horizontal optokinetic nystagmus of the frog. *Visual Neurosci.* **2**:357-365.

(Accepted January 30, 1990)

Involvement of GABAergic Mechanism in the Plasticity Phenomenon of Chicken

Kim Myoung Soon (Dept. of Neurophysiology & Behavioral Biology, Louis Pasteur Univ).

In monocular vision, head and eye optokinetic nystagmus (OKN) display directional asymmetry, in lower vertebrates such as chickens, T-N stimulation being more efficient in evoking this visuomotor reflex than N-T stimulation. The N-T component of monocular OKN is significantly weaker in chickens.

Coil recordings and observation showed that in adult chickens, prolonged monocular visual deprivation by unilateral eyelid suture provoked significant and progressive increase of the N-T component in chickens. This plasticity phenomenon involved the eye and head OKN in chickens.

The administration of THIP, a GABA agonist, abolished reversibly the increase of the N-T component in chickens. This fact suggests that the GABAergic system could be involved in determining this plasticity phenomenon observed in adult lower vertebrates.