

정신분열병 환자의 적응적 시선 제어: 정확도와 적응 속도.

이춘길*, 김경한*, 김철음**

*서울대학교 심리학과, **인하대학교 의과대학 정신과

뇌 조영 및 부검 연구 결과들 가운데 정신 분열병 환자의 소뇌에서 구조적, 기능적 이상들이 알려지고 있다. 특히 소뇌 충부(vermis)의 이상은 분열병 환자 집단에서 반복적으로 보고되고 있다. 충부는 도약 안구 운동(saccadic eye movement)에 관여하는 것으로 알려져 있으며, 특히 안구 운동의 적응적 학습에 관련되어 있음을 보이는 결과들이 보고되고 있다. 정신분열병 환자의 안구 운동 이상을 연구한 이전의 연구들은 대뇌 기능과 관련한 안구 운동에 집중된 반면, 본 연구는 소뇌 기능과 관련된 안구 운동의 적응적 학습 과정에 초점을 맞추어 정상인과 정신분열병 환자 집단 각 5명씩을 대상으로 그 결과를 비교한 최초의 실험 연구이다. 머리를 자유롭게 움직일 수 있는 상태에서, 이중도약(double-step) 과제를 수행하는 피험자의 시선과 머리 운동을 공막탐지코일(scleral search coil) 기법을 사용하여 측정하였다. 머리가 고정된 상태에서 얻어진 결과들과 마찬가지로 정신분열병 환자의 시선 도약의 배율은 통제집단에 비교하여 낮았는데, 새로운 점은 정신분열병 환자의 시선 이동의 전략이 통제집단과 달라서 시선 이동에서 차지하는 머리 운동의 공헌도가 상대적으로 낮았다. 또한 머리운동의 최고 속도에 이르는 시간 역시 통제집단에 비해 늦었다. 환자 집단의 경우 적응 과정의 초기에는 통제집단과 비슷한 수준의 수행을 보이며 시선 도약의 크기가 급격하게 감소하지만, 600여회의 적응 시행 후에도, 과제에서 요구하는 최종적인 적응 수준에는 이르지 못하였다.

1. 서 론

정신분열병의 신경학적 모델들은 전두엽, 측두엽 등 대뇌의 이상에 집중하여 왔으나, 뇌 조영 연구와 부검 결과들 가운데 정신분열병 환자의 소뇌에서 구조적, 기능적 이상이 보고되고 있다. 특히 소뇌 충부(vermis)의 이상은 분열병 환자 집단에서 반복적으로 보고되고 있다. Weinberger, Kleinman, Luchins, Bigelow, & Wyatt (1980)의 사후 뇌조직 연구에 의하면 정상인에 비해 정신분열병 환자에게서 전측소뇌 충부(anterior cerebellar vermis)가 비정상적으로 작은 경우가 유의미하게 많았다. 이 환자들의 소뇌 피질에서는 상이한 정도로 퍼킨지 세포(Purkinje cell)의 손상이 발견되었으며, 충부의 두께가 얇았다. 또한, Weinberger, Torrey, Neophytides & Wyatt (1979)은 만성 정신분열병 환자 60명 중 9명의 CT 소견에서 전측소뇌 충부가 위축되었음을 발견했고, 이 보고는 다른 연구에서도 확인되었다(Heath, Franklin & Shraberg, 1979; Nasrallah, Jacoby & Whitters, 1981; Dewan, Pandurangi, Lee, Ramachandran, Levy, Boucher, Yozawitz & Major, 1983; Sandyk &

Kay, 1991). Lippman, Manshadi, Baldwin, Drasin, Rice & Alrajeh (1982)은 54명의 정신분열병 환자와 18명의 양극성 정동장애(bipolar affective disorder) 환자 그리고 79명의 통제 집단을 분석한 결과 각 집단에서 각각 30%, 28%, 5%의 소뇌 위축(atrophy)을 발견했다. 알코올 남용 경험이 있는 환자를 제외하면 소뇌 위축은 정신분열병 환자 집단에서만 유의미하게 높은 빈도를 보였다. CT촬영을 이용한 연구 결과들을 종합해 보면 정신분열병 환자의 5~40%가 소뇌 위축을 보이는 셈이다. 이 결과들은 위의 사후 뇌부검 연구 결과와 일치한다.

위와 같이 정신분열병과 소뇌의 구조적 결함과 관계성을 보고하는 최근의 연구와 관련해서 Volkow, Levy, Brodie, Wolf, Cancro, Van Gelder & Henn (1992)의 연구는 관심을 끈다. 이들은 탄소 방사선 동위원소를 함유한 포도당(carbon-11-2-deoxyglucose)과 PET를 이용해 18명의 정신분열병 환자 집단과 12명의 통제 집단의 소뇌 대사율을 조사했다. 이 조사에서 정신분열병 환자의 소뇌 대사율이 정상인에 비해 상대적으로 낮다는 것이 밝혀졌다. 그러나, 정신분열병 환자의 소뇌 기능의

장애가 어떻게 표현되는 지에 관한 이해는 아직 확립되어 있지 않다.

소뇌 기능의 특징은 일반적으로 운동 학습에 관련되어 있는 것으로 알려져 있다. 1970년 대 초반 David Marr와 James Albus가 제안한 이론 등은 그와 관련한 대표적인 것이다. 소뇌를 전기자극하거나 손상한 연구들에서 소뇌의 층부 VI, VIII 번 소엽과 fastigial nuclei가 도약 안구 운동(saccadic eye movement)에 관여하는 것으로 밝혀졌는데(Ohtsuka & Noda, 1992a, 1992b; Noda & Fujikado, 1987a, 1987b; Sato & Noda, 1992; Ritchie, 1976), 특히 안구 운동의 적응적 학습과 관련되어 있는 것으로 보고되었다. 목표 자극을 향한 안구 운동의 부정확성이 탐지될 때 이를 해소하기 위한 적응이 정상인과 원숭이에서 확인되었는데(Deubel, Wolf & Hauske, 1986; Fitzibbon, Goldberg & Segraves, 1986, Kapoula, 1985; Optican & Miles, 1985), 특히 원숭이의 소뇌를 실험적으로 손상한 연구들에서 도약 안구 운동의 정확성을 증가시키는 그러한 적응이 이루어지지 않는 장애가 일관성 있게 보고되고 있다(Takagi, Zee & Tamargo, 1996).

Diefendorf와 Dodge(1908)에 의해 정신분열병 환자의 안구 운동 이상이 보고된 이후 여러 연구에서 정신분열병 환자와 그들의 직계 친척에서도 안구 운동의 이상이 보고되었다(Holzman, 1975, 1987; Iacono, 1983, 1988; Lipton, Levy, Holzman, & Levin, 1983). 구체적으로 정신분열병 환자는 낮은 추적율(pursuit gain)을 보인다는 일관된 보고가 있다. (Schmid-Burgk et al, 1982; Yee, Baloh, Marder, Levy, Sakala & Honrubia, 1987; Ross, Ochs, Hill, Goldberg, Pandurangi & Winfrey, 1988; Abel & Ziegler, 1988; Levin, Luebke, Zee, Hain, Robinson & Holzman, 1988). 또한, 부정확한 도약과 빈번한 도약 운동은 많은 연구자들이 대체로 일치되게 발견한 안구운동의 특징이다(Schmid-Burgk et al, 1982, Mather & Putschat, 1982, 1984; Cegalis & Sweeney, 1979, 1981; Cegalis, Sweeney & Dellis, 1982; Küferle, Friedmann, Topitz, Földes Anderer, Kutzer & Steinberger, 1990; Mather & Putschat, 1982, 1984). 그러나, 정신분열병 환자를 대상으로 한 소뇌 기능과 안구 운동의 적응적 조절의 관계에 관한 연구는 아직 없다.

본 보고는 이중도약(double-step saccade) 과제를 사용하여 정상인과 정신분열병 환자 집단의 도약

안구 운동의 적응적 변화(소뇌의 기능이 필수적으로 요구되는)를 처음으로 비교한 결과에 관한 것이다.

이중도약과제는 McLaughlin(1967)에 의해서 처음 사용되어 안구운동의 적응적 변화를 유도해 내는 과제다. 이 과제에서는, 피험자에게 시자극(흔히 조그만 불빛)을 향해서 신속하고 정확하게 시선을 이동하도록 지시한 다음 피험자가 시자극을 향해 시선을 이동하기 시작할 때 시자극을 다른 위치로 이동시켜, 도약 안구 운동이 종료되기 전에 자극의 이동이 완료되도록 설계하기 때문에 피험자는 자극의 이동을 미처 자각하지 못한다. 안구운동 종료 후, 도달한 위치에는 더 이상 시자극이 없기 때문에, 오류를 감지한 피험자는 이를 보정하기 위해서 새로운 자극 위치로 두 번째 안구 운동을 하게 된다. 이러한 시행이 반복되면 피험자는 적응하게 되어 시자극이 처음 나타난 곳을 향해 시선을 이동하는 것이 아니라 한 번의 도약 운동으로 이차 위치를 향해 곧장 시선을 이동시키는 변화가 일어난다. 소뇌의 층부가 손상된 원숭이는 그같은 이중도약 과제에서 적응적 변화가 일어나지 않으며(Takagi et al., 1996), 정신분열병 환자를 대상으로 이중도약과제를 시도한 연구는 없었다.

2. 방 법

1) 피험자

정신분열병 환자 5명(남 4, 여 1)과 통제집단으로 분류될 정상인 5명이 실험에 참가하였다. 정신분열병 환자들은 실험 당시 인하대 부속병원 정신과에 통원 치료중이던 환자들로서, DSM-IV(APA, 1994)의 진단기준을 만족시켰으며 실험 당시는 부분적 또는 완전 관해(remission)에 이른 상태였다. 이들 중 초발 환자는 3명(남 2, 여 1)이었고 다른 남자 2명은 만성정신분열병 환자였다. 이병기간은 6개월이 3명, 20개월이 1명, 8년이 1명이었다. 이들 중 4명은 자기공명촬영술을 이용한 뇌의 영상학적 소견이 정상이었으나, 한명에게서는 좌측 전두엽에, 양측 ethmoidal sinus에 sinusitis가 발견되었다. 이들의 연령은 18-28세였으며, 모두 치료약을 투여중이었다. 실험 전, 본 연구의 취지와 목적 및 방법에 대한 설명을 하고 자의로 서면동의를 한 사람만 대상으로 하였다. 각 환자의 주된 증상과 투여약물을 표 1에 정리하였다. 정상인

표 1. 각 정신분열 환자의 증상 및 투여약물

	SW(28, M)	YW (23, M)	MJ (23, F)
주증상	환청, 환각 우울증	강박적 불안 환청	idea of control compulsion suicide attempt
투여약물	Mesorin 300mg Prozac 20mg/day	Mesorin 300mg/day Prozac 20mg	Clozaril 300mg Prozac 60mg /day
MRI	정상	정상	시행안함
이병기간	20개월	6개월	8년
	CK (18, M)	JW (23, M)	
주증상	환각 환청	환청	
투여약물	risperdal 2mg/day	haloperidol 3mg/day	
MRI	정상	sinusitis in left frontal, & both ethmoidal sinus	
이병기간	6개월	6개월	

집단은 남자 4명, 여자 1명으로, 모두 정신병력이
나 약물투여경력이 없었고, 연령은 27-30세였다.

2) 안구 및 머리운동 측정

시선의 이동은 안구와 머리 운동으로 이루어진다. 시선과 머리 운동은 Robinson(1963)이 고안한 공막탐지코일(scleral search coil) 기법을 사용하여 측정하였다. 피험자의 오른쪽 눈에 국부마취제(0.5% proparacaine hydrochloride, Alcon)를 2-3 방울 점안한 후, 공막 콘택트 렌즈(Skalar Medical, 네덜란드)를 착용시켰다. 머리의 운동의 탐지하기 위해서, 피험자는 또한 두번째 탐지코일(직경 38mm, 에나멜로 절연된 동선을 10회 감아 제작)을 부착한 모자를 착용하였다. 피험자는 정육면체(65×65×65cm)의 장 코일(field coil) 중앙에 두 눈의 가운데가 위치하도록 앉았다. 장 코일에 의해서 50kHz와 75kHz의 수평, 수직 자장이 직교하여 발생되었으며 공막코일, 머리 코일에 유도된 전류는 Rimmel (1984)이 기술한 바에 따라 회로를 제작하여 사용하여, 증폭, 복조하고, 시선과 머리의 수평, 수직 위치에 비례하는 신호를 0.5도의 정밀도로 얻었다. 이 신호들은 저역통과필터(DC-120 Hz)를 거치고 12 bit의 A/D 컨버터에 의해 500Hz의 속도로 컴퓨터(PC486)에 입력, 저장되었다. 시선은 안구와 머리의 합이므로 실험을 통해서 특정된 시선의 신호에 머리의 신호를 빼면 안구 운동의 신호가 얻어질 수 있다. 본 연구에서는 시선

이동의 특성에 관한 기술에 한정하였다.

3) 장비

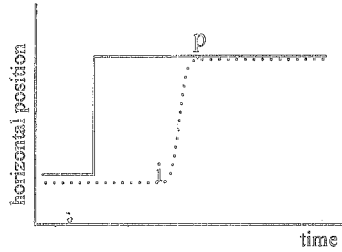
적색 레이저에 의해 만들어진 작은 빛을 2 단계의 조리개를 거쳐서 후방투사 스크린에 조사하였다. 스크린은 2m×2m의 크기로서, 이 크기는 115cm 거리에 위치한 피험자를 기준으로 상하, 좌우 ±40도에 해당하였다. 스크린의 반대편에 위치한 피험자는 이 빛을 따라 시선을 이동하도록 지시받았다. 한쌍의 직교 거울을 레이저의 투사 경로에 설치하였으며, 주 컴퓨터를 통해서 조사조절기(General Scanning, DE series, 미국)를 통제함으로써 직교 거울을 움직여서 레이저 빛의 위치를 이동시켰다. 이동의 최대 속도는 300도/초였다. 스크린에 비추어진 레이저 빛의 크기는 피험자의 위치에서 0.2도(직경 4mm)였다.

4) 절차

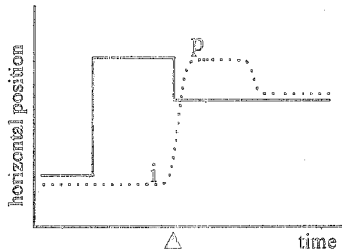
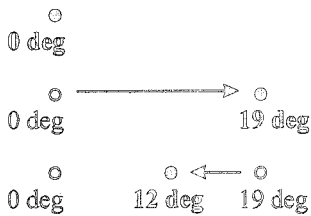
피험자들은 두 눈의 중앙이 장 코일의 중앙에 위치하도록 편안하게 착석한 뒤, 공막코일과 머리 코일을 착용하게 하였다. 피험자는 실험중 머리를 자유롭게 움직이도록 지시받았다. 조명을 완전히 차단한 실험실 내에서 피험자는 목표자극을 따라 시선을 정확하고 신속하게 움직이도록 지시받았다. 본 연구에서 사용된 2 가지 형태의 시행을 조건별로 아래에 나열하였다(그림 1 참조).

단일도약 (Single Step) : 단일도약 시행은 안구

A. Single Step



B. Double Step



- Target off
- Target on

- Target Position
- Gaze Position

그림 1. 단일도약 및 이중도약과제의 도식. 좌측에는 목표자극의 이동을 공간 좌표 상에서 표시해 놓았으며, 우측에는 자극 위치의 이동을 시간의 함수로 표시해 놓았다. A. 단일도약과제. 좌측 : 처음에 레이저 목표자극(검은색 동그라미)이 스크린의 중앙(0도) 위치에 나타나며, 이 위치에 시선을 고정한 후 무선적으로 결정된 시간이 경과한 후 좌측이나 우측 19도 위치로 자극이 이동하고 새로운 자극의 위치를 향해 시선이 도약한다. 우측 : 목표자극(실선)과 시선(점선)의 수평위치를 시간의 함수로 도식한 것. 시선이동 개시와 종료는 순간속도에 바탕한 컴퓨터 알고리즘에 의해 판별되며, 각각 i 와 p로 표시하였다. i 와 p의 수직거리는 일차 시선도약의 폭으로, 수평거리는 일차시선도약의 지속시간으로 정의된다. 또한 자극이 도약한 시점으로부터 i 점까지의 시간상 간격은 반응시간으로 정의된다. B. 이중도약과제. 좌측 : 단일도약과제와 마찬가지로, 목표자극은 먼저 중앙점으로부터 좌측 또는 우측 19도 위치로 도약한다. 피험자의 시선이 목표자극을 향하여 움직이기 시작할 때, 목표자극은 처음 자극이 이동했던 방향과 반대인 12도 위치를 향해 두 번째로 도약한다(이렇게 목표자극이 두 번 도약하기 때문에 이중도약과제라고 불리운다). 시선이 목표자극의 본래 위치에 도달할 무렵에는 (위 그림에서는 우측19도) 목표자극은 이미 12도 위치로 이동해 있다. 피험자는 오류를 경험하고 보정 도약안구운동을 반대방향으로 수행함으로써 이 오류를 수정하게 된다.

와 머리운동의 지표추정에 사용되었는데, 짧은 신호음으로서 실험의 시작을 알린 뒤, 자극은 스크린 중앙(수평 0도, 수직 0도) 위치에 나타났다. 시선방향이 자극을 중심으로 하는 2도×2도 크기의 윈도우 안에 250ms 이상 머물게 되면, 무선적으로 선택된 0에서 500ms 사이의 시간 동안의 지연

후, 자극을 좌 혹은 우측 19도 위치로 이동하였다 (그림 1A). 피험자는 이러한 시행을 30-60회 반복하였다.

이중도약 (Double Step) : 이 과제의 처음 부분은 단일 도약 과제와 동일하다. 단일도약 과제에서와 마찬가지로 자극이 첫 번째 도약하면(예를

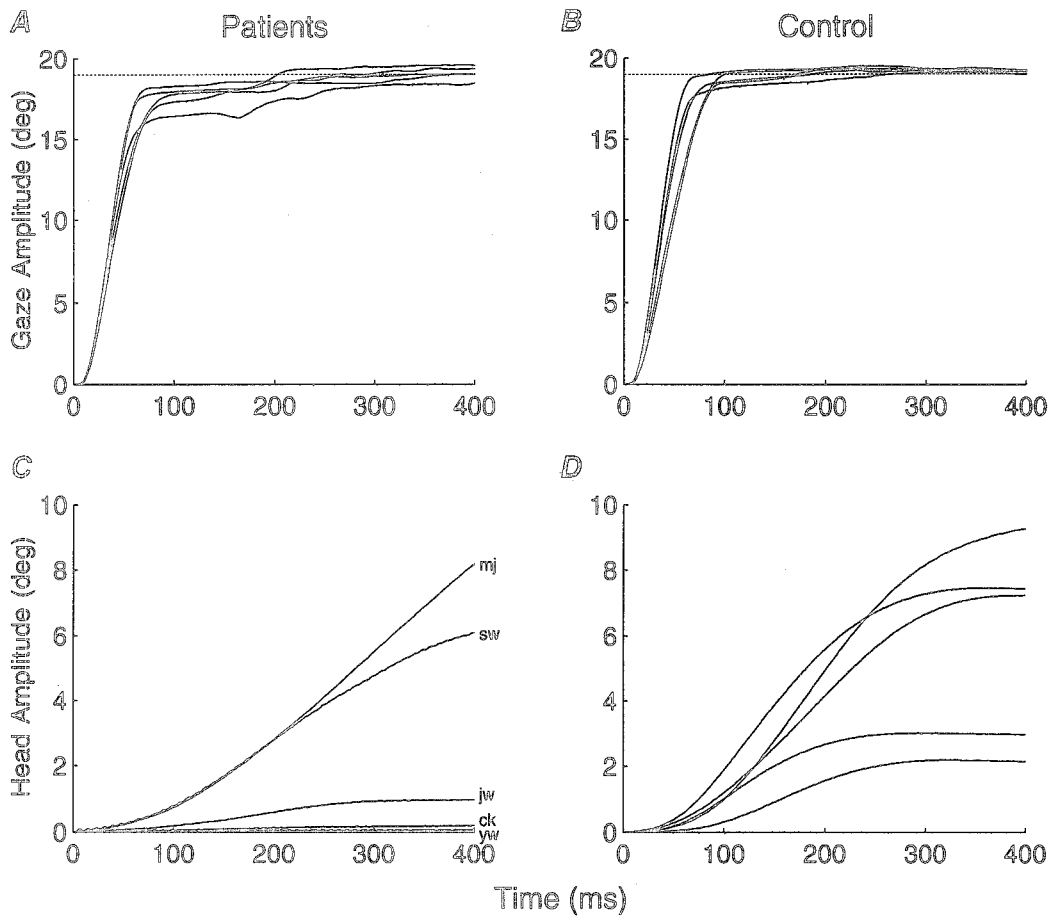


그림 2. A, B : 단일도약과제에서의 시선이 도약할 때 시선 위치의 궤적을 추출하여 평균한 것을 시간의 함수로 나타내었다. 각 실선들은 피험자 각각의 평균궤적을 의미하며, 수평점선은 단일도약과제의 자극이동폭인 19도를 나타낸다. A는 환자집단, B는 통제집단 피험자들의 궤적이다. C, D : 단일도약과제에서의 머리운동 궤적을 추출하여 평균한 것을 시간의 함수로 나타낸 것으로서, 마찬가지로 각 실선들은 피험자 각각의 궤적을 표상하며, C는 환자집단 피험자들의 궤적을 나타내며, 여기서 각 곡선의 종단 우측에는 해당 피험자의 ID를 표시해 놓았다. D에는 통제집단 피험자들의 궤적을 나타내었다.

들어, 우측 19도 위치로), 피험자의 시선이 새로운 목표위치로 이동하게 된다. 이중도약 과제에서는, 피험자의 시선이 새로운 위치로 이동하기 시작할 때, 목표자극은 두 번째 도약을(첫 번째 도약과 반대의 방향으로) 일으킨다. 따라서, 시선이 19도 위치에 도달할 무렵이면 목표자극은 이미 다른 위치로(예를 들어 12도 위치로) 이동해 있다. 본 실험에 사용한 두 번째 자극의 도약크기(7도)는 첫 번째 자극의 도약크기(19도)의 36.84%였다. 자극의 두 번째 도약은(첫 번째 자극의 위치로 향하는) 안구의 운동 최대속도의 약 50%시점에서 일

어나게 되도록 하였다. 자극의 두 번째 도약크기가 첫 번째 도약크기의 40% 이내일 경우에는 피험자는 두 번째 도약을 감지하지 못하는 것으로 알려져 있다. (자극이 이차 위치로 이동하고 난 후) 자극의 일차 위치에 시선을 이동한 피험자는 오차를 경험하고 이를 감소시키기 위해서 자극의 이차 위치를 향해서 두 번째 도약안구운동을 한다. 이러한 시행이 반복되면 피험자는 이중도약조건에 적응을 일으키게 되고, 일차도약안구운동의 크기가 점차 감소한다. 완전한 적응이 이루어지면, 19도에 자극을 제시하면 12도 정도 크기의 안구

운동을 일으키게 된다. 본 연구는 정신분열병 환자와 정상인이 이러한 이중 도약 과제에서 보이는 시선 이동의 적응적 학습 과정을 비교하고자 한 것이다.

도약연구운동의 시작은 여러 방법으로 탐지할 수 있는데 본 연구에서는 시선 위치를 계속 측정/탐지하는 한편, 시선이 현재 고정점으로부터 2.5도를 벗어나는 시점에서 자극의 두번째 도약이 이루어지도록 프로그램하였다. 피험자는 이러한 시행을 640회 반복하였다.

3. 결 과

1) 시선 도약의 특성

단일도약 과제는 시선 도약의 특성을 추출하기 위해 사용된 것으로서, 무선적으로 선택된 좌 또는 우 방향으로 19도 이동하는 자극에 대해 시선을 이동하는 과제였다. 단일 도약 과제의 시행들에서 관찰된 시선 도약의 궤적들을 피험자별로 평균하여 그림 2A,B에 표시하였다. 그림에는 우측 19도의 자극에 대한 시선 이동을 보이는데, 정상인("Control") 집단의 경우, 한 번의 시선 이동으로 대체로 19도에 이른다. 환자의 경우("Patients"), 시선 도약의 이동폭이 자극의 이동 크기인 19도에 미치지 못하여, 약 200ms 부근에서 다시 두번째 시선 도약을 수행하여 19도 위치에 이른다.

단일도약 과제를 수행하는 동안에 측정된 머리의 운동 궤적도 같은 방법으로 그림 2C,D에 나타내었다. 환자집단의 경우(그림 2C) 5명중 2명을 제외하고는 머리운동폭은 2도 이내에 머물렀다. 또한 머리운동 궤적이 보이는 최고정점 역시 통제 집단에 비해 늦은 시간에 나타났다. 반면 정상인 집단의 경우에는(그림 2D) 피험자 5명 모두 2도 이상의 머리운동을 나타내었으며, 이들중 3명은 7도 이상의 머리운동을 단일도약 과제에서 보였다. 또한 환자집단보다 더 이른 시간에 머리운동은 최고정점에 도달하였다. 환자의 경우, 시선의 이동에서 머리 운동이 차지하는 비중이 상대적으로 낮았다.

2) 시선도약의 적응

단일도약 과제에 이어서 이중도약 과제를 수행하였는데, 이 과제의 목적은 실험적으로 도입한 시선 이동의 오차를 보정하는 학습 과정을 보는

것으로서, 중요한 변수는 19도에 제시된 자극에 대한 시선 이동의 크기의 변화이다. 그림 3A,B는 환자집단과 통제집단 각각에서 추출한 대표적인 피험자에게서 나타난 시선 이동의 크기를 시행 수의 함수로 나타낸 것이다. 각 피험자의 시선 이동의 크기는 최초 30시행까지는 적응 초기의 과정에 가중치를 부여하기 위해 5시행씩을 평균하였으며, 이후 시행에서는 30시행씩을 평균하였다. 그림에서 각 동그라미들은 이들 평균값을 보여주고 있으며, 위 아래의 막대는 1 표준편차 값을 나타낸다. 그림 3A에서 보인 환자의 시선도약의 크기는 그림 3B의 통제집단 피험자보다 더 큰 변동을 지니고 있음을 알 수 있으며 이는 다른 피험자에서도 그러하였다. 이중도약 과제에서 보이는 시선 이동 크기의 적응적 변화를 기술하기 위해서 최소자승법에 기초한 최적화 기법을 사용하여 다음 형태를 가지는 지수함수를 구하였다.

$$f(n) = A \cdot e^{\left(-\frac{\tau}{n}\right)} + b$$

여기서 $f(n)$ 은 시행수 n 의 함수로 나타낸 시선 이동의 크기, A 는 배율 상수, b 는 점근 위치, τ 는 시간상수를 나타낸다. 위 공식에서 e 는 자연로그, n 은 상수이므로, 수학패키지(Matlab 4.1)의 최적화기법을 적용, A , b , τ 값을 변화시킴으로써, 각 시행에서 얻어진 시선이동 크기값이 표상하는 점들로부터의 거리가 최소가 되는 하나의 함수곡선을 추출하였다. 여기서 이 방법으로 결정되는 τ 값, 즉 시간상수는, 자연로그의 특성으로 볼 때 이 곡선 상에서 시선도약의 크기가 점근선의 63%에 이르는 데 소요되는 시행 수로서도 표현될 수도 있다. 따라서, 작은 시간상수는 빠른 적응을 의미하게 된다. 시선도약의 크기의 구간평균을 이용하여 최적화된 지수함수를 구했으며(그림 3A,B의 굵은 곡선), 이를 이용하여 시선 이동 크기의 변화의 특성을 얻었다. 각 피험자별로 시선 이동 크기의 변화를 기술하는 최적화된 지수함수를 구하였는데 최적화된 각 함수에서 R^2 는 0.99보다 컸으며, 회귀의 F -비율도 매우 커서 ($>100,000$), 얻어진 함수가 원 자료를 충실하게 기술하는 것으로 간주되었다. 그림 3C,D는 각 피험자별로 얻어진 함수를 집단별로 제시한 것이며, 표 2는 얻어진 지수 함수의 시간상수와 점근 값을 정리한 것이다.

그림 3C에 의하면 환자집단에서도 이중도약 과

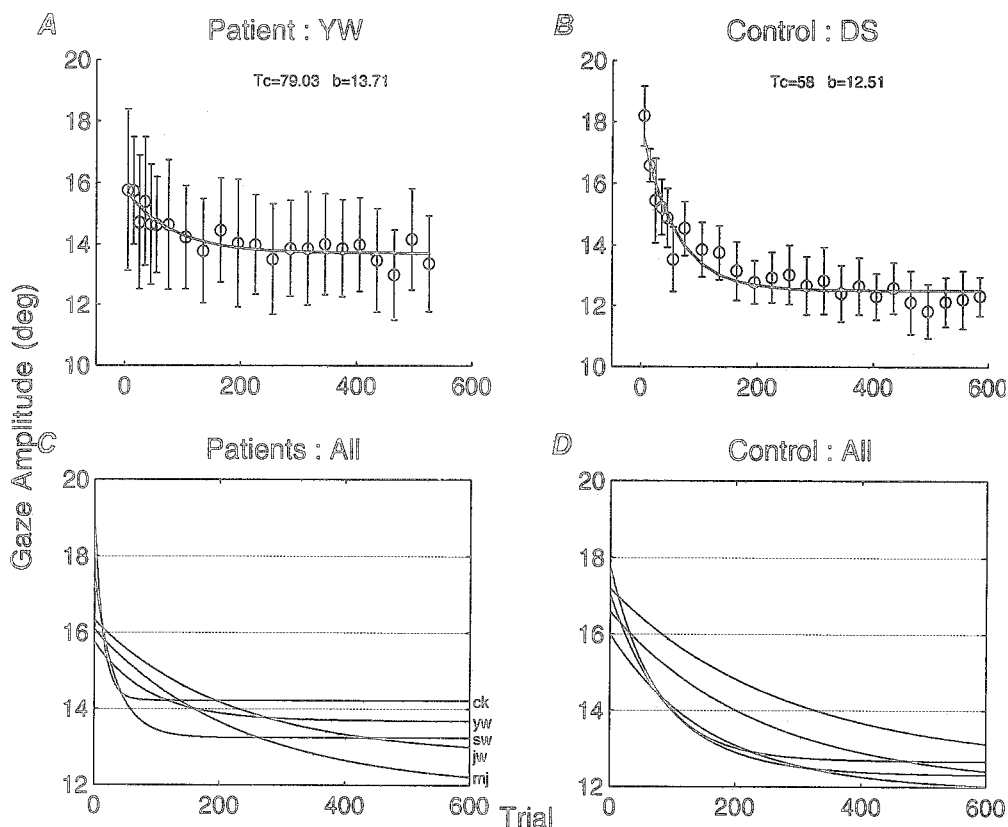


그림 3. A. 일차시선도약의 크기 변화를 지수함수로 최적화시킨 한 환자의 시선 이동의 적응 과정. 동그라미들은 구간내 시행들에서 측정된 시선이동 크기의 평균을 나타내며 그 상하의 막대들은 1 표준편차를 나타낸다. 첫 번째 60시행까지는 10시행씩을 평균하였고, 그 이후는 30시행씩을 평균하였다. 굵은 실선은 최소자승법을 사용하여 최적화한 지수함수로서, 시간상수(τ , Tc)와 점근선(b) 값을 같이 표시해 놓았다. B. 통제집단의 한 피험자의 수행. C. 환자집단의 각 피험자에서 A와 같은 방식으로 지수함수 곡선을 추출한 뒤, 이 곡선의 궤적만을 표시해 놓은 것. 각 실선은 피험자 한사람에서 얻어진 지수함수 곡선이다. 여기서 각 곡선의 종단 우측에는 해당 피험자의 ID를 표시해 놓았다. D. 통제집단의 피험자들의 적응 과정

제의 시행이 진행됨에 따라 시선 이동의 적응적 변화가 일어났다. 환자 집단 가운데, 적응이 빨리 일어나는 피험자(CK, SW)의 시간상수는 통제집단보다도 작아서 적응이 과제 초기에 급격히 일어남을 보였다. 그러나, 적응이 어느정도 이루어지고 난 후의 지표인 시선이동의 점근선은, 통제집단의 경우 이차자극 위치에 해당하는 12도 위치에 더 가깝게 접근하였으며, 표준편차 역시 환자집단보다 작았다 (그림 3C,D, 표 2). 통제집단의 경우에는 (그림 3D) 환자집단과는 달리 600시행에 이르러서도 계속 하향 감소하는 모습을 보이며, 결국 12도 위치로 수렴하여 자극의 위치 (12도)에 근접

하였고, 한 피험자의 경우는 600시행 내외에서 이미 12도 위치에 수렴하였다. 즉, 환자 집단의 경우 적응과정 초기에는 통제집단과 비슷한 수준의 수행을 보이며 시선 도약의 크기가 급격하게 감소하지만, 그 이후에는 통제집단과 비교할 때 적응수행 수준이 감소하여 과제에서 요구하는 최종적인 적응수준에 이르지 못하였다.

환자 집단이 통제집단과 동등한 초기 적응수행을 보일지라도 수렴하는 점근선은 이중도약 과제의 이차자극 위치까지 도달하지 못함을 체계적으로 도식하기 위해, 각 피험자별로 점근선 값을 시간상수의 함수로 나타내었다(그림 4). 그림 4에

표 2. 각 피험자의 적응과정에서 추출한 지수함수 곡선의 시간상수 및 접근선값

환자 집단	피험자	SW	YW	MJ	CK	JW	평 균
	시간상수	27.94	79.03	219.20	14.21	151.10	98.29 ± 86.31
접근선값	13.28	13.71	11.91	14.25	13.12	13.25 ± 0.87	
통제 집단	피험자	KH	IA	DS	KW	OJ	평 균
	시간상수	205.60	107.10	58.00	232.70	64.18	133.51 ± 80.99
접근선값	12.23	12.20	12.51	12.89	12.71	12.50 ± 0.30	

서, 환자 집단의 경우 (그림 4A), 시간상수가 작을수록 (적응이 빠를수록) 접근선 값은 12도에 미치지 못하는 반면 시간상수가 클수록 접근선값이 12도에 근접하는 관계를 나타내었다. 이와는 달리 통제집단의 경우에는 (그림 4B) 시간상수와 접근선 값 사이에는 특별한 관계를 발견할 수 없었으며, 앞서 기술한 바와 같이 접근선 값은 시간상수와는 독립적으로 12.50에서 12.89도 범위 내에서 환자 집단보다 더 12도에 가깝게 분포하였다. 이러한 결과는 환자집단의 경우 통제집단에 비교하여, 더 오랜 적응 기간을 필요로 하거나, 혹은, 적응 시행이 길어지더라도 완전한 적응에 도달하지

못하고 일정한 시선 이동 오차가 남아 있는 두 가능성에 의한 것이다. 보다 더 오랜 시행을 사용함으로써 두 가능성 가운데 하나를 배제할 것이지만, 그림 3C의 결과를 보면 5 명의 환자 가운데 3 명의 경우가 전자의 가능성을 지지한다. 이 3명의 환자는 통제집단과 상당히 다른 적응 패턴을 보였다.

3) 시선도약운동의 지표

시선의 이동은 안구와 머리 운동의 협응된 합으로 이루어진다. 안구-머리 운동을 제어하는 신경 회로와 그 생리적 기능에 관하여는 집중적인

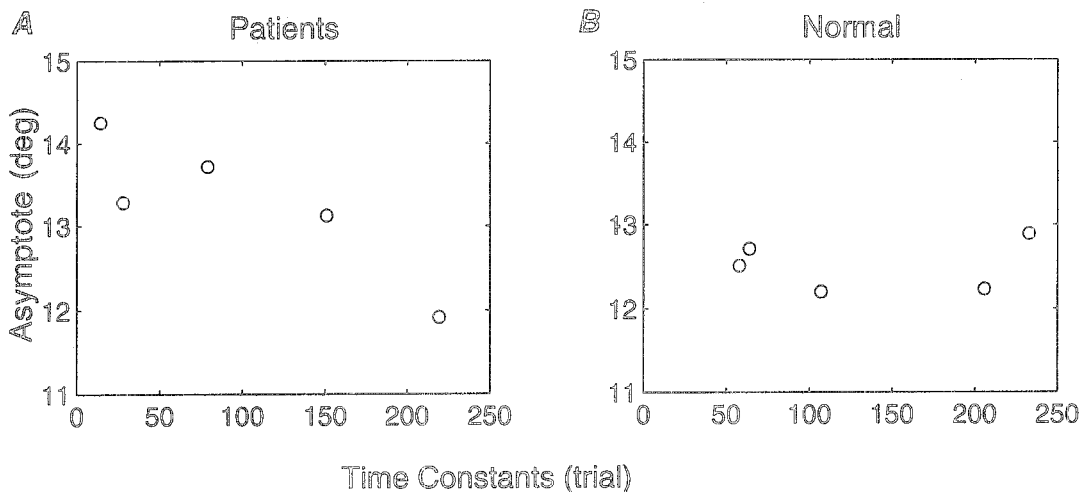


그림 4. 최적화된 지수함수에서 얻어진 시간상수와 접근 값의 상관관계. 각 동그라미는 피험자 한사람의 자료를 의미하며, 수평축은 시간상수를, 수직축은 접근선값을 나타낸다. A. 환자집단의 경우, 시간상수가 작을수록 접근선값은 이차도약과제의 두 번째 목표자극 위치에 해당하는 12도로부터 이탈된 정도가 크다. B. 통제집단의 경우, 시간상수 자체의 분포는 환자집단과 크게 다르지 않지만, 환자집단과는 달리 접근선 값은 시간상수와는 독립적으로 이차도약과제의 두 번째 목표자극 위치인 12도 부근에 가깝게 접근한다.

표 3. 시선도약운동 지표상 차이

		일차시선도약 크기(도)		시선도약시간 (msec)		최고속도 (도/초)		머리운동폭 (도)	
		적응전	적응후	적응전	적응후	적응전	적응후	적응전	적응후
환자 집단	평균	17.27	13.05	68.79	66.20	335.87	249.35	0.33	0.19
	SD	0.78	0.45	7.89	8.64	45.34	42.54	0.35	0.18
통제 집단	평균	18.43	12.28	76.46	65.53	356.02	259.69	1.97	0.43
	SD	0.49	0.55	12.50	10.34	53.69	44.68	0.62	0.32

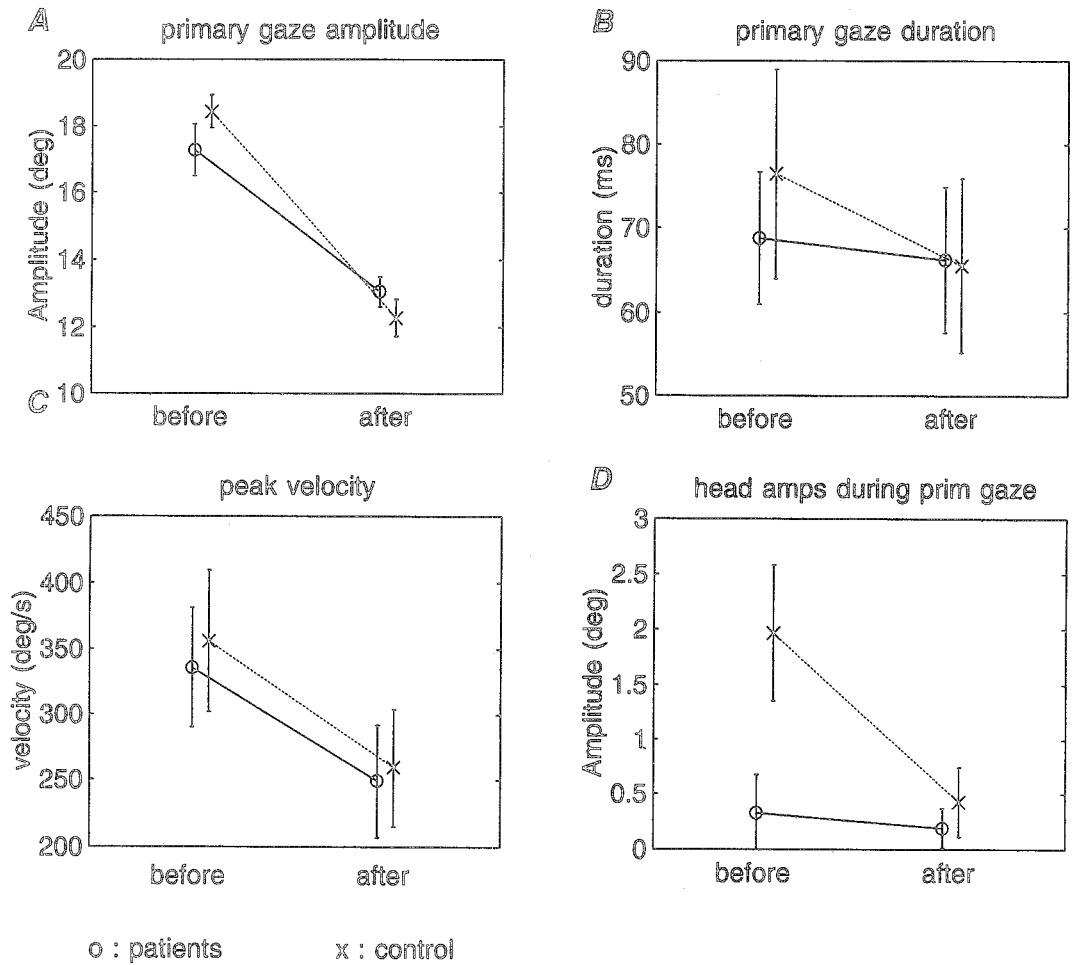


그림 5. 시선도약 및 머리운동의 각 지표. o 표시는 환자집단에서, x 표시는 통제집단에서 얻어진 평균값을 나타낸다. 각 그림의 수평축에서 좌측은 적응 전의 단일도약과제에서 피험자당 각 30개 시행으로부터 얻어진 지표의 평균을, 우측은 이중도약과제를 통한 적응 최종단계에서 피험자당 30개 시행으로부터 얻어진 지표의 평균을 나타낸다. A. 일차 시선도약운동의 크기. B. 일차 시선도약운동 지속시간. C. 시선 이동의 최고 속도. D. 일차 시선도약운동 지속시간에 일어나는 머리운동 크기.

연구가 이루어져 오고 있는데 이 회로들에서 적극적으로 제어하는 변수는 시선, 안구, 머리 운동의 크기와 방향, 기간, 속도 등이다. 적응 전의 단일도약 과제와 적응 최종단계의 이중도약 과제에서 나타나는 시선도약운동에서 이들 변수를 측정, 비교하여 그림 5와 표3에 요약하였다.

일차(primary) 시선도약의 크기는 환자 집단과 통제집단 모두에서, 적응 전에 비해 적응 후에 줄어들어, 이중도약 과제에서 시선도약의 크기가 감소하는 적응 과정이 일어났다(그림 5A). 그러나, 표 3에서 볼 수 있듯이, 적응 전의 경우 환자 집단의 시선도약의 크기가 통제집단보다 작았으며 ($p=.02$), 적응 후의 경우에는 더 컸다($p=.04$). 이는 앞서 시선도약의 크기에 있어서 환자 집단이 통제집단보다 도약 배율(saccade gain, 자극의 크기에 대한 시선이동의 크기의 비율)이 작음을 보인 그림 2A,B의 결과와 동일한 것으로서, 적응 전에는 환자 집단의 시선도약 정확도(90.89%)가 통제집단의 시선도약 정확도(97.00%)보다 떨어짐을 의미한다. 또한, 적응 후에는 그림 3C,D에서 기술한 바와 같이 두 집단에 대해 지수함수로 추정된 점근선값(환자집단 : 13.25, 통제집단 : 12.50)이 달라서 환자집단은 이차자극위치에 완전히 도달하지 못함을 의미한다. 적응 후, 환자 집단의 도약 정확도는 91.25%이나 통제집단의 경우는 97.67%로서, 단일도약 과제에서의 시선도약 정확도와 유사한 수치로 나타났다. 이 유사성은, 위에서 언급한대로, 이중도약 과제에서 적응의 기간을 증가시키더라도 환자 집단의 경우, 시선 이동의 오차는 일정하게 유지될 것임을 예측한다.

시선도약에 관한 변수에 대한 분석을 정리하였다. 시선도약에 소요되는 기간의 지표에서(그림 5B), 환자집단의 경우 적응 전과 적응 후의 시선도약시간 지표상에는 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났으며 ($p=.63$), 통제집단의 경우에도 적응전과 적응후의 차이가 환자집단에 비해 크지만, 통계적으로는 유의미하지 않은 것으로 나타났다($p=.17$). 또한 환자집단과 통제집단 사이를 비교해 볼 때, 시선도약시간 지표상으로는 적응전이나 적응후 모두에서 통계적으로 유의미한 차이를 발견할 수 없었다. 각 시선 이동의 정점 속도를 계산하여 비교해 보았는데(그림 5C), 환자집단과 통제집단 양쪽 모두에서 적응전에 비해 적응후의 정점속도가 유의미하게 줄어들음을 관찰하였다(환자집단 : $p=.01$, 통제집단 : $p=.02$). 그러나 환

자집단과 통제집단 사이를 비교해 볼 때, 적응 전, 후의 정점속도간에는 통계적으로 유의미한 차이가 관찰되지 않았다.

흥미있는 점은 시선 이동에 기여하는 머리 운동의 공헌도였다. 머리 운동의 크기에 있어서(그림 5D), 환자집단의 경우 적응전과 적응후 사이에서 유의미한 차이가 발견되지 않았으나($p=.46$), 통제집단의 경우 적응전의 머리운동의 크기가 적응후보다 유의미하게 큰 것으로 관찰되었다($p=.001$). 환자집단과 통제집단 사이를 비교해 보면, 적응 전의 경우 환자집단의 머리운동의 크기가 통제집단보다 유의미하게 작은 것으로 나타났다($p=.001$). 이는 앞서 그림 2B에서 기술했듯이 단일도약과제에 대한 머리운동폭이 환자집단의 경우 통제집단 경우보다 더 작은 결과와도 일치한다. 적응 후에도 통제집단의 머리운동폭이 환자집단보다 더 크게 나타났으나, 통계적으로 유의미하지는 않았다($p=.18$). 즉 머리운동폭은 통제집단이 환자집단보다 적응전이나 적응후 모두에서 크게 나타났으나, 그 차이는 적응전에서 적응후보다 더 크게 나타났다고 할 수 있다.

4. 결론 및 논의

1) 시선 이동의 특성

머리가 고정된 상태에서의 시선 이동은 안구 운동만으로서 이루어진다. 정신분열병 환자의 안구 운동의 특성에 관해서는 많은 연구가 있어 왔으나, 머리가 자유로운 상태에서 시선 이동의 특성에 관한 보고는 아직 없다. 본 연구에서는 머리가 자유로운 상태에서 시선과 머리의 운동을 동시에 측정하였으므로 먼저 시선 이동의 특성에 관해서 논의하겠다. 머리가 고정된 상태에서 얻어진 결과들과 마찬가지로 정신분열병 환자의 시선 도약의 배율은 통제집단에 비교하여 낮았다. 자극의 이동 크기인 19도에 미치지 못하여, 두번째 시선도약을 수행하여 19도 위치에 이르렀는데 두번째 도약의 크기가 통제집단에 비교하여 컸다(그림 2). 새로운 점은 정신분열병 환자의 시선 이동의 전략이 통제집단과 달랐다. 환자 5명 가운데 2명을 제외하고는 머리운동의 크기가 2도 이내에 머물렀으며 낮은 머리 운동의 공헌도는 적응의 전후에 관계 없이 관찰되었다. 또한 머리운동의 최고 속도에 이르는 시간 역시 통제집단에 비해 늦었다(그림 2). 안구와 머리 협응의 시간적 계획에 의해서

시선 이동이 이루어지는 것을 감안하면 환자 집단에서 보이는 머리 운동의 특성은 과제 수행과 관련한 인지 과정의 영향만으로 설명될 수 없었다. 환자 집단에서 머리 운동이 감소한 원인으로서 약물의 가능성을 확인하였으나 일관성 있는 관계를 발견하지 못하였다. 예를 들어, 환자 MJ는 병력이 8년이었는데 투여약물도 가장 다량이었으나(prozac 30mg, clozaril 300mg/day) 머리 운동 크기는 가장 컸다. 적응 곡선 역시 통제 집단 것과 비슷한 수준을 보였으며, 점근선도 12도에 접근하였다.

2) 시선 이동의 적응 과정의 특성

환자 집단의 경우 적응 과정의 초기에는 통제 집단과 비슷한 수준의 수행을 보이며 시선 도약의 크기가 급격하게 감소하지만, 그 이후, 과제에서 요구하는 최종적인 적응 수준에는 이르지 못하였다. 단일도약 과제에서 환자 집단의 도약 배율(saccade gain)이 통제집단에 비해서 낮기 때문에, 이중도약 과제에서 적응의 기간을 증가시키더라도 시선 이동의 오차가 일정하게 유지될 가능성이 큰 것으로 생각된다.

3) 필요한 연구

서론에서 정리한 바와 같이 정신분열병 환자의 소뇌 기능의 장애에 관한 해부학적, 기능적 연구들이 있으나, 모든 보고가 일치하는 것은 아니며 소뇌 장애와의 관계를 부정적으로 보고한 연구도 있다. 예를 들어, Reider et al.(1981)은 28명의 정신분열병 환자 중 2명에게서만, Pearlson과 Veroff (1981)은 22명의 환자 중 1명에게서 소뇌 atrophy를 발견했다. 소뇌 충부가 약물에 의해 손상되기 쉽고 나이가 들에 따라 위축되기도 하므로 정신분열병 환자에게 보이는 소뇌 위축은 이차적인 현상이라는 견해도 있다. 그리고 Weinberger, Wagner & Wyatt (1983)의 연구는 이런 의견을 지지한다. 이들은 정신분열병 증상을 처음으로 보인 환자들을 조사했는데, 어떤 환자에게서도 충부의 해부적 위축을 찾지 못했다. 이러한 연구들 간의 불일치는 환자 집단의 하위 유형, 사용된 방법 등에 따라 달라질 수 있는 바, 소뇌 장애의 정도에 관한 정량적 측정(예를 들어, MRI에 의한 소뇌의 구조별 부피 측정)을 통해서 소뇌의 장애 정도와 시선 이동의 적응에 관한 변수의 관계를 연구하여야 할 것이다. 본 연구에 동원된 환자들에 대해 MRI 부

피 측정이 현재 진행 중이다.

참고문헌

- Abel, L. & Ziegler, A. (1988). Smooth pursuit eye movements in schizophrenics - What constitutes quantitative assessment? *Biological Psychiatry*, 24, 747-761.
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, 4th ed.* Washington DC, American Psychiatric Press
- Cegalis, J. A., & Sweeney, J. A. (1979). Eye movements in schizophrenia: a quantitative analysis. *Biol Psychiatry*, 14(1), 13-26.
- Cegalis, J. A., & Sweeney, A. (1981). The effect of attention on smooth pursuit eye movements of schizophrenics. *J Psychiatr Res*, 16(3), 145-161.
- Cegalis, J. A., Sweeney, J. A., & Dellis, E. M. (1982). Refixation saccades and attention in schizophrenia. *Psychiatry Res*, 7(2), 189-198.
- Deubel, H., Wolf, W., & Hauske, G. (1986). Adaptive gain control of saccadic eye movements. *Hum Neurobiol*, 5(4), 245-253.
- Dewan, M. J., Pandurangi, A. K., Lee, S. H., Ramachandran, T., Levy, B. F., Boucher, M., Yozawitz, A., & Major, L. (1983). Cerebellar morphology in chronic schizophrenic patients: a controlled computed tomography study. *Psychiatry Res*, 10(2), 97-103.
- Diefendorf, A. R. & Dodge, R. (1908). An experimental study of the ocular reactions of the insane from photographic records. *Brain*, 31, 451-489.
- Fitzgibbon, E. J., Goldberg, M. E., & Segraves, M. A. (1986). Short term adaptation in the monkey. In E. L. Keller & D. S. Zee (Eds), *Adaptive Processes in Visual and Oculomotor Systems*. (pp. 329-333). Oxford, UK: Pergamon.
- Heath, R. G., Franklin, D. E., & Shraberg, D. (1979). Gross pathology of the cerebellum in patients diagnosed and treated as functional psychiatric disorders. *J Nerv Ment Dis*, 167(10), 585-592.
- Holzman, P. S. (1975). Smooth-pursuit eye movements in schizophrenia: recent findings. *Res Publ Assoc Res Nerv Ment Dis*, 54, 217-231.
- Holzman, P. S. (1987). Recent studies of psychophysiology in schizophrenia. *Schizophr Bull*, 13(1), 49-75.
- Iacono, W. G. (1983). Young psychophysiology award address, 1982. Psychophysiology and genetics: a key to psychopathology research. *Psychophysiology*, 20(4), 371-383.
- Iacono, W. G., Bassett, A. S., & Jones, B. D. (1988).

- Eye tracking dysfunction is associated with partial trisomy of chromosome 5 and schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, 45(12), 1140-1141.
- Kapoula, Z. (1985). Evidence for a range effect in the saccadic system. *Vision Res*, 25(8), 1155-1157.
- Küferle, B., Friedmann, A., Topitz, A., Földes P., Anderer, P., Kutzer, M. & Steinberger, K. (1990). Smooth pursuit eye movements in schizophrenia: influences of neuroleptic treatment and the question of specificity. *Psychopathology*, 23(2), 106-114.
- Levin, S., Lipton, R. B., & Holzman, P. S. (1981). Pursuit eye movements in psychopathology: effects of target characteristics. *Biol Psychiatry*, 16(3), 255-267.
- Levin, S., Luebke, A., Zee, D. S., Hain, T. C., Robinson, D. A. & Holzman, P. S. (1988). Smooth pursuit eye movements in schizophrenics: Quantitative measurements with the search-coil technique. *Journal of Psychiatric Research*, 22, 195-206.
- Lippman, S., Manshadi, M., Baldwin, H., Drasin, G., Rice, J. & Alrajeh, S. (1982). Cerebellar vermis dimensions on computerized tomographic scans of schizophrenic and bipolar patients. *Am J Psychiatry*, 139, 667-668.
- Lipton, R. B., Levy, D. L., Holzman, P. S., & Levin, S. (1983). Eye movement dysfunctions in psychiatric patients: a review. *Schizophr Bull*, 9(1), 13-32.
- Martin, P. & Albers, M. (1995). Cellbellum and Schizophrenia: A Selective Review. *Schizophrenia Bulletin*, 21, 241-250.
- Mather, J. A., & Putschat, C. (1982). Motor control of schizophrenics--I. Oculomotor control of schizophrenics: a deficit in sensory processing, not strictly in motor control. *J Psychiatr Res*, 17(4), 343-360.
- Mather, J. A., & Putschat, C. (1984). Motor control of schizophrenics--II. Manual control and tracking: sensory and motor deficits. *J Psychiatr Res*, 18(3), 287-298.
- McLaughlin S. C. (1967). Localization of a peripheral target during parametric adjustment of saccadic eye movements. *Perception and Psychophysics*, 2, 359-362
- Nasrallah H. A., Jacoby C. G., & Whitters M. (1981). Cerebellar atrophy in schizophrenia and mania [letter]. *Lancet*. 1(8229), 1102
- Noda, H., & Fujikado, T. (1987a). Topography of the oculomotor area of the cerebellar vermis in macaques as determined by microstimulation. *J Neurophysiol*, 58(2), 359-378.
- Noda, H., & Fujikado, T. (1987b). Involvement of Purkinje cells in evoking saccadic eye movements by microstimulation of the posterior cerebellar vermis of monkeys. *J Neurophysiol*, 57(5), 1247-1261.
- Ohtsuka, K., & Noda, H. (1992a). Burst discharges of fastigial neurons in macaque monkeys are driven by vision- and memory-guided saccades but not by spontaneous saccades. *Neurosci Res*, 15(3), 224-228.
- Ohtsuka, K., & Noda, H. (1992b). Burst discharges of mossy fibers in the oculomotor vermis of macaque monkeys during saccadic eye movements. *Neurosci Res*, 15(1-2), 102-114.
- Optican, L. M., & Miles, F. A. (1985). Visually induced adaptive changes in primate saccadic oculomotor control signals. *J Neurophysiol*, 54(4), 940-958.
- Pearlson, G. D., & Veroff, A. E. (1981). Computerised tomographic scan changes in manic-depressive illness [letter]. *Lancet*, 2(8244), 470.
- Reider et al (1981)
- Rommel, R. S. (1984). An inexpensive eye movement monitor using the scleral search coil technique. *IEEE transactions on biomedical engineering*, BME-31, 388-390
- Ritchie, L. (1976). Effects of cerebellar lesions on saccadic eye movements. *J Neurophysiol*, 39(6), 1246-1256.
- Robinson, D.A. (1963). A method of measuring eye movement using a scleral search coil in a magnetic field. *IEEE transactions on biomedical engineering*, BME-10, 137-145.
- Ross, D. E., Ochs, A. L., Hill, M. R., Goldberg, S. C., Pandurangi, A. K. & Winfrey, C. J. (1988). Erratic eye tracking in schizophrenic patients as revealed by high-resolution techniques. *Biological Psychiatry*, 24, 675-688.
- Sandyk, R. & Kay, S. R. (1991). The relationship of pineal calcification to cortical atrophy in schizophrenia. *Int J Neurosci* 1991 Apr 57(3-4), 179-91.
- Sato, H., & Noda, H. (1992). Posterior vermal Purkinje cells in macaques responding during saccades, smooth pursuit, chair rotation and/or optokinetic stimulation. *Neurosci Res*, 12(5), 583-595.
- Schmid-Burgk, W., Becker, W., Diekmann, V., Jurgens, R., & Kornhuber, H. H. (1982). Disturbed smooth pursuit and saccadic eye movements in schizophrenia. *Arch Psychiatr Nervenkr*, 232(5), 381-389.
- Takagi, M., Zee, D. S. & Tamargo, R. (1996). Effect of dorsal cerebellar vermal lesions on saccades and pursuit in monkeys. *Society for neuroscience abstracts*, 22, 1458
- Weinberger, D. R., Torrey, E. F., Neophytides, A. N. & Wyatt, R. J. (1979). Structural abnormalities in the cerebral cortex of chronic schizophrenic patients. *Arch Gen Psychiatry*, 36(9), 935-939
- Weinberger, D. R., Kleinman, J. E., Luchins, D. J.,

- Bigelow, L. B. & Wyatt, R.J. (1980). Cerebellar pathology in schizophrenia: a controlled postmortem study. *Am J Psychiatry*, 137(11), 1410-1413.
- Weinberger, D. R., Wagner, R. L. & Wyatt, R. J. (1983). Neuropathological studies of schizophrenia; A selective review. *Schizophrenia Bulletin*, 9, 193-212.
- Yee, R., Baloh, R., Marder, S., Levy, D. L., Sakala, S. M. & Honrubia, V. (1987). Eye movements in schizophrenia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 28, 366-374.
- Volkow, N. D., Levy, A., Brodie, J. D., Wolf, A. P., Cancro, R., Van Gelder, P. & Hemm, F. (1992). Low cerebellar metabolism in medicated patients with chronic schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 149, 686-688.

사 의

본 연구는 한국과학재단 핵심전문연구 951-0918-012-2와 대한신경정신의학회 인산정신분열병기금의 부분적 지원으로 이루어졌다. 실험에 사용된 프로그램의 개발에는 존스 홉킨스 병원의 Dale Roberts의 도움이 있었으며, 이재갑이 자료 분석을 도왔고 엄송이가 문헌을 정리하였다. 박정현과 서효정은 논문을 읽고 오류를 수정하였다. 이들에 감사한다.

Adaptive gaze control in schizophrenic patients:
Accuracy and adaptation speed.

Choongkil Lee*, Kyunghan Kim* & Cheuleung Kim**

*Department of Psychology, Seoul National University

**Department of Psychiatry, School of Medicine, Inha University

While most neurological models of schizophrenia have focused on cerebral functions, cerebellar atrophy, especially in vermis has been repeatedly reported in schizophrenic patients from brain imaging and lesion studies. Cerebellar vermis has been implicated for adaptive control of saccadic eye movements, which has not been studied in schizophrenics to our knowledge. We investigated saccadic adaptation using double-step paradigm in 5 schizophrenic patients and 5 normal control. Gaze and head movements were recorded with scleral search coil method in head-free condition. Time course of adaptation in schizophrenics was similar to that of control, but it never reached to the complete level of adaptation seen in control, and accordingly gaze gain (gaze amplitude/target amplitude) was low even after 600 adaptative trials. Head contribution to gaze saccade was relatively low and time to peak head velocity was longer in schizophrenics suggesting a different strategy of gaze control. Variability across patients in adaptation parameters need to be further investigated in combination with cerebellar volumetry.