

안구운동이 파킨슨병환자들의 자세 유지에 미치는 영향*

김 남 균[†]

이 호 원

박 상 범

계명대학교 심리학과

경북대학교 의과대학 신경과

계명대학교 체육학과

본 연구에서는 움직이는 물체를 추적하기 위해서 실시하는 수평안구운동이 파킨슨병환자들의 자세 유지에 영향을 미치는지를 확인하고자 시도하였다. 물체는 좌우 6°의 범위 내에서 교대로 1분간 움직였으며, 움직이는 동안 형태가 주기적으로 변화하였다. 참가자들은 화면에서 1m 떨어진 위치에서 편안히 선 자세로 움직이는 물체를 추적하면서 변화하는 형태의 수를 센 뒤 시행이 종료되었을 때 그 시행에서 나타난 물체의 수를 보고하는 과제를 수행하였다. 참가자들이 이 과제를 수행하는 동안 참가자들의 머리, 몸통 및 허리의 위치를 실시간으로 기록하였으며, 이 기록을 이용하여 각 부위의 전후 및 좌우 움직임의 평균값, 표준편차, 및 범위를 추출하였으며, 그 결과를 정상노인집단의 수치와 비교 분석하였다. 그 결과 정상대조군들은 주파수로 조절한 과제의 난이도에 전혀 영향을 받지 않은 반면, 파킨슨병환자들은 주파수의 영향을 받아 신체가 정상노인집단에 비해 큰 폭으로 불규칙하게 움직였을 뿐 아니라, 신체 부위들 또한 비동기화되어 불안정한 자세가 유도되는 것으로 나타났다. 이런 결과는 자세 유지 기능의 점진적 손상이 지각과 운동의 기능적 결합을 단절시킴으로서 자세 유지 기능이 지각과제의 부하를 더 이상 적응적으로 대처하지 못하여 발생하는 결과로 해석할 수 있다. 본 연구 결과는 불안정한 자세로 인해 낙상의 위험에 취약한 파킨슨병환자들이 고려해야 할 또 다른 요소가 된다.

주제어 : 파킨슨병, 초자세과제, 자세 유지, 이중과제간섭, 안구운동

* 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012S1A5A03034293).

† 교신저자 : 김남균, 계명대학교 심리학과, (42601) 대구광역시 달서구 달구벌대로 1095

Email : nk70@kmu.ac.kr

파킨슨병과 운동장애

파킨슨병(Parkinson's disease)은 알츠하이머형 치매와 함께 대표적인 퇴행성 뇌질환으로, 주로 장년 및 노년층에서 발생한다. 국가, 지역, 민족에 따라 유병률이 동일하지 않지만, 서구 사회의 통계치에 의거하면 평균적으로 10만 명당 160명꼴로 발생하며, 80세 이상의 연령층에서 유병률이 4%로 증가하는 것으로 보고되고 있다(Davie, 2008). 한국 또한 정확한 통계 자료가 부족하지만 최근 질병관리본부 산하 국립보건연구원의 희귀난치성질환센터에서 집계한 자료(정해관, 2007)에 따르면, 10만 명당 28명이, 65세 이상 연령층에서는 166명이 발생하는 것으로 나타나고 있다. 특히 지난 2005년부터 2010년까지 건강보험진료비 지급자료 분석 결과에 근거한 파킨슨병 환자 수는 2005년 45,313명에서 2010년 82,890명으로 두 배 가까이 증가한 것으로 나타났다(김정수, 2012). 현재 급속히 진행되는 고령화 양상을 고려할 때, 이 유병률은 계속 증가할 것으로 쉽게 유추할 수 있다.

파킨슨병은 기저핵의 흑색질(substantia nigra pars compacta)에 소재하는 도파민계 뉴런의 퇴행과 그로 인한 기저핵-시상-전두엽(basal ganglia-thalamo-cortical pathway)을 연결하는 신경회로 구성요소들의 기능 손상으로 발생하는 운동장애 질환이다(Albin, Young, & Penney, 1989; Alexander, Crutcher, & DeLong, 1990; DeLong, Alexander, Georgopoulos, Crutcher, Mitchell, & Richardson, 1984; Saint-Cyr, 2003). 특히 안정기 진전(손발의 떨림, tremor at rest), 경직(근육의 굳어짐, rigidity), 운동완서(느린 움

직임, akinesia or bradykinesia) 및 불안정한 자세(postural instability)는 이 질병을 특징짓는 4대 운동기능 장애 증상이며, 이와 더불어 구부정한 자세(stooped posture), 보행동결(freezing of gait)같은 운동 기능 결손도 주증상과 함께 나타난다(Clarke, 2007; Davie, 2008; Jankovic, 2008).

아직 이 질병을 발생시키는 원인, 즉 왜 흑색질의 도파민계 뉴런들이 사멸하는가는 밝혀지지 않았으며, 그런 이유 때문에 명백한 치료법 또한 알려지지 않았다. 같은 이유로 이 질병의 진단 또한 임상 증상과 환자의 병력에 근거하여 시행되고 있다. 하지만 이런 운동장애 증상은 노령화로 인해라도 발생하기 때문에, 질병의 감별 진단을 어렵게 한다.

파킨슨병환자들의 불안정한 자세

걷거나, 일어서거나, 방향을 전환할 때, 몸의 무게 중심(center of mass)이 지지면(base of support) 위에 유지되어야 몸의 균형을 유지할 수 있다. 파킨슨병의 진행과정 중 말기 단계, 즉 중증 파킨슨병 환자들에게는 불안정한 자세가 광범위하게 나타나며, 이 때문에 자세 유지 능력이 손상되어 낙상의 직접적인 원인으로 작용한다. 낙상은 환자들의 삶의 질을 크게 훼손할 뿐 아니라, 환자들에게 낙상에 대한 공포심을 유발하여 삶의 활동 영역을 더 위축시키게 되며, 그로 인해 우울증을 경험하기도 한다(Schrag, Jahanshahi, & Quinn, 2001). 더 심각한 문제는 항파킨슨제가 자세 유지에 크게 효과를 보이지 않는다는 점이다(이근호, 2006; Horak, Frank, & Nutt, 1996; Grimbergen,

Langston, Roos, & Bloem, 2009).

그럼에도 불구하고 파킨슨병 환자의 불안정한 자세에 대한 이해는 파킨슨병 환자들에게 나타나는 다른 증상에 비해 상당히 저조하다. 임상적 의미의 ‘나쁜 자세’란 다양한 병리적 상태를 반영한다. 더 구체적으로, 파킨슨병 환자들에게는 위에서 언급한 구부정한 자세 뿐만 아니라 배굴증(campocormia; 백종원, 강석윤, 김미애, 손영호, 2008), pisa증후군(Pisa syndrome; 송인욱 등, 2008), dropped “head syndrome”과 같이 축성 근육(axial muscles)의 기형으로 인한 다양한 유형의 경직된 자세가 나타난다 (Benatru, Vaugoyeau, & Azulay, 2008). 더 나아가 이 장애의 후반기에는 자세(혹은 체위) 반사기계의 손상이 기형적 축성 경직(axial rigidity) 증상과 결부되어 신체의 협응 능력을 저하시키며, 그로 인해 신체의 균형유지 능력 또한 급격히 감소시킨다. 그 결과 환자들은 낙상에 취약하게 된다.

자세 반사기계의 손상과 더불어 자동자세 반응능력(postural reactions) 결손, 선행적 자세 반응능력(anticipatory postural responses) 저하, 지연된 보상적 디딤 반응(compensatory stepping responses), 부적절한 방어적 손운동(protective arm movements), 감각정보와 체감각 정보의 통합 능력 결손 또한 저하된 균형 유지 능력을 보다 악화시켜 낙상의 위험성을 더욱 가중시킨다(Grimbergen et al., 2009). 이러한 복합적인 요소들이 파킨슨병에서 나타나는 불안정한 자세의 원인으로 작용하는 것으로 추정된다.

그 동안 임상연구는 불안정한 자세로 인해 발생하는 낙상과 그로 인해 저하되는 삶의 질의 위중성에 대한 이해를 증진시켜 왔다. 하

지만 그 병리적 원인을 유추할 수 있는 통찰력을 제공하는 점에서는 큰 성과를 보이지 못하고 있다(Grimbergen et al., 2009). 근본적인 문제는 파킨슨병 진단에 널리 활용되는 연합 파킨슨병 측정 척도(Unified Parkinson's Disease Rating Scale, UPDRS)의 하위 척도인 후방돌진 검사(retropulsion test)의 검사결과가 검사자의 주관적인 해석에 의존한다는 점이다. 따라서 이 검사가 불안정한 자세를 유발시키는 복합적 병리원인 규명에 대한 심층적인 정보를 제공하지 못한다는 것이다(Grimbergen et al., 2009; Marchese, Bove, & Abbruzzese, 2003). 최근 다양한 자세검사(posturography) 방법들을 활용하여 파킨슨병 환자들의 자세 불안정에 대한 더욱 체계적인 연구가 진행되고 있다.

자세검사란 정적 및 동적 상태에서 기립 자세 유지 능력을 정량적으로 평가하는 다양한 방법들을 총체적으로 일컫는 용어다. 동적 자세검사(dynamic posturography)는 기립 자세를 유지하고 있는 환자에게 외부에서 힘을 가한다거나, 서있는 발판을 움직이게 한 뒤 자세 유지 능력의 변화를 검정하는 검사이지만, 기술적인 문제로 많이 시도되지 않았다 (Bronte-Stewart, Minn, Rodrigues, Buckley, & Nashner, 2002). 그에 반해 정적 자세검사(static posturography)는 가만히 기립 상태(quiet stance)를 유지하면서 압력의 중심(center of foot pressure) 혹은 무게 중심(center of mass)의 이동 정도를 이용하여 압력판(force plate)에서 신체 흔들림을 측정하는 방법으로서, 가장 널리 활용되고 있다. 이 때 눈을 감거나 뜨고 있는 상태에서의 신체 흔들림 정도를 비교하거나(Nantel, McDonald, & Bronte-Stewart, 2012), 아니면 자세

를 동요시킬 수 있는 시각 자극을 제시한 뒤 그로 인한 신체 흔들림 정도를 측정한다. 특히 참가자가 인식할 수 없을 정도로 참가자가 서 있는 방 전체를 움직이게 한 뒤 그로 인한 신체 흔들림 정도를 측정하는 Lee와 Lishman(1975)의 “움직이는 방(moving room)” 패러다임이 많이 활용되고 있다.

파킨슨병환자와 이중과제 간섭현상

Bloem, Grimbergen, van Dijk와 Munneke(2006)가 지적하듯이 파킨슨병 환자는 가만히 서 있는 상태에서 갑자기 넘어지지 않는다. 대부분의 낙상은 환자들이 물건을 들고 걷는 것과 같이 여러 과제를 동시에 수행할 때 발생한다. 파킨슨병 환자들이 이중과제를 수행(dual task performance)할 때 운동장애 증상이 더 악화된다는 결과가 여러 연구에서 보고되었다. 예를 들어 파킨슨병 환자는 대화를 나누거나 커피 컵을 들고 보행할 경우 보행에 더 많은 어려움을 겪는다(Kelly, Eusterbrock, & Shumway-Cook, 2012; O'Shea, Morris, & Ianssek, 2002; Wu & Hallett, 2009). 이때 2차 과제(secondary task, 대화 혹은 커피 컵 들기)의 수행은 의식의 관찰 아래 있는 피질 경로를 통해 조절되지만, 주 과제(primary task, 보행)는 손상된 기저핵 회로를 통해 조절된다. 그 결과 보폭과 보행 속도는 더 축소될 뿐 아니라(Brown, de Bruin, Doan, Suchowersky, & Hu, 2009; O'Shea et al., 2002), 좌우 발걸음 또한 비대칭화되어 양발의 협응 능력을 저하시키게 되며, 그 결과 낙상이 발생하는 것으로 추정된다(Plotnik, Giladi, & Hausdorff, 2009).

지금까지 보고된 연구결과에 따르면, 파킨슨병 환자에게서 발견되는 이중과제 간섭 현상은 다양한 유형의 이중과제 수행에서 나타나는 것으로 밝혀졌다(Bloem et al., 2006; Wu & Hallett, 2009). 이중과제 간섭 현상은 파킨슨병 환자의 자세 유지에서도 보고되고 있다. 특히 Smithson, Morris와 Ianssek(1998)은 기립자세(steady stance)나 보폭 간격으로 양발을 벌린 자세(stride stance)에서는 낙상을 경험하거나 경험하지 않은 파킨슨병 환자와 정상대조군 사이에 차이를 발견하지 못하였지만, 발뒤꿈치-발끝 서기 자세(tandem stance)나 한 발로 서기 자세(single-limb stance) 등의 과제 수행에서 낙상 경험이 있는 파킨슨병 환자들이 정상대조군과 낙상 경험이 없는 환자에 비해 자세 유지 능력이 떨어지는 것을 발견하였다. 더 중요한 사실은 기립한 상태에서 한 팔 들기(arm raise)나 물건 잡기(functional reach) 등과 같은 이중 과제를 동시에 수행하게 하였을 때도 동일한 결과가 발견되었다는 점이다. 이런 결과는 주의를 요구하지 않는 기립자세에서는 의식적으로 평형 유지에 주의를 집중하여 손상된 기저핵의 조절 기능을 보완함으로써 자세를 유지하는 것으로 고려될 수 있다. 하지만 난이도가 높은 복합 과제나 주의력을 공유해야 하는 2차 과제가 주어질 경우 파킨슨병 환자들, 특히 낙상 경험이 있는 환자는 주 과제(자세 유지) 수행에 어려움을 겪게 되고 그 결과 낙상으로 연결될 가능성이 증가하게 되는 것이다.

위에서 언급하였듯이, 낙상이 파킨슨병 환자들에게 미치는 영향은 크다. 낙상으로 인한 직접적인 부상 뿐 아니라, 낙상 이후 낙상 자

체에 대한 공포심은 파킨슨병 환자들의 삶의 질을 현저하게 저하시킨다. 하지만 낙상은 복합적인 요인으로 발생하며 그 요인들에 대한 병리적 이해는 아직 미흡하다. 따라서 낙상의 예방이야말로 낙상을 방지할 수 있는 유일한 대안인 것이다. 현재 다양한 낙상 예방전략이 그 효과를 입증 받고 있다(Bloem, van Vugt, & Beckley, 2001; Tinetti et al., 1994). 하지만 예방 전략을 실시하기 위해서는 낙상에 취약한 환자를 질병 초기 단계에 선별해야 한다. 현재 파킨슨병 환자를 대상으로 실시하는 불안정 자세 측정 도구는 후방돌진검사로 제한되어 있으며, 따라서 다양한 요인으로 발생하는 낙상을 예측하기에는 극히 미흡하다. 특히 파킨슨병 환자에게 발생하는 낙상이 대부분 이중과제를 수행하는 과정에서 발생한다는 점을 주지할 필요가 있다. 하지만 모든 이중과제가 낙상을 유발시키는 것은 아니다.

낙상과 보행과의 관계는 Lundin-Olsson, Nyberg와 Gustafson(1997)이 인지장애나 우울증을 겪고 있는 노인들이 보행과 대화를 동시에 수행할 경우 보행 수행에 어려움을 경험한다("stop walking while talking")는 결과를 보고함으로써 처음 확인되었다. 하지만 인지적 결손이 없는 파킨슨병 환자들은 보행 중에 나누는 대화가 보행에 큰 어려움이 되지 않았다(Bloem, Grimbergen, Cramer, & Valkenburg, 2000). 그에 반해 Bloem 등(2006)은 다중 운동 과제 수행이 파킨슨병 환자의 낙상을 가장 잘 예측한다는 결과를 발견하였다. 그런 결과에 근거하여 Bloem 등(2006)은 여러 인지 및 운동 과제들을 개발하여 다중 과제가 자세 유지에 미치는 영향을 인지 결손이 없는 파킨슨병 환

자집단, 정상대조군 및 대학생들을 대상으로 실시하였다. 그 결과 일반적으로 환자집단이 정상대조군과 대학생집단에 비해 더 많은 실수를 범하는 것을 발견하였다. 더 중요한 사실은 정상대조군과 대학생들도 복잡한 과제를 수행할 경우 실수를 범한다는 것이다. 하지만 복잡한 과제로 인해 자세 유지가 어려운 경우 두 정상집단 모두 2차 과제 수행을 중단하고 자세 유지에 치중하였다("posture first"). 이 연구에서 재미있는 사실은 자세 유지에 우선권(priority)을 두는 "전략(strategy)"을 정상대조군 보다 젊은 대학생들이 더 사용하였다는 점이다. 그에 반해 파킨슨병 환자는 자세에 치중하는 전략을 활용하지 못하였으며("posture second"), 신체의 균형 유지가 어려운 상태임에도 두 과제를 동시에 수행하고자 하였다. 하지만 손상된 균형유지 능력과 제한된 인지자원으로 인하여 두 과제 모두 제대로 수행하지 못하였다.

이런 결과는 위기에 처했을 때 파킨슨병 환자가 정상인에 비해 전략적으로 대처하지 못한다는 사실을 나타낸다. 따라서 이 결과는 파킨슨병 환자를 대상으로 정상인들이 활용하는 자세유지 전략을 학습시킴으로써 환자로 하여금 위험한 상황에 처하는 것을 사전에 방지하여 낙상을 예방할 수 있는 개연성을 시사한다. 이런 점에 근거하여 파킨슨병 환자의 균형유지를 위협할 수 있는 이중과제를 밝혀내는 것이 매우 중요하다. 본 연구는 여기에 초점을 맞추었다.

이중과제 간섭현상은 두 과제를 동시에 수행할 경우 과제 수행의 정도가 한 과제만을 수행할 때 보다 저하되는 상황을 지칭하

며, 두 과제가 제한적인 주의 자원(attentional resources)을 공유하기 때문에 발생하는 것으로 추정한다. 그에 반해 자세 유지는 주의력과 무관한 반사기체에 의해서 자동적으로 통제되는 것으로 이해되어왔다. 하지만 최근 연구에 따르면 자세 유지도 주의력의 영향을 받으며, 그 정도는 자세유지 과제, 나이, 개개인의 균형유지 능력에 따라 변하는 것으로 보고되고 있다(Woollacott & Shumway-Cook, 2002, 개관).

이런 결과에 근거하여 몇몇 연구에서 파킨슨병 환자를 대상으로 인지 혹은 운동 과제 수행이 환자들의 자세 유지에 영향을 미치는지를 규명하고자 시도하였다(Holmes, Jenkins, Johnson, Adams, & Spaulding, 2010; Marchese et al., 2003; Morris, Ianssek, Smithson, & Huxham, 2000; Smithson et al., 1998). 대부분의 연구들은 인지나 운동 부과제가 정상인에 비해 환자들의 자세 유지 상태를 악화시키는 것으로 보고하였다. 신체의 일부를 움직이는 운동 과제는 신체 부위의 이동으로 인한 무게 중심의 변화를 유발하는 관계로 균형 유지에 영향을 미칠 수 있다. 그에 반해 간단한 암산이나 요일을 거꾸로 낭독하는 것과 같은 인지 과제가 신체의 균형 유지에 영향을 미치는 이유는 두 과제가 제한된 자원을 공유하는 관계로 발생하는 것으로 해석되었다. 즉 자세 유지와 인지 과제가 동일한 자원을 사용하고 있으며 그 자원이 제한된 관계로 상호 경쟁하게 되며 그 결과 간섭작용이 발생한다는 것이다(Pashler, 1994; Woollacott & Shumway-Cook, 2002).

초자세과제

상기하였듯이, 대부분의 자세 조절 연구는 기립 자세로 가만히 서 있는 참가자에게 자세를 동요시킬 수 있는 시각 자극을 제시한 뒤 그로 인한 신체 흔들림 상태를 측정하는 양상으로 진행되어 왔다. 특히 눈을 감고 서 있을 때 보다 눈을 뜨고 있으면 신체 흔들림이 감소되는 것으로 나타나며, 따라서 시각 정보가 자세 유지를 촉진시키는 결과로 해석되어 왔다. 하지만 일상적인 행동, 예를 들어 교단에서서 프로젝터에 투사된 강의 내용을 읽거나, 교탁의 포인터를 잡기 위해 몸을 기울이거나, 교실에 앉아있는 학생들을(눈동자를 움직여) 둘러보거나, 의자 사이를 걸어 다니는 것과 같은 행동들을 수행하는 데 있어서 자세 유지는 필수적이다. 이렇게 목적을 달성하기 위해서는 어느 정도의 신체 흔들림은 필연적이다. 즉 신체 흔들림을 최소화 시키는 것이 자세 유지의 궁극적인 목표가 아니라는 것이다. 이와 같이 상위의 목적을 달성하는데 요구되는 자세 유지 행위 혹은 과제를 Stoffregen과 동료들은 초자세 과제(suprapostural task)라고 지칭한다(Stoffregen, Bardy, Bonnet, Hove & Oullier, 2007b; Stoffregen, Bardy, Bonnet, & Pagulayan, 2006; Stoffregen, Hove, Bardy, Riley, & Bonnet, 2007a; Stoffregen, Pagulayan, Bardy, & Hetteringer, 2000; Stoffregen, Smart, Bardy, & Pagulayan, 1999).

하지만 Stoffregen과 동료들은 자세 유지 기능이 초자세 과제와 경쟁적인 관계로 상호 간섭한다는 관점에는 반대한다(Stoffregen et al., 1999, 2000, 2006, 2007a, 2007b). 예를 들어 주

변의 물체를 탐색(visual search)하기 위해서 시선을 움직인다고 가정해 보자. 그 대상이 책에 쓰인 글을 읽거나 외과수술을 할 경우 정확한 시선 조절이 요구된다. 그에 반해, 멀리 있는 물체를 바라 볼 경우 그 다지 정확한 시선 조절은 필요하지 않다. 정확한 시선 조절이 필요한 상황에서 지나친 신체 흔들림은 초자세 과제 수행에 부정적인 영향을 미칠 것이다. 그에 반해 정확한 시선 조절이 요구되지 않는 상황에서는 어느 정도의 신체 흔들림은 초자세 과제 수행에 큰 영향을 미치지 않을 것이다. 이런 예측에 대한 근거는 지각(perception)과 행위(action)가 분리되어 처리되는 것이 아니라, 기능적으로 결합되어 상황에 적응적으로 대응한다는 Gibson(1979/1986)의 생태심리학적 관점(ecological approach to perception and action)에 근거한다. 자세 유지가 초자세 과제(즉 시선을 움직여 물체를 탐색)와 제한된 자원을 놓고 상호 경쟁적인 관계를 형성하는 것이 아니라, 두 과제가 기능적으로 결합(functional integration)되어 상황에 적절하게 대응한다는 것이다. 따라서 초자세 과제(시각 과제)가 더 정확한 시선의 조절을 요구한다면 자세 조절(주 과제)은 더 “엄밀하게” 이루어질 것이며, 부 과제가 “느슨한” 시선 조절을 요구한다면 자세 조절 또한 느슨해질 것이란 주장이다.

Stoffregen 등(1999, 2000, 2006, 2007a, 2007b)은 여러 연구를 통해 이런 가정을 지지하는 결과를 보고하였다. 단순히 특정 사물을 관찰하는 과제(inspection task)와 문장을 읽으면서 그 속에 담긴 특정한 글자를 찾는 과제(visual search task)를 수행하게 하였을 때, 글자를 찾

는 과제에 비해 물체를 관찰하는 과제에서 신체의 전-후(anterior-posterior) 흔들림이 증가하는 결과를 발견하였다(Stoffregen et al., 2006).

본 연구

본 연구에서는 초자세 과제를 활용하여 파킨슨병 환자들의 이중과제 간섭 현상 여부를 알아보고자 시도하였다. 자세 유지 주 과제(primary task)에 병행시킬 부 과제로 Stoffregen 등(2000, 2006, 2007b)이 채택한 수평 안구운동(horizontal eye movement)과제를 선택하였다. 정지된 상태에서 신체가 흔들릴 경우 머리로 따라 흔들리게 되며 자연스럽게 눈과 시선도 함께 움직이게 된다. 이때 시선의 교란 정도는 신체 흔들림의 진폭에 비례하게 된다. Stoffregen 등은 안구 운동의 주파수를 변화시키면서 그 변화가 자세 유지에 미치는 영향을 검정하였다. 안구 운동은 좌우에 원을 짧은 시간에 교대로 제시하여 하나의 원이 좌우로 움직이는 것과 같은 착시효과를 유발하는 가현운동(apparent motion)을 이용하여 조작하였으며, 원은 시선이 움직이더라도 머리 회전을 유발하지 않는 11°의 진폭으로 움직였다. 이 때 참가자들은 표적을 추적하는 과제를 수행하였다. Stoffregen 등은 안구 운동의 주파수가 빨라질수록 표적 추적이 어려워지는 관계로 보다 정확한 시선 조절이 요구될 것이며, 따라서 신체 흔들림 또한 줄어들 것으로 예상하였다. 즉 안구 운동의 주파수와 신체 흔들림의 진폭이 부적적으로 상관될 것으로 예측했다. 이 연구에서 Stoffregen 등은 머리(head)와 몸통(torso)의 전-후 및 좌-우(medio-lateral) 움직임을 중속

변인으로 사용하였다.

연구 결과는 연구자들의 예측과 일치하지 않았다. 즉 안구 운동의 주파수가 빨라지더라도 신체 흔들림의 정도에는 변화가 없었다. 그렇다고 하여 연구자들의 가정 전체가 지지 받지 않은 것은 아니었다. 통제조건으로 삽입된 정지된 물체를 주시할 경우 눈동자가 움직일 때 보다 신체 흔들림이 증가하는 것으로 나타났다. 즉 물체를 추적할 때 오히려 신체의 흔들림은 감소한다는 사실이다. 부 과제 수행이 주 과제 수행을 간섭하지 않았음을 보여주는 증거다.

파킨슨병 환자의 운동장애 현상이 이중 과제로 인하여 더욱 더 악화되며, 이런 간섭 현상이 자세 유지에서도 발견되었다는 사실 (Holmes et al., 2010; Marchese et al., 2003; Morris et al., 2000; Smithson et al., 1998)을 위에서 언급하였다. 부과제(인지 혹은 운동 과제)가 주과제(자세 유지)와 제한된 주의 자원을 놓고 상호 경쟁하는 결과로 발생하는 것으로 해석된다. 그에 비해 초자세 과제(부과제)는 자세 유지(주과제)와 기능적으로 결합되어 있기 때문에 자세 유지가 초자세 과제 수행을 촉진시키는 양상으로 나타난다고 Stoffregen과 동료(Stoffregen et al., 1999, 2000, 2006, 2007a)들은 주장하며, 그들의 연구 결과 또한 이런 주장을 지지하는 증거를 보여 주었다. 이런 결과는 젊은 대학생들로부터 추출된 결과다. 이런 양상이 파킨슨병 환자 뿐 아니라, 정상대조군집단에서도 나타나는지를 본 연구에서는 규명하고자 시도하였다.

방 법

참가자 14명의 파킨슨병 환자들(남: 6명; 여: 8명)과 14명의 정상노인들(남: 9명; 여: 5명)이 실험에 참가하였다. 환자들은 모두 Hoehn-Yahr 척도의 2단계에서 3단계에 속하였으며($M = 2.2$, $SD = 0.32$), 연합 파킨슨병 측정척도에 의한 운동능력은 최고 10점에서 최저 48점으로 분포되었다($M = 20.8$, $SD = 10.6$). 환자들은 실험전 항파킨슨제를 섭취한 “ON” 상태에서 실험에 참가하였다. 정상대조군은 주 저자가 소속된 대학교 관리처에 근무하는 비규정직 직원으로 구성되었다. 참가자들은 환자들의 장애 외에는 별도의 신경계의 장애가 없었으며, 모두 정상시력(나안 및 교정)을 보유하고 있다.

참가자들의 인지장애 여부를 확인하기 위해서 환자들에게는 한국형 간이 정신상태검사 (Korean version of mini-mental state examination; K-MMSE)와 CDR(Clinical Dementia Rating Scale)을 시행하였으며, 정상대조군에게는 간이 정신상태검사만 실시하였다. 인지장애 검사 결과 환자군 중 1명(MMSE = 11, CDR = 1)과 정상대조군 중 1명(MMSE = 19)이 치매 혹은 경도 인지장애로 의심이 되어 이 두 명의 자료는 분석에서 제외하였다. 두 실험 집단은 인지능력(정상집단 $M = 26.0$, $SD = 2.3$; 환자집단 $M = 26.5$, $SD = 2.7$; $t(24) = -0.47$, $p > .05$)과 연령(정상집단 $M = 67.1$, $SD = 5.1$; 환자집단 $M = 64.4$, $SD = 9.7$, $t(24) = 0.89$, $p > .05$)에서 차이가 없었다. 모든 참가자들은 실험에 참가한 대가로 소정의 참가비를 제공 받았다.

실험도구 및 자극 환자집단은 천장에 부착된

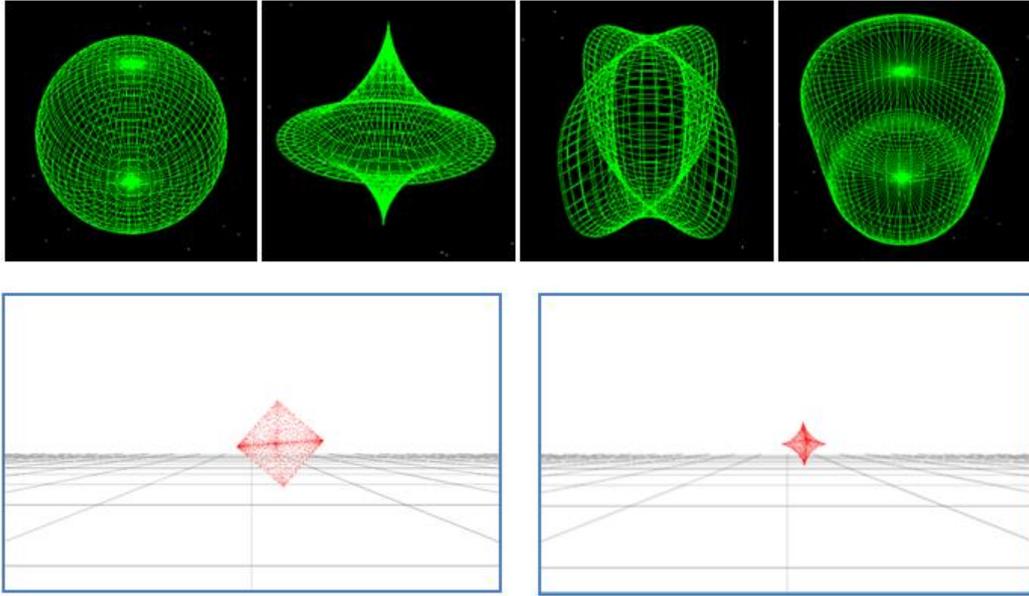


그림 1. 실험에 사용된 물체들(위). 물체는 가상공간 상에서 관찰자로부터 10m(아래 좌측)와 25m(아래 우측) 위치에 제시되었다.

프로젝터로부터 서 있는 상태에서 자신이 마주보는 흰 벽의 눈 위치에 제시된 자극을, 정상대조군은 1.27m 스탠드에 부착된 47인치 LCD 모니터에 제시된 자극을 보았다. 프로젝터와 LCD 모니터는 1024 × 768의 해상도와 60Hz의 주사율로 고정되었으며, 프로젝터는 1m 떨어진 벽에 1.10 × 0.84m의 화면을 형성하여 57.6° × 45.6°의 시각도를, LCD 모니터는 1m 떨어진 위치에서 54.7° × 32.3°의 시각도를 형성하였다. 실험은 화면의 불빛을 제외하고는 어두운 암실에서 실시되었다.

자극은 반지름 0.7 ± 0.05m의 초타원체(superellipsoid)가 사용되었다.¹⁾ 초타원체는 구,

1) 안구추적기를 활용할 수 없어서 참가자들이 물체를 추적하는지를 확인하는 방안이 요구되었다. 하나의 대안으로 매 시행마다 익숙하지 않은 물체를 제시한 뒤 그 형태를 지속적으로 변

정육면체, 원통 등을 포괄하는 3차원 물체로서 그 형태는 아래 수식으로 결정된다.

$$x = r_x * \cos^{n1}(\theta) * \cos^{n2}(\phi) \quad (1)$$

$$y = r_y * \sin^{n1}(\theta) * \cos^{n2}(\phi) \quad (2)$$

$$z = r_z * \sin^{n1}(\theta) \quad (3)$$

여기서 n1과 n2의 매개변수를 변화시킬 경우 다양한 형태의 기하학적 물체가 생성되며, 몇 개의 예가 그림 1의 위쪽 패널에 제시되었

화시키면서 제시된 물체의 수를 보고하는 방안을 채택하였다. 그런 목적에 근거하여 초타원체를 선택하였다. 결과에서 보고하듯이 정상군집단은 75%, 환자집단은 82% 정확하게 보고하였다. 이런 결과에 근거하여 참가자들이 매 시행에서 물체를 추적하였다는 것을 간접적이지만 확인할 수 있었다.

다. 물체는 1분간 좌우로 6°씩 교대로 이동하였으며, 이동하는 동안 물체의 형태가 6개에서 9개 사이로 변화하였다. 물체의 형태는 두 매개변수(n_1 과 n_2) 값을 조작하여 변화시켰다. 원근감을 주기 위해서 물체는 격자무늬의 지면 위에 제시되었으며, 가상공간 속에서 물체는 참가자로부터 10m와 25m 위치에 제시되었다(그림 1 아래쪽 패널).

신체 움직임을 기록하기 위해서 Polhemus G4(Polhemus, Colchester, VT, USA) 6DoF(degrees of freedom) 무선운동추적기(wireless motion tracking system)가 사용되었다. 참가자의 머리, 목통(cervical spine, C₇-T₁ junction)과 허리(요추추관절, lumbo-sacral junction)에 센서를 하나씩 부착하여 흔들림 정도를 기록하였다. 머리 움직임은 센서를 모자에 부착한 뒤, 참가자들로 하여금 모자를 착용시켜 기록하였다. 실험이 시작되면 각 신체부위의 움직임을 실시간으로 추적/저장하였다. 자료는 60Hz로 표집되었다.

설계 물체는 0.5Hz, 0.8Hz, 1.2Hz의 주파수로 움직였으며, 물체가 나타나는 위치는 참가자로부터 10m(그림 1 아래 우측 패널)과 25m(그림 1 아래 좌측 패널)로 조작하였다. 물체가 화면 중앙에 정지해 있는 통제조건이 함께 시도되었다. 실험은 4(주파수: 0, 0.5, 0.8, 1.2Hz) × 2(위치: 10, 25m)로 설계되었으며, 각 조건은 두 번씩 반복되어 총 16시행이 실시되었다.

절차 참가자들은 화면으로부터 1m 떨어진 곳에서 편안하게 두 발을 벌리고 선 상태에서 실험에 참여하였다. 참가자들은 화면 중앙에 제시된 응시점을 응시하고 있도록 지시받은

뒤, 실험자가 시작이라는 지시와 함께 화면에 제시된 물체가 움직일 경우 가급적 머리를 고정시킨 상태에서 시선만을 움직이면서 움직이는 물체를 추적하도록 지시받았다. 이 때 물체의 형태가 바뀐다는 점을 주지시킨 뒤 그 시행을 마칠 때까지 나타난 물체의 전체 숫자를 보고하도록 지시받았다. 물체가 사라질 때까지 참가자들에게 선 자세를 유지하도록 지시받았으며, 물체가 움직이지 않는 통제조건에서도 시선을 물체에 고정시킨 뒤 형태가 바뀔 경우 바뀐 숫자를 보고하도록 지시받았다. 실험을 실시하기 전 1Hz 조건과 통제조건으로 구성된 2회의 연습시행을 실시하여 참가자로 하여금 실험절차에 친숙해지도록 하였다.

자료분석 무선운동추적기의 각 센서는 부착된 신체부위의 X, Y, Z축에서의 위치 및 각도 정보를 초당 60개씩 1분간 실시간으로 표집하였다. 이렇게 표집된 시계열(time-series) 자료로부터 각 부위의 전후(anterior-posterior) 및 좌우(medio-lateral)의 움직임 정보를 추출하였다. 특히 각 부위의 위치의 평균값, 표준편차(standard deviation) 및 범위(range)를 추출하였으며, 이 값들을 2(집단) × 4(주파수) × 2(위치)의 혼합설계변량분석에 투입하여 분석하였다. 아울러 세 부위의 상호작용도 알아보기 위해서 2(집단) × 3(부위) × 4(주파수) × 2(위치)의 혼합설계변량분석도 함께 실시하였다. 이 측정치들은 Nejc, Jernej, Loeffler와 Kern(2010)과 Stoffregen 등(2006, 2007a, 2007b)의 연구에서 종속변인으로 사용된 값들이다.

자료 분석 결과 각 부위의 좌우 흔들림에서는 두 집단 간의 차이가 발견되지 않았다. 따

라서 결과 보고는 각 부위의 전후 흔들림에 국한한다.

결 과

그림 2에 정상인과 파킨슨병 환자 각각 1명의 한 시행에서의 머리, 몸통, 허리의 전후 움직임 자료가 한 예로 제시되었다. 매 시행마다 각 센서의 위치가 0으로 설정된 관계로 각 센서에서 보여주는 자료는 시작점에서의 상대적 위치를 나타내며, 각 센서 사이에 상대적 위치를 나타내는 것은 아니다. 그럼에도 불구하고 파킨슨병 환자의 신체 흔들림이 정상인에 비해 월등히 큰 것을 쉽게 파악할 수 있다.

더 중요한 사실은 정상인의 세 신체 부위가 동기화되어 움직인 반면에 환자는 머리와 몸통이 한 쪽 방향으로, 허리는 반대 방향으로 움직인 것을 확인할 수 있다. 각 신체 부위에서 추출된 중속변인에 대한 결과 분석이 아래에 제시되었다.

평균값 각 주파수 조건 하에서의 각 부위의 집단별 평균값이 그림 3에 제시되었다. 이 수치는 각 부위의 출발점을 원점(0)으로 설정하였을 경우, 1분 동안 그 부위의 평균 위치를 나타낸다. 원점으로부터 멀어질수록 그 부위가 출발점에서 이동한 것을 의미한다.

환자들의 평균 위치가 통제집단에 비해 전

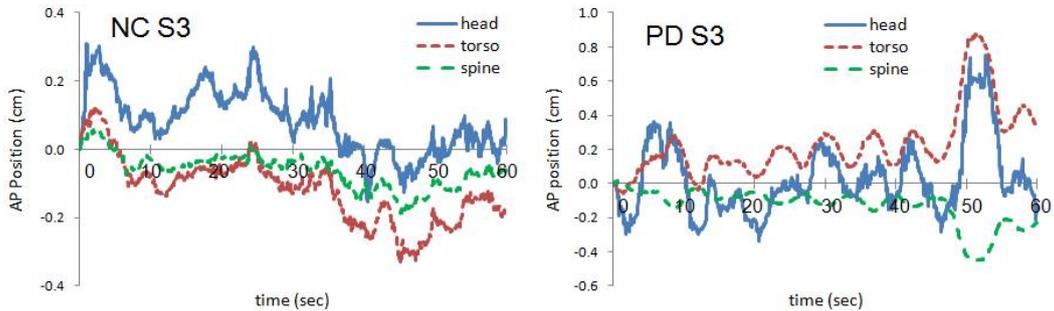


그림 2. 정상인(좌측)과 파킨슨병환자(우측)의 한 시행에서 기록된 머리, 몸통, 허리의 전후 위치 변화

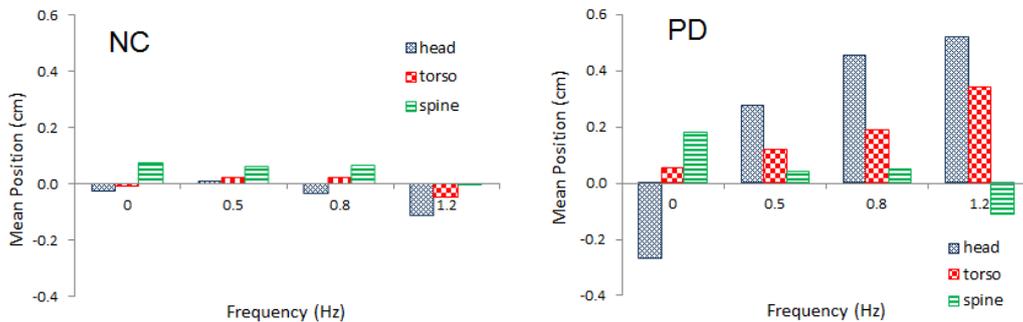


그림 3. 정상대조군(좌측)과 파킨슨병환자(우측)의 각 주파수별로 제시된 머리, 몸통, 허리의 평균 위치.

반적으로 많이 이동해 있는 것을 그림 3 우측 패널을 통해 볼 수 있다. 특히 환자들의 머리가 정지된 물체를 주시하는 0Hz 조건에서는 뒤로 이동해 있는 반면, 물체를 추적하는 조건들(0.5, 0.8, 1.2Hz)에서는 앞으로 쏠린 것을 볼 수 있다. 그에 반해 허리는 0Hz에서는 앞으로 쏠린 반면, 물체의 움직이는 속도가 빨라질수록 뒤쪽으로 쏠리는 경향을 볼 수 있다. 그림 2를 통해 확인한 환자의 비동기화된 신체 부위가 대부분의 환자들에게서 나타나는 일반화된 현상인 것을 시사한다.

우선 머리 위치의 평균치를 변량분석한 결과, 주파수의 주효과가 나타났으며, 주파수는 다시 집단과 상호작용하는 것으로 나타났다, $F(3, 72) = 2.87, p < .05, F(3, 72) = 3.70, p < .05$. 단순주효과 분석결과 집단의 주효과가 1.2Hz 조건에서 발견되었으며, 주파수의 주효과가 환자집단에서 발견되었다, $F(1, 24) = 7.28, p < .05, F(3, 22) = 4.69, p < .05$. 위에서 언급하였듯이 환자집단이 고정된 물체를 응시하는 조건과 움직이는 물체를 추적하는 조건에서 머리가 상이하게 움직였으며, 특히 가장 빨리 움직이는 물체를 추적할 때 머리가 앞으로 쏠리는 경향이 이 상호작용을 유발시킨 것으로 판단된다.

몸통에서는 집단의 주효과가 유의한 경향성을 나타냈을 뿐 다른 변인들의 효과는 통계적으로 유의하지 않았다, $F(1, 24) = 3.68, p < .10$. 허리의 평균 위치 분석에서는 주파수의 주효과만 발견하였다, $F(3, 72) = 4.79, p < .01$.

세 신체 부위를 종합한 분석결과 집단의 주효과, 부위와 주파수의 상호작용, 집단, 부위,

주파수의 삼원상호작용이 유의한 것으로 각각 나타났다, $F(1, 24) = 4.28, p < .05, F(6, 144) = 3.81, p < .01, F(6, 144) = 3.90, p < .01$. 그림 3에서 보여주듯이, 정상대조군은 모든 신체 부위에서 주파수의 영향을 거의 받지 않은 반면, 환자집단은 상대적으로 비동기화된 신체 부위들, 특히 0Hz와 1.2Hz에서의 반응이 이 삼원상호작용을 유발시킨 것으로 유추할 수 있겠다.

표준편차 표준편차는 흔들림(sway)의 정도를 나타낸다. 표준편차에서는 머리, 몸통, 허리 모두에서 집단의 주효과만 발견되었으며, $F(1, 24) = 16.94, p < .001, F(1, 24) = 13.09, p < .01, F(1, 24) = 10.01, p < .01$, 그 결과가 그림 4에 제시되었다.

세 신체 부위를 종합한 분석 결과 집단의 주효과, 신체 부위의 주효과, 집단과 신체 부위의 상호작용, 신체 부위와 주파수의 상호작용, 신체 부위, 주파수, 위치의 삼원상호작용이 각각 유의한 것으로 나타났다, $F(1, 24) = 15.20, p < .01, F(2, 48) = 79.39, p < .001$,

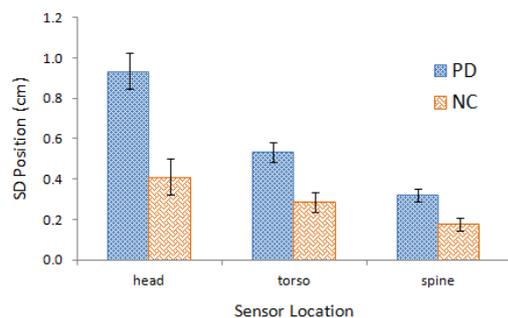


그림 4. 정상대조군과 파킨슨병환자의 머리, 몸통, 허리 위치의 표준편차. Error bar는 표준오차를 나타냄.

$F(2, 48) = 16.96, p < .001, F(6, 144) = 2.95, p < .05, F(6, 144) = 2.37, p < .05$. 이 중 집단과 신체 부위의 상호작용에 대한 단순주효과 분석은 집단의 효과를 모든 신체 부위에서 발견하였으며, $F(1, 24) = 16.94, p < .001$, 머리; $F(1, 24) = 13.09, p < .01$, 몸통; $F(1, 24) = 10.01, p < .01$, 허리, 신체 부위의 효과는 환자집단 및 정상집단 모두에서 각각 발견하였다, $F(2, 23) = 62.10, p < .001, F(2, 23) = 14.27, p < .001$. 환자들의 머리 움직임의 변산성이 상대적으로 큰 것이 이 상호작용을 유발한 것으로 추정할 수 있겠다.

범위 각 주파수에서 각 센서의 움직임 범위가 집단별로 나누어져 그림 5에 제시되었다. 평균값과 표준편차에서 관찰된 양상과 비슷하게 환자들 부위의 흔들린 폭이 통제집단에 비해 월등히 큰 것을 쉽게 관찰할 수 있다. 변량분석 결과 머리의 흔들림 크기에서 집단의 주효과가 유의하였으며, 집단은 다시 주파수와 상호작용 하였다, $F(1, 24) = 22.19, p < .001, F(3, 72) = 3.13, p < .05$. 단순주효과 분석 결과 집단의 주효과가 모든 주파수에서

나타났으며, $F(1, 24) = 11.64, p < .01, 0\text{Hz}; F(1, 24) = 21.64, p < .001, 0.5\text{Hz}; F(1, 24) = 21.61, p < .001, 0.8\text{Hz}; F(1, 24) = 22.38, p < .001, 1.2\text{Hz}$ 주파수의 주효과는 환자집단에서만 나타났다, $F(3, 22) = 3.70, p < .05$.

몸통의 움직임 범위 또한 비슷한 양상을 보였다. 집단의 주효과와 집단과 주파수의 상호작용이 통계적으로 유의하였다, $F(1, 24) = 16.30, p < .001, F(3, 72) = 3.03, p < .05$. 단순주효과 분석 결과 집단의 주효과가 세 물체 추적조건에서 발견되었다, $F(1, 24) = 13.45, p < .01, 0.5\text{Hz}; F(1, 24) = 20.17, p < .001, 0.8\text{Hz}; F(1, 24) = 18.86, p < .001, 1.2\text{Hz}$. 허리의 움직임 범위는 집단의 주효과만 유의한 수준으로 나타났다, $F(1, 24) = 12.48, p < .01$.

세 부위를 종합한 분석 결과 집단의 주효과와 신체 부위의 주효과가 유의하였다, $F(1, 24) = 19.59, p < .001, F(2, 48) = 97.30, p < .001$. 집단은 신체 부위와 주파수에 각각 상호작용하였다, $F(2, 48) = 22.23, p < .001, F(3, 72) = 2.97, p < .05$. 주파수는 신체 부위와 상호작용하였으며, $F(6, 144) = 3.09, p < .01$, 두 요인은 다시 위치와 삼원상호작용 하였다,

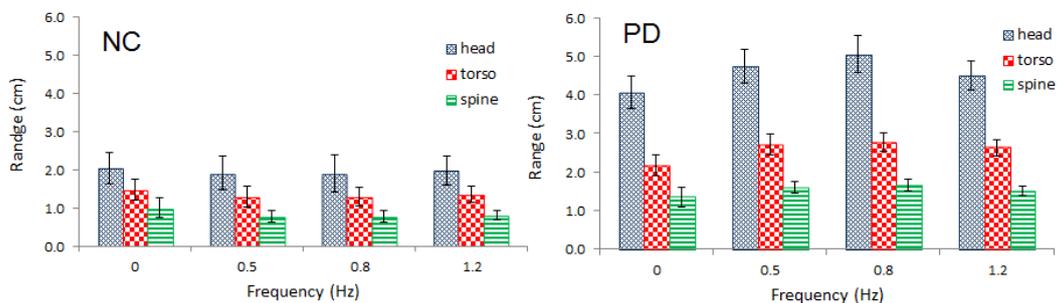


그림 5. 정상대조군(좌측)과 파킨슨병환자(우측)들의 각 주파수별 머리, 몸통, 허리의 움직임 범위. Error bar는 표준오차를 나타냄.

$F(6, 144) = 2.18, p < .05$.

물체 수 참가자들은 물체가 움직이는 조건에서 물체를 추적하면서 물체의 형태가 변하는 것을 주시한 뒤 그 시행에서 나타난 모든 물체의 수를 보고하도록 지시받았다. 물체를 얼마나 정확하게 추적하면서 인식했는지를 확인하기 위해서 반응의 정확도를 2(집단) × 3(주파수) × 2(위치)의 혼합설계변량분석을 실시하여 분석하였다. 각 조건에서 나타난 물체의 개수가 일치하지 않았을 뿐 아니라, 제시된 물체보다 더 많거나 적게 보고 하였을 때 그 결과를 일괄적으로 오반응으로 처리하는 것이 적절하지 않다는 판단 하에 보고된 숫자와 실제 물체의 숫자의 절대값 차이를 실제 물체의 숫자로 나눈 값을 오류로 규정하였으며, 1에서 오류를 뺀 값을 정확도(proportion correct)로 규정하였다. 예를 들어, 5개의 물체가 제시되었지만 8개로 보고하였을 경우 오류는 $(8-5)/5$, 즉 0.6이 되며, 따라서 정확도는 $0.4(1-0.6)$ 로 처리된다.

그림 6에 두 집단의 정확도가 주파수 조건별로 제시되었다. 통제집단은 75%, 환자집단

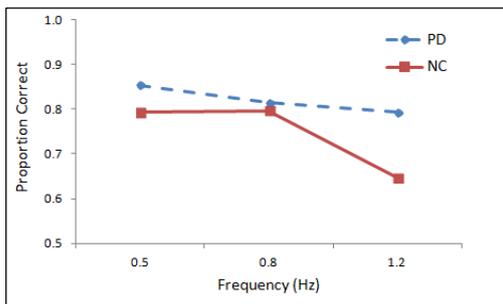


그림 6. 정상대조군과 파킨슨병환자의 주파수별로 제시된 형태 인식 정확도

은 82% 정확하게 물체의 수를 보고하였다. 두 집단 모두 정확하게 변화하는 물체를 추적한 것으로 간주된다. 흥미로운 점은 형태 인식에서 환자집단이 통제집단에 비해 더 정확하였다는 점이다. 하지만 집단의 차이는 유의하지 않았다, $F(1, 24) = 2.01, p > .05$. 그에 반해 주파수의 주효과와 주파수, 위치 및 집단의 3원 상호작용이 유의한 것으로 나타났다, $F(2, 48) = 4.70, p < .05, F(2, 48) = 3.67, p < .05$. 주파수가 빨라질수록 반응의 정확도가 저하하였다. 왜 3원 상호작용이 발생했는지 그 이유는 명확하지 않다.

논 의

본 연구에서는 움직이는 물체를 추적하는 수평 안구운동이 파킨슨병 환자의 자세 유지에 영향을 미치는지 확인하고자 시도하였다. 물체는 좌우 6°의 범위 내에서 교대로 1분간 움직였으며, 움직이는 동안 형태가 주기적으로 변화하였다. 참가자들은 화면에서 1m 떨어진 위치에서 편안히 선 자세로 움직이는 물체를 추적하면서 변화하는 형태의 수를 센 뒤 시행이 종료되었을 때 그 시행에서 나타난 물체의 수를 보고하는 과제를 수행하였다. 참가자들이 이 과제를 수행하는 동안 참가자들의 머리, 몸통 및 허리의 위치를 실시간으로 기록하였으며, 이 기록을 이용하여 각 부위의 전-후 및 좌-우 움직임의 평균값, 표준편차 및 범위를 추출하였으며, 그 결과를 정상노인집단의 수치와 비교 분석하였다.

우선 정상대조군은 조작된 변인의 영향울 거의 받지 않은 것으로 나타났다. 이런 결과

는 Stoffregen 등(2000; 2006)이 보고한 결과가 약간 차이가 난다. Stoffregen 등은 안구 운동 주파수의 변화가 신체 흔들림에 미치는 영향은 미약하다고 보고하였으며, 이런 결과는 본 연구 결과와 일치한다. 하지만 Stoffregen 등의 연구 참가자들은 고정된 물체 조건에서 신체 흔들림이 물체 추적 조건에 비해 증가한다는 사실을 발견하였으며, 이런 결과에 근거하여 자세 유지체계가 시각체계의 안구운동(초자세과제) 수행을 촉진시키는 증거로 간주하였다. 본 연구에서는 통제조건을 포함한 모든 조건에서 주파수의 효과가 발견되지 않았다. Stoffregen 등의 연구 참가자들은 통제조건에서 단순히 편안히 서 있도록 지시받았을 뿐 아니라, 시선의 위치에 대한 지시도 없었다. 그에 반해 본 연구에서는 참가자들이 통제조건에서도 물체의 형태가 변할지 모른다고 지시받았다. 따라서 물체 응시에 많은 주의가 요구되었으며, 자연히 두 체계(자세 유지와 안구운동)의 기능적 결합 상태의 지속적 유지가 요구되어 신체 흔들림이 감소되었다고 볼 수 있다.

그에 반해 파킨슨 환자의 신체 흔들림은 거의 모든 측정치에서 정상대조집단에 비해 더 크게 나타났다. 특히 정상집단의 세 신체 부위는 모든 주파수 조건에서 시작 시점에 취한 위치를 유지한 반면, 파킨슨병 환자의 신체 부위는 시작 시점의 위치를 벗어났을 뿐 아니라(그림 3 우측 패널), 흔들림의 변산성(그림 4)과 변산성의 폭 또한 더 컸다(그림 5 우측 패널). 아울러 머리와 몸통은 주파수의 영향을 받았을 뿐 아니라, 그 영향이 Stoffregen 등(2000, 2006, 2007a, 2007b)이 예견하는 양상과

는 반대로 나타났다. 즉 안구운동 조건에서 신체 흔들림이 줄어드는 것이 아니라 주파수의 증가와 함께 흔들림 또한 더 증가하였다. 그에 반해 정지한 물체를 응시하는 통제조건에서는 신체 흔들림이 상대적으로 적었다. 즉 주 과제(자세 유지)와 초자세 과제(안구운동)의 기능적 결합이 단절되어 상호 보완하는 것이 아니라, 오히려 상호 경쟁하는 양상을 보이는 것으로 해석할 수 있다.

하지만 더욱 심각한 점은 정상집단의 세 신체 부위가 서로 동기화되어 움직이는 양상을 보인 반면 파킨슨병 환자는 머리와 허리가 서로 상반된 방향으로 움직이는 양상을 나타냈다는 것이다(그림 2와 3 우측 패널). 파킨슨병 환자에게 나타나는 불안정한 자세는 이 장애의 말기단계에 나타나는 것으로 보고되고 있다(Schrag et al., 2001). 그에 비해 본 연구에 참가한 환자들은 한 명을 제외하고 모두 Hoehn-Yahr 척도의 2단계(9명)에서 2.5단계(3명)에 속하는 비교적 초기 및 중기에 해당하는 환자들이었다. 참고로 불안정한 자세는 Hoehn-Yahr 척도 3단계에 나타난다. 아울러 머리-몸통과 허리가 비동기화된 양상을 보인 그림 2의 환자는 Hoehn-Yahr 척도의 2단계 진단을 받은 환자다. 따라서 12명의 환자 참가자들이 아직 불안정한 자세로 진단받지 않았음에도 불구하고, 자세유지 기능의 저하가 이미 진행되고 있다는 것을 시사한다.

종합하면, 본 연구에서는 파킨슨병 환자와 정상대조군을 대상으로 인지적 부하가 주어지지 않은 단순히 좌우를 교대로 움직이는 물체를 추적하면서 변화하는 물체의 형태를 식별하는 과제가 자세 유지에 미치는 영향을

검정하고자 하였다. 이 때 무게 중심의 영향을 최소화하기 위해서 머리를 움직이지 않더라도 안구운동이 가능하도록 영역을 제한하였다. 이런 상태에서 정상인들은 과제의 난이도가 증가할수록 신체 흔들림은 감소되는 양상을 나타낸다. Stoffregen 등(2000, 2006, 2007a, 2007b)은 이런 결과가 지각(안구운동)과 운동(자세 유지)이 기능적으로 결합되어 자세 유지가 지각과정을 촉진하기 때문에 발생한다고 주장한다. 정상대조군들은 주파수로 조절된 과제의 난이도에 전혀 영향을 받지 않았으며, 이런 결과는 Stoffregen 등이 보고한 결과와 일치한다. 그에 반해 파킨슨병 환자는 주파수의 영향을 받아 신체가 정상인에 비해 큰 폭으로 불규칙하게 움직였을 뿐 아니라, 신체 부위들 또한 비동기화되어 불안정한 자세가 유도되는 것으로 나타났다. 이런 결과는 자세 유지 기능의 점진적 손상이 지각과 운동의 기능적 결합을 단절시킴으로서 자세 유지 기능이 지각과제의 부하를 더 이상 적응적으로 대처하지 못하여 발생하는 결과로 해석할 수 있겠다.

재미있는 사실은 환자집단이 변화하는 물체의 형태를, 통계적으로 유의한 수준에 도달하지는 않았지만, 정상집단에 비해 상대적으로 더 정확하게 탐지하였다는 점이다. 이런 결과는 Bloem 등(2006)이 보고한 파킨슨병 환자들의 “posture second”경향, 즉 신체의 균형 유지가 어려운 상태임에도 불구하고 두 과제를 동시에 수행하고자 경향성과 일치한다. Bloem 등은 이런 경향성으로 인해 파킨슨병 환자들이 위기에 처했을 때 정상인에 비해 전략적으로 대처하지 못하게 되며, 그 결과 낙상과 같은 사고를 당할 가능성이 증가한다고 주장하였다.

Bloem 등(2006)의 주장은 다양한 인지 및 운동과제가 파킨슨병 환자들의 보행에 미치는 영향을 검정한 결과에 근거하였다. 생체역학적으로 전혀 신체의 위치에 영향을 미치지 않는 안구운동 또한 자세 유지에 영향을 미친다는 본 연구 결과는 불안정한 자세로 인해 낙상의 위험에 취약한 파킨슨병 환자들이 고려해야 할 또 다른 요소가 된다. 기능적으로 결합된 지각체계와 운동체계가 자세 유지 기능의 손상으로 인해 결합 상태가 단절됨으로써 발생하는 것으로 볼 수 있다.

이상의 결론은 조작된 변인에 대한 통계적 처리로부터 유도된 해석이다. 아쉬운 점은 기술적인 제한성으로 인하여 수집한 자료에 대한 운동학적(kinematic) 및 운동역학적(kinetic) 분석을 실시하지 못하였으며, 따라서 신체 부위들의 상호협응관계를 추구하기는 어려운 제한성을 본연구는 내제하고 있다. 특히 정상인 집단의 동기화된 신체 부위의 움직임에 비해 파킨슨병 환자들은 비동기화된 신체 부위의 움직임은 그림 2와 3에 근거한 추론에 지나지 않는다. 보다 객관적인 증거에 근거한 검증이 요구된다. 후속 연구를 기약한다.

참고문헌

- 김정수 (2012, 5월 11일). 오늘은 파킨슨병의 날. 대구신문. <http://www.idaegu.co.kr>에서 검색.
- 백종원, 강석윤, 김미애, 손영호 (2008). 선택적 척추주위근 위축으로 인한 배굴증. 대한신경과학회지, 26, 162-164.
- 이근호 (2006). 파킨슨병의 자세 불안정과 약

- 물의 영향: 자세측정기 검사를 이용한 연구. *Journal of the Korean Neurological Association*, 24, 328-336.
- 송인옥, 임성철, 김중석, 이상봉, 류선영, 김영인, 이광수 (2008). 도파민 치료로 호전된 파킨슨병 환자의 pisa증후군. *대한신경과학회지*, 26, 404-406.
- 정해관 (2007). 파킨슨병 유병률 및 실태조사. 질병관리본부 국립보건연구원 희귀난치성 질환센터.
- Albin, R. L., Young, A. B., & Penney, J. B. (1989). The functional anatomy of basal ganglia disorders. *Trends in Neurosciences*, 12, 366-375.
- Alexander, G. E., DeLong, M. R., & Strick, P. L. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.
- Benatru, I., Vaugoyeau, M., & Azulay, J. -P. (2008). Postural disorders in Parkinson's disease. *Clinical Neurophysiology*, 38, 459-465.
- Bloem, B. R., Grimbergen, Y. A., Cramer, M., & Valkenburg, V. V. (2000). "Stops walking when talking" does not predict falls in Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 48, 268.
- Bloem, B. R., Grimbergen, Y. A. M., van Dijk, J. G., & Munneke, M. (2006). The "posture second" strategy: A review of wrong priorities in Parkinson's disease. *Journal of Neurological Sciences*, 248, 196-204.
- Bloem, B. R., van Vugt, J. P., & Beckley, D. J. (2001). Postural instability and falls in Parkinson's disease. *Advances in Neurology*, 87, 209-223.
- Bronte-Stewart, H. M., Minn, A. Y., Rodrigues, K., Buckley, E. L., & Nashner, L. M. (2002). Postural instability in idiopathic Parkinson's disease: the role of medication and unilateral pallidotomy. *Brain*, 125, 2100-2114.
- Brown, L. A., de Bruin, N., Doan, J. B., Suchowersky, O., & Hu, B. (2009). Novel challenges to gait in Parkinson's disease: the effect of concurrent music in single- and dual-task contexts. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 1578-1583.
- Clarke, C. E. (2007). Parkinson's disease. *British Medical Journal*, 335, 441-445.
- Davie, C. A. (2008). A review of Parkinson's disease. *British Medical Bulletin*, 86, 109-127.
- DeLong, M. R., Alexander, G. E., Georgopoulos, A. P., Crutcher, M. D., Mitchell, S. J., & Richardson, R. T. (1984). Role of basal ganglia in limb movements. *Human Neurobiology*, 2, 235-244.
- Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. Mahwah, NJ: Erlbaum. (Original work published 1979)
- Grimbergen, Y., A. M., Langston, J. W., Roos, R. A. C., & Bloem, B. R. (2006). Postural instability in Parkinson's disease: the adrenergic hypothesis and the locus coeruleus. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 9, 279-290.
- Holmes, J. D., Jenkins, M. E., Johnson, A. M., Adams, S. G., & Spaulding, S. J. (2010).

- Dual-task interference: The effects of verbal cognitive tasks on upright postural stability in Parkinson's disease. *Parkinson's Disease*, 2010, 696462. doi:10.4061/2010/696492.
- Horak, F. B., Frank, J., & Nutt, J. G. (1996). Effects of dopamine on postural control in parkinsonian subjects: scaling, set, and tone. *Journal of Neurophysiology*, 75, 2380-2396.
- Kelly, V. E., Eusterbrock, A. J., & Shumway-Cook, A. (2012). A review of dual-task walking deficits in people with Parkinson's disease: Motor and cognitive contributions, mechanisms, and clinical implications. *Parkinson's Disease*, 2012, 918719. doi:10.1155/2012/918719.
- Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79, 368-376.
- Lee, D. N., & Lishman, J. R. (1975). Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies*, 1, 87-95.
- Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1997). "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet*, 349, 617.
- Marchese, R., Bove, M., & Abbruzzese, G. (2003). Effect of cognitive and motor tasks on postural stability in Parkinson's disease: a posturographic study. *Movement Disorders*, 18, 652-658.
- Morris, M., Ianssek, R., Smithson, F., & Huxham, F. (2000). Postural instability in Parkinson's disease: A comparison with and without a concurrent task. *Gait & Posture*, 12, 205-216.
- Nantel, J., McDonald, J. C., & Bronte-Stewart, H. (2012). Effect of medication and STN-DBS on postural control in subjects with Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, 18, 285-289.
- Nejc, S., Jernej, R., Loeffler, S., & Kern, H. (2010). Sensitivity of body sway parameters during quiet standing to manipulation of support surface size. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 431-438.
- O'Shea, S., Morris, M. E., & Ianssek, R. (2002). Dual task interference during gait in people with Parkinson disease: effects of motor versus cognitive secondary tasks. *Physical Therapy*, 9, 888-897.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116, 220-244.
- Plotnik, M., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2009). Bilateral coordination of gait and Parkinson's disease: the effects of dual tasking. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 80, 347-350.
- Saint-Cyr, J. A. (2003). Frontal-striatal circuit functions: Context, sequence, and consequence. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9, 103-128.
- Schrag, A., Jahanshahi, M., & Quinn, N. P. (2001). What contributes to depression in Parkinson's disease? *Psychological Medicine*, 31, 65-73.
- Smithson, F., Morris, M. E., & Ianssek, R. (1998). Performance on clinical tests of balance in

- Parkinson's disease. *Physical Therapy*, 78, 577-592.
- Stoffregen, T. A., Bardy, B. G., Bonnet, C. T., Hove, P., & Oullier, O. (2007b). Postural sway and the frequency of horizontal eye movements. *Motor Control*, 11, 86-102.
- Stoffregen, T. A., Bardy, B. G., Bonnet, C. T., & Pagulayan, R. J. (2006). Postural stabilization of visually guided eye movements. *Ecological Psychology*, 18, 191-222.
- Stoffregen, T. A., Hove, P., Bardy, B. G., Riley, M., & Bonnet, C. T. (2007a). Postural stabilization of perceptual but not cognitive performance. *Journal of Motor Behavior*, 39, 126-138.
- Stoffregen, T. A., Pagulayan, R. J., Bardy, B. G. & Hettinger, L. J. (2000). Modulating postural control to facilitate visual performance. *Human Movement Science*, 19, 203-220.
- Stoffregen, T. A., Smart, L. J., Bardy, B. G. & Pagulayan, R. J. (1999). Postural stabilization of looking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1641-1658.
- Tinetti, M. E., Baker, D. I., McAvay, G., Claus, E. B., Garrett, P., Gottschalk, M., et al. (1994). A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *New England Journal of Medicine*, 331, 821-827.
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16, 1-14.
- Wu, T., & Hallett, M. (2009). Dual task interference in Parkinson's disease. *US Neurology*, 5, 30-33.

1 차원고접수 : 2015. 11. 09

수정원고접수 : 2016. 01. 18

최종게재결정 : 2016. 01. 19

The effect of eye movements on the postural control of patients with Parkinson's disease

Kim, Nam-Gyoon¹⁾

Lee, Ho-Won²⁾

Park, Sangbum³⁾

¹⁾Department of Psychology, Keimyung University

²⁾Department of Neurology, School of Medicine, Kyungpook National University

³⁾Department of Physical Education, Keimyung University

The present study compared the effect of eye movements on postural control in 13 Parkinson's disease (PD) patients (Hoehn-Yahr stage 2-3) and 13 age-matched healthy adults. Participants viewed, from a distance of 1 m, a computer display of an oscillating object that continuously changed shape and reported the number of times the shape changed over each 60 s trial. Four oscillation rates (0, 0.5, 0.8, and 1.2Hz) were presented. Postural sway data (mean position, standard deviation, and range of the excursions in the anterior-posterior and medio-lateral directions) were obtained using a wireless motion tracking system via sensors attached to each participant's head, neck, and cervical spine. The effect of eye movement frequency on postural sway was minimal in the healthy adults, consistent with the view that postural control and suprapostural task (eye movement control) are functionally integrated to facilitate the performance of suprapostural control tasks. By contrast, PD patients' showed greater and more variable postural sway, particularly in the anterior-posterior direction. It appears that PD patients' impaired postural control systems are no longer integrated functionally with their eye movement control. This result suggests an additional factor to consider in PD patients who are susceptible to falls due to postural instability.

Key words : Parkinson's disease, Suprapostural task, postural control, dual task interference, eye movements