

파킨슨병 환자의 Handwriting 기능 향상을 위한 운동학습 전략에 대한 문헌 고찰

유연환*, 박진혁*, 이주현*
*연세대학교 대학원 작업치료학과

국문초록

목적 : 본 연구의 목적은 파킨슨병으로 인하여 발생하는 handwriting에서의 문제에 대한 효과적인 운동학습 전략을 제시하기 위함이다.

방법 : 이를 위하여 파킨슨병 환자에게 발생하는 handwriting에서의 문제점인 소자증(Micrographia)을 치료한 국내외 문헌들을 고찰하였다.

결과 : 소자증을 개선하기 위해 파킨슨병 환자에 적용하는 운동학습 방법 중 외적단서와 되먹임 전략을 주로 적용한다. 이는 기저핵 손상으로 인한 내적 동기체계의 문제와 운동 개시의 어려움을 개선하기 위함이다. 외적단서는 시각적·청각적·언어적 단서 등을 이용하였고, 되먹임은 주로 시각적 자극을 이용하였다. 외적단서와 시각적 되먹임을 제시하는 동안 소자증을 가진 환자의 글자의 크기를 확대시키는 효과가 있었고, 일부 연구에서는 단서 제거 후 짧은 기간 동안 쓰기과제 수행이 유지되는 결과를 보고하였다.

결론 : 앞으로 운동학습의 효과가 장기간 유지되는 전략을 도출하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주제어 : 파킨슨병, 운동학습, 쓰기, 소자증, 외적단서, 되먹임

I. 서론

파킨슨병(Parkinson's disease)은 흑질과 도파민계 뉴런의 소실로 인해 야기되는 퇴행성 중추신경계 질환이다. 도파민(dopamine)의 결핍은 움직임, 인지, 동기 등과 관련된 많은 임상 증상을 야기 시키며 특히 운동능력의 현저한 상실을 초래한다. 대표적 운동장애로는 운동 완서증(bradykinesia), 강직(rigidity), 진전(tremor), 자세의 불안정(postural instability)등을 들 수 있다(이대희, 2005). 이 중 운

동 완서증은 손·발을 포함한 몸의 움직임의 속도가 느려지는 것으로 파킨슨병 환자에게서 가장 일반적으로 나타나는 증상이다. 느린 움직임과 기민성의 저하로 팔 흔들기와 같은 연합 운동에서도 제한을 보이며, 율동적·동시적·반복적인 운동 수행에 어려움이 발생한다(김진웅, 강군용과 배수찬, 2002). 이러한 특징은 파킨슨병 환자의 handwriting에서도 나타나는데 글씨를 쓰는 동안 속도의 저하와 함께 글자의 크기와 폭이 점진적으로 감소하는 경향을 보인다. 이를 임상적으로 '소자증(Micrographia)'이라고 한다(McLennan, Nakano, Tayle, & Schwab, 1972).

교신저자 : 이주현(hy100za@hanmail.net)

|| 접수일: 2014. 12. 8 || 심사일: 2014. 12. 15

|| 게재승인일: 2015. 1. 15

운동 완성증과 같은 현상은 대뇌 기저핵에서의 감각정보 통합의 제한으로 운동계획과 운동의 촉진에 어려움이 발생하는 것으로 알려져 있다. 이는 기저핵이 예측이 가능하고 반 의식화된 동작에 대해 내적단서의 발생과 동작에 대한 사전 계획에 관여하고 있기 때문이다(Sharpe, Cermak, & Sax, 1983). 최근에는 기저핵과 같은 중추신경계의 손상이 있어도 뇌의 자발적인 복구와 변화로 손상부위와 연관된 뇌 영역의 재조직화(reorganization)를 통해 운동기능의 회복이 가능하다는 주장이 제기되고 있다. 이를 뇌의 '신경가소성(neural plasticity)'에 의한 운동기능회복이라고 한다(Azari & Seitz, 2000). 하지만 신경 연결의 변화와 함께 손상된 영역의 기능을 회복하기 위해서는 다양한 운동경험을 수행하는 훈련이 필요하다(Hirsch & Farley, 2009; Petzinger et al., 2013). 이러한 반 영구적인 조직의 변화는 새로운 운동기술의 습득을 통한 움직임의 영구적인 변화를 유도하는 운동학습의 개념으로 설명이 가능하다. 임상가들은 운동학습이론(motor learning theory)을 기반으로 하여 기저핵 손상으로 인한 임상적 증상을 개선하는 중재법을 적용하고 있다(Rochester et al., 2005; Rochester et al., 2010).

파킨슨병 환자의 경우 움직임의 동기체계인 기저핵 기능의 저하로 운동학습에 있어 제한점을 갖게 된다(Nieuwboer, Rochesterb, Müncksa, & Swinnenc, 2009). 선행연구에서 파킨슨병 환자의 운동학습을 촉진하는 효율적인 전략으로 외적 단서(external cue)와 되먹임(feedback)의 사용에 관한 연구들이 진행되어왔다(Bryant, Rintala, Lai, & Protas, 2010; Ondo, & Satija, 2007; Teulings, Contreras-Vidal, Stelmach, & Adler, 2002). 이에 본 논문에서는 문헌적 고찰을 통하여 파킨슨병 환자의 hand-writing 기능 회복을 위한 운동학습 전략에 있어 외적 단서(external cueing)와 되먹임(feedback)의 효과를 알아보고 치료적인 시사점을 도출해보고자 한다.

II. 본 론

1. 파킨슨병과 소자증(micrographia)

파킨슨병(Parkinson's disease)이란 알츠하이머병(Alzheimer disease) 다음으로 가장 대표적인 퇴행성 중추신경계 질환으로 대뇌 흑질의 도파민성 신경세포의 소실이나 상대적 콜린 활성도 증가와 관련되어 발병하는 것으로 알려져 있다(Nackaerts et al., 2013). 주로 노인에서 발병하는 질환으로 연령이 증가할수록 연령대비 유병률이 높아져 미국의 경우 65세 이상 노인의 경우 약 1%, 80세 이상의 경우 약 3% 정도로 나타난다(이대희, 2005). 국내에서는 65세 이상 노령인구의 1%가 발병되고 있으며, 약 50만 명이 상이 있을 것으로 추정된다(송경애, 문정순, 이광수와 최동원, 2007).

영국인 의사 James Parkinson에 의해 1817년 세상에 처음 소개된 이후 파킨슨병의 발병과 관련된 흑질 세포의 변성과 흑질-선조체간의 도파민 결핍이 입증되면서 파킨슨병에 대한 치료법이 비약적으로 발전하게 되었다. 치료법은 크게 약물 요법 및 수술요법과 비약물적 보조 요법인 재활치료적 접근으로 구별된다. 현재 임상적으로 사용되는 대중적 치료 약물로는 레보도파(levodopa)제제, dopamine작용제(agonists), 항콜린제제 및 anantadine 등이 있다. 이런 약물 요법은 여러 증상을 다소 완화시키는 효과를 보이지만, 장시간 사용 시 위장의 전복, 망상, 환각, 졸음 및 인지기능장애 등의 부작용을 보이기도 한다(노진주, 2009). 따라서 파킨슨병에 의한 주증상은 약물치료와 함께 운동기능회복과 신체기능향상을 위한 재활치료적 접근이 동반되어야 한다.

재활치료 분야에서 다루어질 수 있는 운동기능장애 중 운동 완성증은 수의운동이 느려지는 것으로 동작의 속도, 범위, 그리고 폭이 감소하기 때문에 전형적으로 반응시간과 동작시간이 지연된다(윤기운과 김상범, 2010). 이로 인해 단추 잠그기, 글씨 쓰기와 같은 세밀한 작업 활동에 어려움을 일으키며 세수, 화장, 목욕, 식사, 옷 입기 등 다양한 일상생활에 제한을 갖게 된다.

이 중 handwriting에서 나타나는 임상적 특징을 소자증(micrographia)이라고 한다. 소자증은 파킨슨 병 환자에서 우성 손에 나타나는 운동 완서의 한 형태로 “쓰기과제를 수행하는 동안 글자 폭이 점진적으로 감소하는 현상이 주요하게 나타나는 소근육 운동의 손상”으로 정의한다. 즉 문장이 시작되는 부분의 글자는 어느 정도 정상 크기를 유지하지만 문장의 끝 부분으로 갈수록 점점 작아지는 경향을 말한다. 글씨 속도, 문장의 길이가 감소하고, 움직임의 형태가 불규칙적인 것이 특징이다. 소자증은 경직 또는 진전과는 별개로 나타나며 파킨슨병 환자의 5%에서 다른 증상을 보이기 전에 전구 증상으로 나타나고 있어 진단적인 의미를 가진다. 또한 파킨슨 병 환자의 63%, 75%가 소자증을 경험함을 보고하고 있어 파킨슨병의 주 증상이라 할 수 있다(Bryant et al., 2010; McLennan, et al., 1972; Wagle Shukla et al., 2012).

소자증을 비롯한 운동 완서증은 추체외로 운동 신경계의 중심인 기저핵이 비정상적으로 기능하기 때문으로 알려져 있다. 기저핵은 복잡한 신경회로처럼 연결된 많은 억제성 신경들이 감각운동 중추에 되먹임 작용(feedback)을 하여 운동기능을 조절하게 되는데 대뇌피질 전반과 시상에서 명령을 받아서 이를 조절하고 다시 되먹여 시상의 각 부분을 억제함으로써 신체 움직임의 수의적 조절에 관여를 한다(김진웅 등, 2002; Obesoa et al, 2000; Okihide, Yoriko, & Reiko, 2000). 따라서 기저핵이 제 기능을 하지 못하면 내적 운동단서가 결핍되어 동작개시의 어려움 및 한 동작에서 다른 동작으로의 전환에 있어 어려움이 야기된다.

또한 기저핵은 운동학습에도 관여를 하며(Grafman et al., 1992; Knowlton, Mangels, & Squire, 1996), 새로운 과제를 학습하는데 동기 부여적인 측면에 관여를 하는 것으로도 알려져 있다(Alexandea, DeLong, & Crutcher, 1992).

2. 파킨슨병 환자의 운동학습(motor learning)

운동학습은 움직임에 관한 습득에 있어 상대적으로

영구적인 변화를 유도하는 연습과 경험에 관한 일련의 처리과정으로(Leonard, 1998) 동기 부여나 약물 투여에 의한 일시적인 움직임의 변화를 의미하는 수행(performance)과는 개념적인 차이가 있다. 운동 학습은 특정 동작을 반복해서 경험했을 때 그 효과가 수분에서 수 시간 이상 지속되는 특징을 가지며 이는 인체 내 신경계의 처리과정의 변화가 야기되었음을 의미한다. 이런 학습 효과는 직접적인 측정이 불가능하기 때문에, 일정 시간 후 운동 기억의 보유(retention) 정도와 다른 과제로의 전이(transfer) 유무를 통한 파악이 가능하다(Nackaerts et al., 2013).

Doyon 등(2009)은 운동 학습을 훈련을 통해 움직임 요소들의 연속체로 처리되어 하나의 독립적 결과로 얻어지는 운동 순서 학습(motor sequence learning, MSL)과 대상자가 환경 변화에 적응하기 위해 필요한 운동적응(motor adaptation, MA) 두 가지 형태로 설명했다. 또한 정상적인 운동기술학습의 과정을 운동 기술을 습득하는 단계(acquisition phase), 자동 단계(autonomous phase), 전이와 보유 단계(transfer and retention phase)로 설명하였다. 기술 습득의 초기에는 MSL과 MA에 필요한 운동 기술의 습득을 위해 뇌 구조물들이 상호작용을 한다. 이때는 다양한 방법으로 여러 가지 시도를 하게 되어 수행 자체가 일관적이지 않고 많은 실수를 하게 된다. 이 단계에서는 학습 초기에 필요한 많은 지시(instruction)와 증가된 되먹임(argumented feedback) 등의 기법을 제공하는 것이 효과적이다. 뇌 이미징 기법을 이용한 연구에서도 운동 기술 습득을 위한 초기 단계에서 언어 및 인지적 속성에 의한 학습의 영향으로 전두엽, 측두엽, 두정엽의 언어 중추 부위 활성도의 향상이 보고되고 있다(Jenkins et al., 1994; Jueptner et al., 1997; Lacquaniti et al., 1997; van Mier, Perlmutter, & Petersen, 2004).

기술 습득의 연합과정에서는 MSL을 위한 cortico-striatal circuit이 활성화되고 더 이상 소뇌는 작동하지 않는다. 반면 MA를 위해서는 cortico-cerebellum system이 활성화되지만 선조체는 더 이상 작동되지 않는다. 이 단계에서는 수행 능력이

점차 증가하고 움직임은 더욱 일관적이게 된다. 과제에 대한 언어적 해석 보다는 특별한 패턴을 어떻게 잘 수행할 지에 집중하게 된다(Adams, 1971). 이 과정을 반복하게 되면 과제의 수행이 자동적으로 이루어지게 된다. 따라서 집중과 인지적 노력을 기울이지 않아도 되며 나아가 그 과제로부터 또 다른 정보를 받아들이고 처리할 수 있게 된다. 잘 학습된 운동 기술은 기저핵과 같은 선택된 뇌 영역에서만 활동할 수 있도록 전위되어 그 외의 영역에서 다른 활동을 수행할 수 있는 여건을 제공한다(Jenkins et al., 1994). 이 단계가 전이, 보유 단계이다.

운동학습에 영향을 미치는 여러 요인들 중 가장 많은 영향을 미치는 변수는 연습의 양(amount of practice)이다. 많은 연구들이 연습의 횟수와 직접적인 관련성을 보고하고 있으며, 많은 반복 학습이 운동학습에 더 효과적이라고 하였다(Higgins, 1991; Lee, Swanson, & Hall, 1991).

운동학습에 영향을 미치는 또 다른 변수는 되먹임(feedback)이다. 되먹임이란 특정 과제를 수행할 때, 동작의 정확도와 효율성에 대한 정보를 동작이 수행되는 동안이나 수행 전, 후에 수행자에게 제시되는 정보를 말한다. 되먹임은 수행의 결과에 대한 두 가지 측면의 정보를 제공하는데 결과에 대한 지식(knowledge of results; KR)과 수행에 대한 지식(knowledge of performance; KP)이다(Schmidt & Lee, 2011). 예를 들어 상지를 이용하여 물건을 옮기는 동안 KR은 물건을 옮기는데 소요된 시간에 대한 정보이고, 옮기기 위해 팔을 어느 정도 들어 올리는 지에 대한 정보가 KP가 된다.

일시적이고 공간적인 자극인 단서(cue)도 운동 학습에 영향을 미치는데 움직임의 개시를 촉진하고 지속할 수 있도록 돕는다. 되먹임과는 달리 단서는 움직임을 실행하려는 시점에 제공된다(Nieuwboer et al., 2009a).

파킨슨병 환자의 경우 기저핵의 손상으로 운동 개시의 제한과 학습된 운동기술에 대한 기억의 어려움이 있어 운동학습에 제한점은 있으나 많은 연구들이 그 효과를 검증하고자 하였다. 행동연구에서는 상지

사용 과제(upper limb task), 순차적인 자세변화 과제(postural sequence task), 일어서기(sit to stand), 단추 채우기(butteneering) 등 새로운 목표 지향적 과제들을 사용하여 운동학습훈련을 실시하였을 때 운동과제에 대한 학습이 짧은 시간이지만 유지되고 있음이 밝혀졌다.

또한 파킨슨병의 경우 움직임의 내적 동기체계인 기저핵이 손상된 반면 외적 움직임 조절을 담당하는 소뇌는 건재하기 때문에 되먹임이나 단서의 제공을 통한 수행의 향상을 보고한 연구들도 있다.

Ringenbach 등(2011)은 언어 단서(위/아래), 청각 단서(고음/저음), 시각 단서(목표 선)를 사용하여 단측(unimanual)과 양손(bimanual)의 drawing 과제 수행을 비교하였다. 파킨슨병 집단의 경우 양손 협응 과제에서 단서에 의한 수행의 향상을 보고하였으나, 시각 단서에 의한 향상은 보고되지 않았다.

Guadagnoli, Leis, Van Gemmert과 Stelmach (2002)의 연구에서는 목표한 시간동안 가능하면 정확하게 팔을 위치시키는 과제를 수행하는데 있어 100% 되먹임 정보를 받은 그룹이 20%를 받은 그룹보다 보유 검사에서 더 잘 보유되고 있음이 확인되었다.

반면 Onla-or 과 Winstein(2008)의 연구에서는 수행의 60% 수준의 되먹임 정보를 받은 그룹이 정상 그룹과 같은 운동 학습을 보였다. 이는 과도한 되먹임보다 제한된 되먹임이 내적 되먹임의 의존성을 낮춰 스스로 인지적 처리 과정을 수행하도록 촉진한다고 볼 수 있다.

이처럼 단서와 되먹임의 양과 빈도에 대해서 명확한 기준을 제시할 수는 없지만 과도한 되먹임 정보나 단서의 제공은 의존성을 높이고 학습 정보를 장기적으로 유지하고 다른 활동으로 전이시키는데 제한이 된다. 따라서 파킨슨병 환자의 자동적이고 자발적인 향상을 위해서는 점진적으로 되먹임과 단서를 줄여나가는 전략이 가장 적절하겠다.

3. Handwriting 기능 향상을 위한 전략

글씨쓰기 수행에 있어 시각적 조절이 미치는 영향

을 무시할 수 없으나, 글씨쓰기가 잘 학습된 고도의 자동적인 수행임에는 분명하다. 보행이나 글씨쓰기와 같이 자동적인 수행과 관련된 뇌 영역은 보조운동영역(supplementary motor area)이다. 그런데 파킨슨병 환자들에게서는 이 보조운동영역의 활성도가 저하되어있음이 보고되고 있다(Jenkins et al., 1994; Jueptner et al., 1997) 그러나 환자에게 시각적 또는 청각적 자극을 제시했을 때 환자의 주의를 집중되고 전운동피질(premotor cortex)이 활성화되면서 결과적으로 운동의 크기가 커져서 글자의 크기나 폭이 증가하는 것으로 밝혀졌다(Oliverira, Gurd, Nixon, Marshall, & Passingham, 1997).

선행연구를 통해 살펴본 파킨슨 환자의 handwriting 시 제공된 외적 단서(external cue)는 시각적, 청각(auditory)적, 언어(verbal)적 단서였다. Nieuwboer 등(2009b)은 문자의 크기에 대한 시각적 단서를 제시하기 위해 평행선을 제공한 후 쓰기를 할 때 상지의 움직임의 평가를 하였다. 그 결과 움직임의 폭과 시각 단서가 움직임의 폭에 영향을 미쳤고, 상지의 동결된 움직임(freezing movement)이 유발된 수도 감소되었음을 보고하였다. Bryant 등(2010)의 연구에서도 시각적 단서로 평행선과 격자선이 있는 종이에 쓰기와 자유 쓰기를 비교하여 실험한 결과 평행선과 격자선의 사용이 글자의 크기를 향상시켰다. 청각적 단서가 제시된 Swinnen 등(2000)의 연구에서는 metronome을 청각자극으로 사용하여 삼각형 따라 그리기를 평가하였는데 그 결과 속도와 공간구성능력의 향상을 보였다. 시각적, 언어적 또는 청각적 자극을 제공한 결과를 제시한 Oliverira 등(1997)의 연구에 의하면 파킨슨병 환자의 글씨 훈련 동안 시각적 단서(글자크기를 알 수 있게 제시된 점)와 청각적 단서("크게")를 사용하였더니 정상적인 글자폭을 유지하였으며, 단서 제공 후 짧은 시간이 지나서 단서 없이 자유쓰기 과제를 수행하는데도 유지가 되었음이 보고되었다. Ringenbach 등(2011)도 외적 단서인 청각(위로/아래로; 고음과 저음 톤)과 시각 단서(target line)가 제공되었을 때 drawing과제 수행에 있어 주시시간의 변동폭이 낮아졌고, 그림의 폭과 상대적 기

간의 다양성이 감소하였음이 보고되었다.

handwriting 시 제공된 외적 단서의 자극의 종류는 다양했지만, 피드백은 주로 시각적 자극을 통해 제시되었다. 시각적 피드백은 실제로 쓰고 있는 문자의 크기를 실제크기(real size)보다 크게 혹은 작게 변형하여 보여주는 방법과 회전하여 보여주는 방법으로 제공되었다. Fucetola & Smith(1997)과 Contreras-Vidal 등(2002)의 연구에서는 전자모니터에 글씨를 쓸 때 실제보다 크기를 각각 50%, 70% 축소, 100%, 140% 확대하여 보여주는 방식으로 시각적 피드백을 제공하였다. 그 결과 축소하는 시각적 피드백 이후 문자의 크기가 증가되었고, 확대하는 시각적 피드백에서는 문자의 크기가 감소되었음을 보고하였다. 반면에 Teulings 등(2002)의 연구에서는 실제크기에서 70% 축소, 140%로 확대한 시각적 피드백 제공한 결과에서는 축소하였을 때 감소하였고, 확대하였을 때 문자의 크기가 커졌음을 보고하였다. 문자를 회전하여 보여주는 시각적 피드백 방법으로 쓰기를 반복한 Leow, Loftus과 Hammond(2012)의 연구결과 파킨슨 환자의 쓰기 능력에서 초기 적응(initial adaptation)을 보였다.

III. 결론

이상으로 파킨슨병 환자의 운동 기능 향상을 위한 훈련 전략과 handwriting 시 사용 효과들을 살펴보았다. 기존의 많은 연구들이 파킨슨병 환자의 일반적인 운동 학습에서 연구 성과를 얻었으며 특히 외적 단서와 감각적 되먹임의 효과를 밝히고자 노력해왔다. 특히 파킨슨병은 운동실행의 어려움을 야기하는 기저핵의 손상과 관련되었기 때문에 이를 고려한 과제의 적용과 전략의 사용으로 운동 학습에 미치는 효과와 보유정도를 연구하는 문헌들이 많았다. 새로운 목표지향 과제의 사용, 언어적 청각적 단서제공과 적절한 정도의 피드백이 제공되었을 때 운동학습에 효과를 보였다.

또한 파킨슨병 환자의 대표적 임상 증상의 한 형태로 나타난 소자증의 회복을 위한 단서와 되먹임의 효

과를 소개한 문헌들도 살펴보았다. 그동안 hand-writing과 같은 자동적 운동 기술의 재학습의 효율성에 대한 많은 논의들이 있었으나, 시각적, 청각(auditory)적, 언어(verbal)적 단서의 적용이 글자의 크기를 확대시키는 결과를 얻었으며 글자크기에 대한 왜곡된 피드백을 적용하였을 때도 글자쓰기에서의 변화를 유발할 수 있었다.

그러나 본고에서 살핀 운동학습의 전략적 방법은 단서와 피드백으로 제한되었고 문헌고찰에서도 단서와 피드백의 제공 후 즉각적인 변화에만 집중되어 있었고, 짧은 기간의 보유정도를 확인하는 내용이 많았다. 그리고 연구방법에 따라 전략적 방법의 사용이 달라 효과에 대한 상이한 결론을 얻기도 했다. 따라서 다른 학습전략의 내용들을 고찰해볼 필요가 있으며 학습전략의 사용 시 장기적인 변화를 고려한 접근들과 함께 학습의 내용에 따른 최적의 전략방법과 그 내용을 정리하기위한 도전이 필요할 것으로 생각된다.

파킨슨병은 도파민을 생성하는 흑질 세포의 변성으로 인해 운동, 인지, 감정 등에서 다양한 형태의 임상 증상들이 나타나 결국 이로 인해 삶의 질을 저하시키는 대표적인 퇴행성 뇌 질환이다. 의학기술의 발달과 여러 사회 보장의 확대로 노인인구의 수가 급속히 늘어나고 있으며 이는 파킨슨병과 같은 퇴행성 뇌질환이 증가를 의미하기도 한다. 그러므로 임상에서도 파킨슨병에 대한 운동학습을 위한 전략으로 단서와 피드백의 효과를 고려할 필요가 있으며 치료효과와 극대화를 위한 매개로 적용하는 것에 큰 의미가 있을 것으로 생각된다.

References

- 김진웅, 강군용, 배수찬(2002). 파킨슨 질환에 대한 문헌적 고찰. *대한정형물리치료학회지*, 8(2), 73-87.
- 노진주. (2009). 파킨슨병 환자의 L-dopa 약물 복용에 따른 양팔협응 운동과제 수행의 차이에 대한 연구(석사학위논문). 고려대학교, 서울.
- 송경애, 문정순, 이광수, 최동원(2007). 파킨슨병 자기관리프로그램의 효과. *대한간호학회지*, 37(6), 891-901.
- 윤기운, 김상범(2010). 파킨슨 환자의 손상된 운동기능 회복을 위한 암묵적 운동학습 전략. *한국체육학회지*, 49(6), 197-210.
- 이대희(역)(2005). 파킨슨병이란 무엇인가. 서울, 한국: 범문사.
- Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*, 3(2), 111-149. doi:10.1080/00222895.1971.10734898
- Alexander, G. E., DeLong, M. R., & Crutcher, M. D. (1992). Do cortical and basal ganglionic motor areas use "motor programs" to control movement? *Behavioral and Brain Sciences*, 15(S4), 656-665. doi:10.1017/S0140525X00072575
- Azari, N. P. & Seitz, R. J. (2000). Brain plasticity and recovery from stroke. *American Scientist*, 88(5), 426-431.
- Bryant, M. S., Rintala, D. H., Lai, E. C. & Protas, E. J. (2010). An investigation of two interventions for micrographia in individuals with Parkinson's disease. *Clinical Rehabilitation*, 16, 1-6. doi:10.1177/0269215510371420
- Contreras-Vidal, J. R., Teulings, H. L., Stelmach, G. E., & Adler, C. H. (2002). Adaptation to changes in vertical display gain during handwriting in Parkinson's disease patients, elderly and young controls. *Parkinsonism and Related Disorders*, 9(2), 77-84. doi:10.1016/S1353-8020(02)00013-5
- Doyon, J., Bellec, P., Amsel, R., Penhune, V., Monchi, O., Carrier, J., Leh ricy, S., & Benali, H. (2009). Contributions of the basal ganglia and functionally related brain structures to motor learning. *Behavioural Brain Research*, 199(1), 61-75. doi:10.1016/j.bbr.2008.11.012
- Fucetola, R., & Smith, M. C. (1997). Distorted

- visual feedback effects on drawing in Parkinson's disease. *Acta Psychologica*, *95*(3), 255–66. doi:10.1016/S0001-6918(96)00043-1
- Grafman, J., Litvan, I., Massaquoi, S., Stewart, M., Sirigu, A., & Hallett, M. (1992). Cognitive planning deficit in patients with cerebellar atrophy. *Neurology*, *42*(8), 1493–1496. doi: 10.1212/WNL.42.8.1493
- Guadagnoli, M. A., Leis, B., Van Gemmert, A., W., & Stelmach, G. E. (2002). The relationship between knowledge of results and motor learning in Parkinsonian patients. *Parkinsonism & Related Disorders*, *9*(2), 89–95. doi:10.1016/S1353-8020(02)00007-X
- Higgins, S. (1991). Motor skill acquisition. *Physical Therapy*, *71*(2), 123–139.
- Hirsch, M. A. & Farley, B. G. (2009). Exercise and neuroplasticity in persons living with Parkinson's disease. *European journal of physical and Rehabilitation Medicine*, *45*(2), 215–229.
- Jueptner, M., Stephan, K. M., Frith, C. D., Brooks, D. J., Frackowiak, R. S., & Passingham, R. E. (1997). Anatomy of motor learning. I. frontal cortex and attention to action. *Journal of neurophysiology*, *77*(3), 1313–1324.
- Jenkins, I. H., Brooks, D. J., Nixon, P. D., Frackowiak, R. S., & Passingham, R. E. (1994). Motor sequence learning: a study with positron emission tomography. *The Journal of neuroscience*, *14*(6), 3775–3790.
- Knowlton, B. J., Mangels, J. A., & Squire, L. R. (1996). A neostriatal habit learning system in humans. *Science*, *273*(5280), 1399–1402. doi:10.1126/science.273.5280.1399
- Lacquaniti, F., Perani, D., Guigon, E., Bettinardi, V., Carrozzo, M., Grassi, F., & Fazio, F. (1997). Visuomotor Transformations for reaching to memorized targets: a PET study. *NeuroImage*, *5*(2), 129–146. doi:10.1006/nimg.1996.0254
- Lee, T. D., Swanson, L. R., & Hall, A. L. (1991). What is repeated in a repetition? Effects of practice conditions on motor skill acquisition. *Physical Therapy*, *71*(2), 150–156.
- Leonard, C. T. (1998). *The neuroscience of human movement*. St. Louis: Mosby.
- Leow, L. A., Loftus, A. M., & Hammond, G. R. (2012). Impaired savings despite intact initial learning of motor adaptation in Parkinson's disease. *Experimentation Brain Research*, *218*(2), 295–304. doi:10.1007/s00221-012-3060-5
- McLennan, J. E., Nakano, K., Tyler, H. R., & Schwab, R. S. (1972). Micrographia in Parkinson's disease. *Journal of Neurological Sciences*, *15*(2), 141–52. doi:10.1016/0022-510X(72)90002-0
- Nackaertsa, E., Griet Vervoorta, G., Heremansa, E., Smits-Engelsmanb, B. C.M., Swinnenb, S. P. & Nieuwboera, A. (2013). Relearning of writing skills in Parkinson's disease: A literature review on influential factors and optimal strategies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *37*(3), 349–357. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.01.015
- Nieuwboer, A., Rochesterb, L., M ncksa, L. & Swinnenc, S. P. (2009). Motor learning in Parkinson's disease: limitations and potential for rehabilitation. *Parkinsonism & Related Disorders*, *15*(3), S53–S58. doi:10.1016/S1353-8020(09)70781-3
- Nieuwboer, A., Vercruysee, S., Feys, P., Levin, O., Spildooren, J. & Swinnen, S. (2009). Upper limb movement interruptions are correlated to freezing of gait in Parkinson's disease. *European Journal of Neuroscience*, *29*(7), 1422–1430. doi:10.1111/j.1460-9568.2009.

- Okihide, H., Yoriko, T., & Reiko, K. (2000). Role of basal ganglia in the control of purposive saccadic eye movement. *Physiological Review*, *80*(2), 953–978.
- Oliveira, R. M., Gurd, J. M., Nixon, P., Marshall, J. C., & Passingham, R. E. (1997). Micrographia in Parkinson's disease: the effect of providing external cues. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *63*(4), 429–433. doi:10.1136/jnmp.63.4.429
- Ondo, W. G. & Satija, P. (2007). Withdrawal of visual feedback improves micrographia in Parkinson's disease. *Movement Disorders*, *22*(14), 2130–2131. doi:10.1002/mds.21733
- Onla-or, S., & Winstein, C. J. (2008). Determining the optimal challenge point for motor skill learning in adults with moderately severe Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *22*(4), 385–395. doi: 10.1177/1545968307313508
- Obeso, J. A., Rodriguez-Oroza, M. C., Rodriguezb, M., Lanciegoa, J. L., Artiedaa, J., Gonzaloa, N., & Olanowc, C. W. (2000). Pathophysiology of the basal ganglia in Parkinson's disease. *Trends in Neurosciences*, *23*(1), S8–S19. doi:10.1016/S1471–1931(00)00028–8
- Petzinger, G. M., Fisher, B. E., McEwen, S., Beeler, J. A., Walsh, J. P. & Jakowec, M. W. (2013). Exercise-enhanced neuroplasticity targeting motor and cognitive circuitry in Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, *12*(7), 716–726. doi:10.1016/S1474–4422(13)70123–6
- Ringenbach, S. D., van Gemmert, A. W., Shill, H. A., & Stelmach, G. E. (2011). Auditory instructional cues benefit unimanual and bimanual drawing in Parkinson's disease patients. *Human Movement Science*, *30*(4), 770–782. doi:10.1016/j.humov.2010.08.018
- Rochester, L., Bakerb, K., Hetheringtonb, V., Jonesb, D., Willemsc, A. M., Kwakkeld, G., Wegend, E. V., Limd, I. & Nieuwboerc, A. (2010). Evidence for motor learning in Parkinson's disease: Acquisition, automaticity and retention of cued gait performance after training with external rhythmical cues. *Brain Research*, *1319*(10), 103–111. doi:10.1016/j.brainres.2010.01.001
- Rochester, L., Hetherington, V., Jones, D., Nieuwboer, A., Willems, AM., Kwakkel, G. & Wegen, E. V. (2005). The Effect of External Rhythmic Cues (Auditory and Visual) on Walking During a Functional Task in Homes of People With Parkinson's Disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *86*(5), 999–1006. doi:10.1016/j.apmr.2004.10.040
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: a behavioral emphasis*(5). Champaign: Human Kinetics.
- Sharpe, M. H., Cermak, S. A. & Sax, D. S. (1983) Motor planning in parkinson patients. *Neuropsychologia*, *21*(5), 455–462. doi:10.1016/0028–3932(83)90002–7
- Swinnen, S. P., Steyvers, M., Van Den Bergh, L., & Stelmach, G. E. (2000). Motor learning and Parkinson's disease: refinement of within-limb and between-limb coordination as a result of practice. *Behavioural Brain Research*, *111*(1–2), 45–59. doi:10.1016/S0166–4328(00)00144–3
- Teulings, H. L., Contreras-Vidal, J. L., Stelmach, G. E., & Adler, C. H. (2002). Adaptation of handwriting size under distorted visual feedback in Parkinson's disease patients, elderly controls and young controls. *Journal*

of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry,
72(3), 315–324. doi:10.1136/jnnp.72.3.315

van Mier, H. I., Perlmuter, J. S., & Petersen,
S. E. (2004). Functional changes in brain
activity during acquisition and practice of
movement sequences. *Motor Control*, 8(4),
500–520.

Wagle Shukla, A., Ounpraseuth, S., Okun, M.
S., Gray, V., Schwankhaus, J. & Metzer, W.
S. (2012). Micrographia and related deficits
in Parkinson's disease: a cross-sectional
study. *BMJ*, 2(3). doi: 10.1136/bmjopen-
2011-000628

Abstract

A Review of the motor learning stratige to improve handwriting function in Parkinson's disease

Yoo, Yeon-Hwan*, B.H.Sc., O.T., Park, Jin-Hyuck*, M.P.H., O.T., Lee, Joo-Hyun*, M.S., O.T.
*Dept. of Occupational Therapy, The Graduate School, Yonsei University

Objective : The purpose of the study is to propose the treatment methods for problem of hand-writing, micrographia in Parkinson's disease.

Methods : For this purpose, foreign literatures on the subjects with Parkinson's disease was researched.

Results : The results of this review is summarized as follows. The treatment methods for micrographia were applied to external cue and feedback among motor learning strategies in order to improve motor initiation. The external cues included visual, auditory, and verbal stimulations, and feedback strategy was visual stimulation. For writing with external cue or visual feedback, result in expanding the size of the letters in addition, writing task performance is maintained for a short period without those.

Conclusion : Further studies are needed to examine the strategy maintained effect for long periods.

Key words : Parkinson's disease, Motor learning, Handwriting, Micrographia, External cue, Feedback