

호두를 이용한 손 운동이 대뇌 피질의 활성화에 미치는 영향

장성호*, 박승규**, 김재원***, 김오룡****, 양동석*, 권용현*****

*영남대학교 의과대학 재활의학교실

**조선대학교 의과대학 신경외과학교실 및 정읍박병원

***귀족호도박물관

****영남대학교 의과대학 신경외과학교실

*****대구대학교 대학원 재활과학과

국문초록

목적 : 전통적으로 잘 알려진 호두를 이용한 손 운동이 대뇌 피질에서 활성화되는 정도와 부위를 분석하여, 손의 운동 기능과 관련된 뇌 부위를 자극할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

연구방법 : 정상 성인 12명을 대상으로 호두 돌리기, 나무구슬 돌리기, 맨손 운동과 같은 손의 숙련된 조작이 요구되는 세 가지 운동을 하는 동안 기능적 자기공명영상촬영을 통해 대뇌피질의 활성화되는 부위와 정도를 비교하였다.

결과 : 개별적으로 활성화된 영상을 집단으로 합산한 결과, 손 운동에 주로 관련된 일차운동감각영역, 전운동영역, 보조운동영역에서 활성화를 보였으며, 관심 영역내 총 활성화된 정도가 호두 돌리기에서 가장 높았고, 나무구슬 돌리기, 맨손 운동 순으로 나타났다.

결론 : 호두 돌리기는 뇌에 많은 감각적 자극을 제공하고, 손안에서 이루어지는 복잡하고 숙련된 동작의 수행으로 대뇌 피질의 다양한 운동 관련 부위를 활성화하고, 그 활성화되는 정도도 높은 것으로 나타났다. 따라서 호두 돌리기는 손의 감각운동기능과 관련된 뇌기능을 활성화시키는 효과가 있을 것으로 추정된다.

주제어 : 기능적 자기공명영상, 뇌활성화, 손 운동

I. 서론

우리는 상지의 움직임을 통해 여러 가지 도구를 사용하여 일상생활동작을 수행하고 있다. 상지의 움직임은 뻗기(reach), 잡기(grasp), 조작(manipulation), 이동(carry), 자발적인 손 펴기(release)로 구성되어 있다(Case-Smith, 2001). 그 중 조작을 포함한 손의 움직임은 다양한 형태의 운동을 할 수 있으며, 가장 정확한 동작을 수행할 수 있는 부분일 뿐 아니라, 사물의 재질, 무게 및 견고성 등을 지각하는 기능을 함께 가지고 있다.

또한 작업의 대부분이 손을 이용하여 이루어지고 있으며, 작업의 수행도를 결정짓는 가장 중요한 신체 부위로 인식된다(양재우, 1999).

이러한 기능을 수행하기 위한 뇌의 역할을 살펴보면, 손의 운동 및 감각영역은 대뇌의 운동감각피질에서 차지하는 영역이 신체의 각 부위 중 가장 큰 부위를 차지하고 있고, 많은 신경 세포들의 기능적 역할과 다양한 영역의 활성화를 통해 수행된다. 정확한 체성감각의 입력과 조절된 운동 수행은 섬세하고 숙련된 움직임의 조절과 학습에 필수적이다(Gentilucci, Toni, Daprati, &

Gangitano, 1997; Rabin & Gordon, 2004; Rossi, Pasqualetti, Tecchio, Sabato, & Rossini, 1998; Salinas & Abbott, 1995; Yao, Yamamura, Narita, Murray, Sessle, 2002). 예로, 고유수용성 감각과 접촉 감각의 입력은 운동 조절의 정제를 위해 또는 공간 내에서 몸의 한 부분의 위치를 모니터링하는데 중요한 역할을 한다 (Farrer, Franck, Paillard, & Jeannerod, 2003; Gentilucci et al., 1997; Pavlides, Miyashita, & Asanuma, 1993; Rabin and Gordon, 2004; Xerri, Benelhadj, & Harlay, 2004). 또한, Winstein, Grafton, & Pohl(1997)은 양전자 단층촬영(positron emission tomography)을 이용한 실험을 통해 수행하는 과제의 복잡함이 증가할수록 양측 뇌 반구의 기여도가 증가할 뿐만 아니라, 반대쪽 전운동영역, 보조운동영역, 기저핵, 소뇌 등에서 대뇌피질의 활성화도가 증가한다고 보고하였다. 이러한 연구 결과가 의미하는 것은 복잡한 과제의 수행은 운동과 관련된 뇌부위를 최대한 자극한다는 것이다. 따라서 체성감각의 자극과 함께 수행되는 복잡한 운동 과제는 뇌손상을 가진 환자에 있어 운동 능력에 영향을 줌으로써 신경 재활에 결정적인 역할을 하는 것으로 인식되어 있다(Conforto, Kaelin-Lang, & Cohen, 2002; Hamdy, Rothwell, Aziz, Singh, & Thompson, 1998; Johansson, Lindgren, Widner, Wiklund, & Johansson, 1993; Powell, Pandyan, Granat, Cameron, & Stott, 1999; Wong, Su, Tang, Cheng, & Liaw, 1999).

최근 뇌신경 세포의 가소성에 관한 연구들에서 증명된 바와 같이, 뇌신경 세포의 기능회복에 좋은 환경이 조성되면 신경세포 자체의 기능과 상호조작망의 발달도 촉진시켜 주며, 반대로 좋지 못한 환경에서는 신경세포가 기능을 잃게 되고 그 상태에서는 뇌 기능의 악화를 가져올 수 있다는 것이다(채경주과 김신영, 2002). 이러한 개념을 토대로 뇌손상 환자를 뿐만 아니라 노인을 비롯한 일반인을 위한 운동 프로그램은 뇌반구의 다양한 영역을 활성화시키고, 많은 뇌신경 세포들을 자극하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 이러한 과제로 대표적인 것이 한국에서는 호두, 중국에서는 철구를 돌리면서 치매 예방에 효과가 있다고 전해 내려오는 관습이다. 이러한 영향으로 과거의 많은 한국 노인들이 호두를 소지하고 다니면서 돌리는 습관을 갖고 있었다. 특히 손 운동용 호두로는 전남 장흥의 귀족호두가 명품으로 인정받

고 있다.

따라서 본 연구에서는 귀족호두를 이용하여 손 운동을 하였을 때 기능적 자기공명영상(functional MRI)에서의 뇌활성화 양상을 같은 크기의 나무구슬을 이용한 운동, 단순한 맨손 운동에 의한 뇌활성화 양상과 비교하여 귀족호두를 이용한 손 운동이 대뇌 피질에서 활성화되는 정도와 부위를 분석하여, 손의 운동 기능과 관련된 뇌부위를 자극할 수 있는지를 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

연구 대상자는 신경학적 이상소견이 없고, Edinburgh Handedness Inventory를 사용한 검사에서 우성인 손이 오른쪽으로 판명된 12명의 정상 성인을 대상으로 하였다 (Oldfield, 1971). 대상자의 선별에 있어 피아노 연주나 타자 등과 같이 손을 전문적으로 사용하는 직업을 가진 자는 제외하였고, 실험에 참가하기 전 연구 목적과 방법에 대하여 연구 대상자에게 충분히 설명하고 자발적 동의를 구한 후 연구에 참여하였다.

2. 실험방법

1) 과제의 수행

기능적 자기공명 실험은 21초 동안의 휴식기와 같은 시간의 자극기가 3번 되풀이 되는 블록 패러다임으로 고안하였다. 실험이 진행되는 동안 각 연구대상자들의 움직임을 최소화하기 위하여 특수 제작된 몸통 고정틀에 의하여 피실험자의 몸통을 스캐너의 침상에 단단히 고정시켰고, 머리를 접착 테이프로 실험에 방해가 되지 않는 범위 내에서 단단히 고정시켰으며, 눈가리개를 이용하여 눈을 가렸다. 수행된 운동 과제는 총 세 가지로 귀족호두 굴리기, 나무구슬 굴리기, 손을 쥐고 펴는 단순한 맨손 운동이었다. 나무구슬은 지름이 2.5cm인 향나무로 만들었고, 귀족호두는 나무구슬의 크기와 같은 것을 사용하였다. 실험 당시 운동의 순서는 연구대상자에 따라 여섯 가지의 경우의 순서를 각각 적용하였고, 운동의 횟수는 1Hz의 빈도로 실시하였다. 각 과제는 3분 이상의 간격을 두고 시행하였으며, 실험 전 대상자가 각각의 운동

방법을 충분히 이해할 수 있도록 설명하였고, 각각 3분 동안의 연습기간을 제공하였다.

2) 기능적 자기공명영상 분석

기능적 자기공명영상은 1.5T MR scanner(Vision, Siemens, Germany)에서 두부코일을 사용하여 single-shot Echo Planar Imaging(EPI)으로 Blood Oxygen Level-Dependent(BOLD) 기법을 적용하였다. 각 연구 대상자의 오른쪽 손을 대상으로 위에서 언급한 세 가지 운동을 수행하는 동안, 한 개의 뇌 볼륨 당 20장의 뇌 절편을 얻었고, 각각 65volume씩의 영상을 획득하였다. 기능적 자기공명영상의 촬영 변수는 TR(time of repeat)이 1050ms, TE(time of echo)는 60ms이었으며, Flip angle은 90°, Field of View(FOV)는 210mm이었다. 매트릭스 크기는 64×64, 뇌 절편 당 두께는 5mm이었다. 기능적 자기공명영상촬영 후에는 T1 영상을 전교련과 후교련(anterior commissure-posterior commissure) 연결선에 평행하게 수평면(transverse plane)으로 20장의 뇌 절편을 얻었다. T1에 대한 자기공명영상의 촬영 변수는 TR이 940ms, TE가 15ms이었으며, 나머지 조건은 기능적 자기공명영상 촬영의 변수와 같았다. 얻어진 기능적 자기공명 영상 중에서 volume 내의 수소원자핵의 수직자화가 안정적인 부분포화에 도달하기 전에 얻어지는 영상의 영향을 제거하기 위하여 처음 5volume은 분석에서 제외하였다. 얻어진 자료는 MATLAB(Mathworks, Inc., USA) 환경에서 구현되는 SPM99(Statistical Parametric Mapping 99 version, Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK) 소프트웨어로 분석하였다. SPM 프로그램을 이용하여 머리의 움직임을 보정하기 위한 재배열(realign)을 하였으며 각 피험자의 T1 MRI 영상에 재배열 절차에서 생성된 mean-image와 EPI 영상을 상관정렬(coregister) 하였다. 또한, 각 개인이 뇌 형태적 차이를 교정하기 위하여 표준화된 뇌공간에 template image(Montreal Neurologic Institute)를 사용하여 정상화하였고, smoothing은 8mm isotropic Gaussian Kernel을 사용하였다.

이렇게 처리된 결과를 바탕으로 BOLD 신호의 변화를 얻기 위하여 실험조건과 비교조건을 감산(subtraction)하였다. 모델의 구성시 저주파 잡음(noise)은 high-pass filter를 이용하여 제거하였으며, 조건들의 반복제시에 의

한 hrf의 효과는 SPM99이 제시하는 주파수의 low-pass filter로 제거하였다. 이렇게 구성된 모델과 영상 처리된 결과는 ANCOVA를 이용하여 분석하였으며, 뇌 전체 영역에서 나타나는 활성의 변화는 조건들간의 부피소(voxel) 대 부피소를 짝비교-t 검정으로 분석하였다. 본 연구의 집단 결과 분석은 고정효과모델(fixed effect model)을 이용하여 통계 역치를 부피소 수준에서 정하였으며 높이역치(height threshold)를 corrected p 값이 0.05보다 낮은 수준에서, 범위역치(extent threshold)는 부피소 5개를 기준으로 활성 지도를 얻었다. 이는 생리학적으로 유의미한 결과를 적어도 유의미한 부피소가 5개 이상 있을 경우 활성이 된 것으로 가정하고 통계적 유의성을 검증한 것으로, 각 활성의 p 값은 부피소의 높이역치(height threshold)와 범위역치(extent threshold)의 상호작용에 의하여 SPM99에 의하여 계산되었다. 활성화된 뇌 영역은 공간적 정상화(spatial normalization) 후 개별적 활성화 지도를 집단으로 합산(grouping)하였다. 관심영역(region of interest)을 일차 감각운동피질(primary sensory-motor cortex, SM1), 전운동영역(premotor area), 보조운동영역(supplementary motor area, SMA)으로 설정하여 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 남자는 8명, 여자 4명이었고, 평균 나이는 33.3(±5.67)세, 범위는 27~44세이었다. 자기공명영상장치에서 획득된 자료를 개별적으로 활성화된 영상을 집단으로 합산하여 그림 1과 같은 영상을 획득하였다. 관심 영역 내에서 활성화된 총 부피소는 호두 운동에서 2709, 나무구슬 운동에서 2594, 맨손 운동에서 2582로 호두 운동에서 가장 많은 활성도를 보였다(그림 2). 각 영역별 활성도 분석에서 반대쪽 일차운동감각영역(C-SM1), 전운동영역(C-PM) 및 동측 전운동영역(I-PM)의 활성도는 호두 운동이 가장 높았고, 나무구슬과 맨손 운동 순으로 높은 활성도를 보였다. 동측 일차운동감각영역(I-SM1)에서는 맨손 운동이 가장 높았고, 나무구슬 및 호두 운동 순으로 높은 활성도를 보였으며, 보조운동영역에서는 나무구슬이 가장 높았고, 호두 및 맨손 운동 순으로 높은 활성도를 보였다. 따라서 운동과 관련된 대뇌 피질의 총 활성도가 호

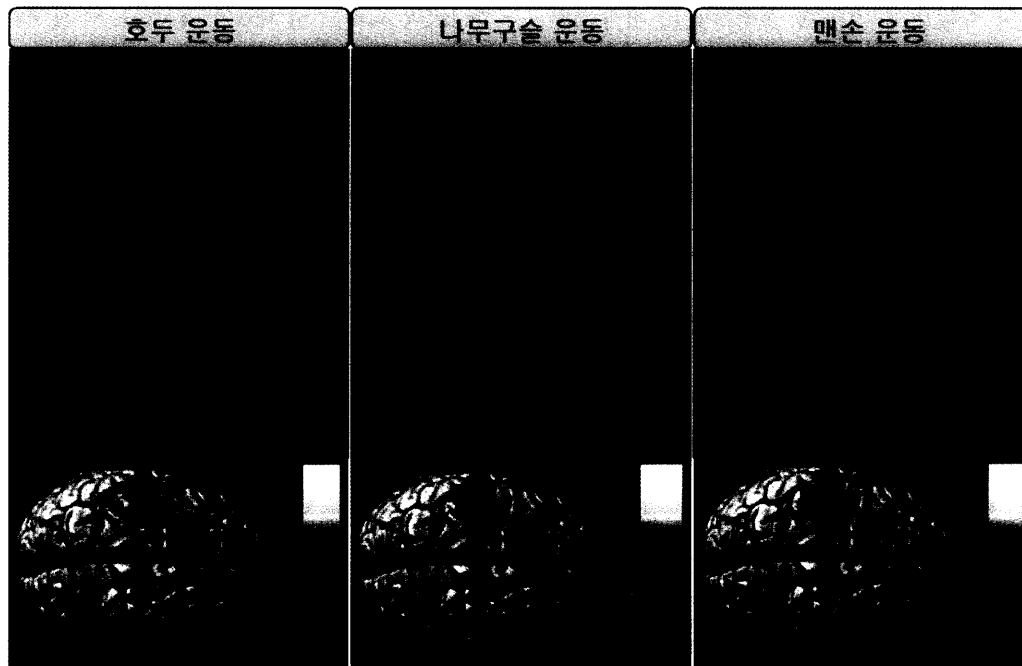


그림 1. 세 가지 종류의 손 운동에 따른 뇌활성도

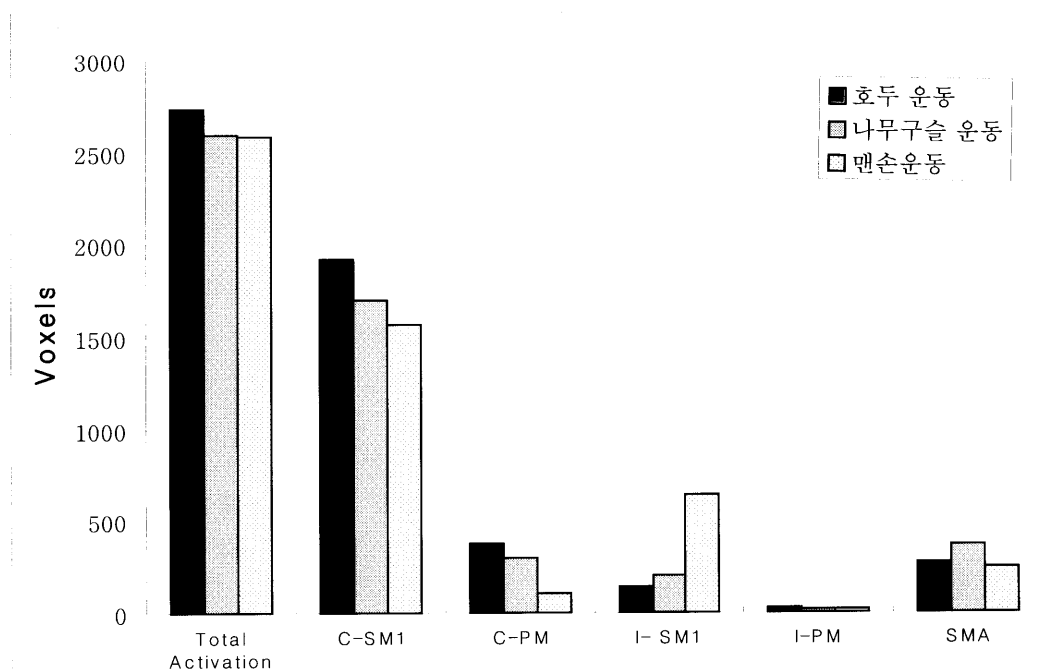


그림 2. 각 운동별 관심 영역 내의 뇌활성화 정도(부피소) 비교

Total activation : 관심영역 내에서 활성화된 총 부피소

C-SM1 : 반대쪽 일차운동감각영역 (contralateral sensorimotor area)

C-PM : 반대쪽 전운동영역 (contralateral premotor area)

I-SM1 : 동측 일차운동감각영역 (Ipsilateral sensorimotor area)

I-PM : 동측 전운동영역 (Ipsilateral premotor area)

SMA : 보조운동영역 (supplementary motor area)

두 운동에서 가장 높은 것으로 나타났고, 특히 반대쪽 일차운동감각영역 및 전운동영역과 같은 손의 운동과 감각에 직접적으로 관여하는 대뇌 피질의 영역에서 높은 활성도를 보였다.

IV. 고찰

호두 돌리기는 우리나라에서 전통적으로 널리 알려진 손 운동 방법 중 하나로, 호두는 구하기가 쉽고 장기간 변질되지 않는 장점과 함께 견고한 외형과 손안에 쥐기가 용이한 크기의 작물이다. 더구나 호두 속 안의 내용물이 사람의 뇌구조와 비슷하다고 하여 식용으로서의 섭취와 손 운동용으로 사용하는 것이 뇌기능에 효과적인 영향을 미칠 것으로 인식되어 왔다. 따라서 본 연구는 기능적 자기공명영상장치를 사용하여 호두 및 나무구슬 돌리기와 맨손 운동이 대뇌피질에 미치는 영향과 차이를 알아보려고 하였다. 그 결과, 호두 돌리기가 다른 운동 방법에 비해 관심영역 전체 영역의 총 활성도가 가장 높은 것으로 나타났고, 특히 반대쪽 일차운동감각영역과 전운동영역 및 반대쪽 전운동영역에서 높은 활성도가 나타났다. 보조운동영역 및 동측 일차운동영역에서는 상대적으로 낮은 활성도를 보였다.

본 실험에서 관심영역으로 지정한 일차운동감각영역, 전운동영역, 보조운동영역은 손의 움직임에 직접적으로 관여하는 것으로 잘 알려진 영역이다. 손의 운동조절에 대한 서로 다른 뇌의 관할 구역은 대체로 두 군으로 나누어지는데, 하나는 전운동센터(premotor center)로 간주되어 운동의 계획에 관여하고, 둘째는 운동 명령을 운동 신경세포로 전달하는데 관여하고 있다(Rodriguez, Muniz, Gonzalez, & Sabate, 2004; Rouiller, Moret, & Liang, 1993; Tanji, 1994; Yamamoto, Samejima, & Oka, 1990). 대뇌 피질내의 전운동센터는 보조운동영역(supplementary motor area), 띠이고랑 운동영역(cingulate motor area), 전운동영역(premotor area)을 포함하고, 피질하에서는 선조체, 소뇌, 운동에 관여하는 시상으로 구분되고, 이러한 구조에서 계획된 명령은 일차운동영역으로 전달되어 손의 운동 조절이 이루어진다. 먼저 일차운동감각영역은 움직임에 가장 먼저 직접적으로 관여하는 부위로서, 운동 영역의 세포들은 운동의 시작과 더불어 운동이 진행되는 동안 활성화되며, 감각 영

역은 운동의 시작 후 활성화되어 움직임에 의해 발생하는 감각 되먹임을 제공하게 된다(Evarts, 1966; Porter & Lemon, 1993; Rothwell, 1994). 또한, 단일 관절(single joint)을 독립적으로 움직이는 분절된 움직임(fractionated movement)에 필수적인 역할을 하며, 여러 관절을 복합적으로 조절하거나 복잡한 움직임의 조절에도 중요하게 관여하는 것으로 알려져 있다(Bennett & Lemon, 1996; Porter & Lemon, 1993). 전운동 영역은 일부의 피질척수로를 포함하고 있어 손의 움직임에 관여하고 있고, 목적 있는 움직임의 계획이나 체성감각의 입력에 수반되는 움직임에 중요한 역할을 하며, 보조운동 영역은 이미 기억화된 움직임의 패턴이나 연속적인 움직임을 요구하는 과제를 수행할 때 활성화된다(Leonard, 1998). 또한 전운동 영역은 체성감각이나 시각과 같은 말초 구심성 감각의 지속적인 되먹임을 바탕으로 한 움직임에 관여하나, 보조운동 영역은 내적으로 유발되는 연속적인 움직임에 결정적인 역할을 한다(Leonard, 1998). 전운동 영역과 보조운동영역의 활성화는 일반적으로 단순한 손 운동시에는 나타나지 않은 영역으로서, 복잡한 운동 과제를 수행할 때 활성화되고, 일차운동감각영역의 높은 활성화의 증가는 많은 양과 높은 강도의 감각 자극이 주어졌을 때나, 고도로 분절화된 동작이나 복잡한 동작의 수행시 활성화되는 영역이다(Jang et al., 2005; Verstynen et al., 2005).

호두 돌리기에서 나타난 운동 관련 영역의 높은 활성화는 풍부한 감각 자극과 더불어 손에서의 수행된 조작(manipulation)의 복잡하고 연속적인 동작(complex and sequence movement)의 결과 때문으로 추정된다. 호두와 나무구슬 돌리기는 손 안에서 물건을 조작하는 동작으로 구성되어 있다. 손 안에서의 조작 능력(in-hand manipulation)은 손가락에서 손바닥으로 물체를 이동하는 것(finger to palm), 손바닥에서 손가락으로 물체를 이동하는 것(palm to finger), 이동(shift), 단순히 돌리기(simple rotation) 및 복잡하게 돌리기(complex rotation)와 같은 기본적으로 다섯 가지 형태의 동작으로 구분된다(Exner, 1992). 손안에서 일어나는 모든 숙련된 움직임은 손바닥의 아치를 조절하는 것이 필수적이며, 작은 물체의 조작은 힘의 벡터에 대한 크기와 방향의 시공간적 요소에 관련하여 물체에 적용되는 힘의 정교한 조작을 요구한다(Forssberg, 1999). 호두 및 나무 구슬 돌리기는

손가락의 패드와 중수지절관절 및 손바닥의 아치를 능숙하게 조절하여 두개의 호두를 요골 및 척골측으로 상호 이동하는 동작이다. 따라서 손안의 여러 관절의 복잡하고 연속적인 기술이 요구되는 동작이 반대쪽과 동측의 일차운동감각영역의 활성화도를 증가시켰으며, 전운동 영역과 보조운동 영역의 활성화가 나타났다고 판단된다. 이는 난이도(task difficulty)가 과제의 수행은 동작을 수행한 반대쪽 대뇌피질뿐 아니라 동측의 운동 관련 영역에서도 활성화가 이루어졌다는 여러 선행 연구와 일치하는 결과를 보였다(Verstynen, Diedrichsen, Albert, Aparicio, & Ivry, 2005; Winstein et al., 1997). 특히 호두 돌리기는 손 안에서 조작하는 과정에서 나무 구슬보다 표면 재질의 요철 굴곡이 많이 존재하기 때문에 손바닥의 표재성 감각을 더 많이 자극하게 되어 일차운동감각영역에서 더 많은 활성화를 보였다고 여겨진다. 또한, 전남 장흥에서 생산되는 귀죽호두는 손 운동용으로 재배되는 특작물로서, 다른 식용호두보다 견고함이 높고, 표면 재질의 요철이 많아 감각 자극이 더욱 많이 제공되었을 것이라 생각된다.

최근의 뇌지도화 연구가 제시하는 결과는 정상적인 운동 조절과 발달에 대한 뇌신경학적 기전을 명확하게 제시하여 주며, 또한 다양한 형태의 뇌손상 후 자발적이거나 치료적 개입에 의한 신경가소성에 관한 정보를 제공하고 있다. 이러한 뇌신경과학에 대한 지식은 뇌손상 환자에게 보다 과학적 근거에 의한 치료적 중재를 제공할 수 있는 기반을 마련하고, 인간의 운동 조절과 손상 후 이차적인 병적인 뇌의 변화에 대한 신경생리학적 정보를 제공한다. 또한 잠재적인 위험성을 가지고 있는 정상인에 대한 예방적 치료 개입의 필요성을 제시한다. 최근 노령 인구의 증가와 더불어 뇌졸중과 치매 같은 뇌손상 질환의 발생 빈도가 현저하게 증가하는 추세를 보인다(Ferri et al., 2005; Knopman., Petersen, Cha, Edland, & Rocca, 2006). 특히 정상적인 노화가 인지 기능과 운동 능력의 악화를 동반하게 되고, 뇌지도화 연구에서 젊은 정상인에 비해 같은 수준의 인지나 운동 과제의 수행 시 뇌활성도가 현저하게 떨어진다는 결과를 제시하고 있다(Cabeza, 2001; Grady, 2000; Heuninckx, Wenderoth, Debaere, Peeters, & Swinnen, 2005; Park, O'Connell, & Thomson, 2003). 따라서 지속적인 인지 훈련과 육체적 운동이 치매의 증상을 예방하고 지연시킬 수 있는 만큼,

예로부터 전통적으로 전해 내려온 손 운동 방법인 호두 돌리기가 노인에게 손의 운동 능력과 이와 관련된 뇌기능을 지속적으로 유지시킬 수 있을 것이라 생각된다. 인간이 살아가는데 가장 중요한 부분 중에 하나인 인지 능력은 대부분 손을 사용함으로써 이루어지기 때문에 손을 이용한 동작은 인지와 밀접한 관련을 가지고 있다고 할 수 있다(채경주와 김신영, 2002). 또한 손안의 조작 능력 중 이동과 두 가지 형태의 돌리기 동작을 하는데 필요한 근육의 조절은 옷 입기에서 단추를 조작하거나 연필의 사용 및 신발끈을 묶는 동작과 같은 일상생활동작에 필수적인 요소로 알려져 있다(Exner, 1992). 따라서 호두 돌리기 동작은 일상생활에서 수행하는 다양한 손의 동작 요소들을 포함하고 있으므로, 손의 기능이 저하된 환자뿐만 아니라 정상 성인의 손 운동에 적합한 과제라 생각된다. 본 결과에서 보여주는 바와 같이 전통적인 손 운동 방법인 호두 돌리기는 재질의 특성에 따라 뇌에 많은 감각적 자극을 제공하고, 손안에서 이루어지는 복잡하고 숙련된 동작의 수행으로 대뇌 피질의 다양한 운동 관련 부위를 활성화하고, 그 활성화되는 정도도 높은 것으로 나타났다. 본 연구의 제한점은 선정된 대상자 수가 적고, 정상 성인의 단일 집단에서 측정되어 모든 성인에 일반화가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 향후 다양한 연령대의 표집이나 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구와 치료적 목적의 손 운동에 관한 연구가 진행되는 것이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

정상 성인 12명을 대상으로 기능적 자기공명영상을 이용하여 호두 돌리기, 나무 구슬 돌리기, 맨손 운동을 시행하여 대뇌피질의 활성화되는 부위와 정도를 비교 분석하였다. 전체 뇌영역의 총 활성화 정도는 호두 돌리기, 나무구슬 돌리기, 맨손운동의 순서로 활성화되었다. 그러므로 세 가지 과제 모두 뇌의 운동영역을 활성화시키는 효과가 있었으며 이 중 호두돌리기가 뇌를 가장 많이 활성화시키는 효과가 있었다.

참 고 문 헌

- 양재우. (1999). 작업부하에 따른 손동작 변화에 관한연구. *산학기술연구소논문집*, 8, 197-212.
- 채경주, 김신영. (2002). 발달장애아의 조기 치료교육의 필요성과 손동작을 중심으로 한 인지교육 프로그램. *경북논총*, 6, 585-600.
- Bennett, K. M., & Lemon, R. N. (1996). Corticomotoneuronal contribution to the fractionation of muscle activity during precision grip in the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 75(5), 1826-1842.
- Cabeza, R. (2001). Cognitive neuroscience of aging: contributions of functional neuroimaging. *Scandinavian Journal of Psychology*, 42(3), 277-286.
- Case-Smith, J. (2001). Development of Hand Skills. In C. E. Exner, *Occupational Therapy for Children*. (4th ed., pp. 289-328). St. Louis: Mosby.
- Conforto, A. B., Kaelin-Lang, A., & Cohen, L. G. (2002). Increase in hand muscle strength of stroke patients after somatosensory stimulation. *Annals of Neurology*, 51(1), 122-125.
- Exner, C. E. (1992). In-hand manipulation skills. In J. Case-Smith & C. Pehoski (Eds.). *Development of hand skills in the child* (pp. 35-45). Rockville, MD: AOTA.
- Evarts, E. V. (1966). Pyramidal tract activity associated with a conditioned hand movement in the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 29(6), 1011-1027.
- Farrer, C., Franck, N., Paillard, J., & Jeannerod, M. (2003). The role of proprioception in action recognition. *Consciousness and Cognition*, 12(4), 609-619.
- Ferri, C. P., Prince, M., Brayne, C., Brodaty, H., Fratiglioni, L., Ganguli, M. et al. (2005). Global prevalence of dementia: a Delphi consensus study. *Lancet*, 366(9503), 2112-2117.
- Forssberg, H. (1999). Developmental aspects on use of internal models in the control of dexterous manipulation. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167, A3-A28.
- Gentilucci, M., Toni, I., Daprati, E., & Gangitano, M. (1997). Tactile input of the hand and the control of reaching to grasp movements. *Experimental Brain Research*, 114(1), 130-137.
- Grady, C. L. (2000). Functional brain imaging and age-related changes in cognition. *Biological Psychology*, 54, 259-281.
- Hamdy, S., Rothwell, J. C., Aziz, Q., Singh, K. D., & Thompson, D. G. (1998). Long-term reorganization of human motor cortex driven by short-term sensory stimulation. *Nature Neuroscience*, 1(1), 64-68.
- Heuninckx, S., Wenderoth, N., Debaere, F., Peeters, R., & Swinnen, S. P. (2005). Neural basis of aging: the penetration of cognition into action control. *The Journal of Neuroscience*, 25(29), 6787-6796.
- Jang, S. H., Ahn, S. H., Yang, D. S., Lee, D. K., Kim, D. K., & Son, S. M. (2005). Cortical reorganization of hand motor function to primary sensory cortex in hemiparetic patients with a primary motor cortex infarct. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(8), 1706-1708.
- Johansson, K., Lindgren, I., Widner, H., Wiklund, I., & Johansson, B. B. (1993). Can sensory stimulation improve the functional outcome in stroke patients?. *Neurology*, 43(11), 2189-2192.
- Knopman, D. S., Petersen, R. C., Cha, R. H., Edland, S. D., & Rocca, W. A. (2006). Incidence and causes of nondegenerative nonvascular dementia: a population-based study. *Archives of Neurology*, 63(2), 218-221.
- Leonard, C. (1998). *The neuroscience of human movement*. St. Louis: Mosby.
- Oldfield, R. S. (1971). The assessment and analysis of handedness: The edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Park, H. L., O'Connell, J. E., & Thomson, R. G. (2003). A systematic review of cognitive decline in the general elderly population. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 18(12), 1121-1134.

- Pavlidis, C., Miyashita, E., & Asanuma, H. (1993). Projection from the sensory to the motor cortex is important in learning motor skills in the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 70(2), 733-741.
- Porter, R., & Lemon, R. (1993). *Corticospinal function and voluntary movement*. New York: Oxford University Press.
- Powell, J., Pandyan, A. D., Granat, M., Cameron, M., & Stott, D. J. (1999). Electrical stimulation of wrist extensors in poststroke hemiplegia. *Stroke*, 30(7), 1384-1389.
- Rabin, E., & Gordon, A. M. (2004). Tactile feedback contributes to consistency of finger movements during typing. *Experimental Brain Research*, 155(3), 362-369.
- Rodriguez, M., Muniz, R., Gonzalez, B., & Sabate, M. (2004). Hand movement distribution in the motor cortex: the influence of a concurrent task and motor imagery. *NeuroImage*, 22(4), 1480-1491.
- Rossi, S., Pasqualetti, P., Tecchio, F., Sabato, A., & Rossini, P. M. (1998). Modulation of corticospinal output to human hand muscles following deprivation of sensory feedback. *NeuroImage*, 8(2), 163-175.
- Rothwell, J. (1994). *Control of human voluntary movement*. London: Chapman & Hall.
- Rouiller, E. M., Moret, V., & Liang, F. (1993). Comparison of the connectional properties of the two forelimb areas of the rat sensorimotor cortex: support for the presence of a premotor or supplementary motor cortical area. *Somatosensory and Motor Research*, 10(3), 269-289.
- Salinas, E., & Abbott, L. F. (1995). Transfer of coded information from sensory to motor networks. *The Journal of Neuroscience*, 15(10), 6461-6474.
- Tanji, J. (1994). The supplementary motor area in the cerebral cortex. *Neuroscience Research*, 19(3), 251-268.
- Verstynen, T., Diedrichsen, J., Albert, N., Aparicio, P., & Ivry, R. B. (2005). Ipsilateral motor cortex activity during unimanual hand movements relates to task complexity. *Journal of Neurophysiology*, 93(3), 1209-1222.
- Winstein, C. J., Grafton, S. T., & Pohl, P. S. (1997). Motor task difficulty and brain activity: investigation of goal-directed reciprocal aiming using positron emission tomography. *Journal of Neurophysiology*, 77(3), 1581-1594.
- Wong, A. M., Su, T. Y., Tang, F. T., Cheng, P. T., & Liaw, M. Y. (1999). Clinical trial of electrical acupuncture on hemiplegic stroke patients. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(2), 117-122.
- Xerri, C., Benelhadj, M., & Harlay, F. (2004). Deficits and recovery of body stabilization during acrobatic locomotion after focal lesion to the somatosensory cortex: a kinematic analysis combined with cortical mapping. *Archives Italiennes de Biologie*, 142(3), 217-236.
- Yamamoto, T., Samejima, A., & Oka, H. (1990). The mode of synaptic activation of pyramidal neurons in the cat primary somatosensory cortex: an intracellular HRP study. *Experimental Brain Research*, 80(1), 12-22.
- Yao, D., Yamamura, K., Narita, N., Murray, G. M., & Sessle, B. J. (2002). Effects of reversible cold block of face primary somatosensory cortex on orofacial movements and related face primary motor cortex neuronal activity. *Somatosensory and Motor Research*, 19(4), 261-271.

Abstract

The Cortical Effect of Walnut Rolling Motor Task

Jang, Sung-Ho*, M.D., Park, Seung-Kyu**, M.D., Ph.D., Kim, Jae-Won***,
Kim, O-Ryong****, M.D., Ph.D., Yang, Dong-Suk*, M.D., Kwon, Yong-Hyun****, M.Sc., P.T.

*Dept. of Rehabilitation Medicine, College of Medicine, Yeungnam University

**Dept. of Neurosurgery, College of Medicine, Chosun University & Jeongup Park Hospital

***The Museum of Guijok-walnut

****Dept. of Neurosurgery, College of Medicine, Yeungnam University

*****Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University

Objective : We investigate the differences of the cortical activation according to walnut rolling, wooden-ball rolling, and hand grasp-release movements.

Methods : Twelve normal volunteer without history of neurological dysfunction were recruited. All subjects were scanned during each of motor task in 1.5T MRI equipment. We compared the differences of cortical activation according to the motor tasks using group analysis.

Results : Cortical regions related to hand movement were activated, such as primary sensorimotor area, premotor area, and supplementary motor area in all motor tasks. The order of total activation degree in the regions of interests was walnut rolling, wooden-ball rolling, and hand grasp-release movements.

Conclusion : These findings revealed that walnut rolling provided plentiful sensory stimulation and had various motor cortical areas to be activated owing to complex and skillful in-hand manipulation. Therefore, it seems that the walnut rolling task have the effect that activates the cortical areas related to sensori-motor function of hand.

Key Words : Cortical Activation, Functional MRI, In-Hand Manipulation