

# 기능적 근적외선 분광법(fNIRS)을 이용한 우세손에 따른 뇌 활성화도에 대한 융합 연구

김미경<sup>1</sup>, 박선하<sup>1</sup>, 박혜연<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 일반대학원 작업치료학과 석사 과정, <sup>2</sup>연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 작업치료학과 교수

## Convergence Study of Brain Activity by Dominant Hand Using functional near-infrared spectroscopy(fNIRS)

Mi Kyeong Kim<sup>1</sup>, Sun Ha Park<sup>1</sup>, Hae Yean Park<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>M.S. Course, Dept. of Occupational Therapy, Graduate School of Yonsei University

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Occupational Therapy, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University

**요약** 본 연구에서는 10명의 건강한 성인을 대상으로 기능적 근적외선 분광법(fNIRS)을 이용하여 우세손과 비우세손에 따른 뇌 활성화도의 차이를 알아보고자 하였다. 우세손, 비우세손 총 2가지 조건에서 상자와 나무토막검사(BBT)를 실시하였다. 실험을 진행하는 동안 fNIRS을 이용하여 뇌 활성도를 측정하였으며, 실험이 종료된 후 nirsLAB v2019.04 소프트웨어를 사용하여 신호를 분석하였다. 그 결과 우세손을 사용한 경우 10명 중 6명이 우세손과 관련 있는 대뇌반구의 활성화를 보였고, 비우세손을 사용한 경우는 10명 중 3명만이 비우세손과 관련 있는 대뇌반구의 활성화를 보였다. 즉, 우세손, 비우세손 모두 우세손과 관련 있는 대뇌반구가 좀 더 활성화되었음을 확인하였다. 따라서 우세손을 알기 어려운 감각처리장애를 가진 아동들에게 fNIRS을 적용할 수 있는 기초적 자료로 사용될 수 있으리라 사료된다.

**주제어** : 기능적 근적외선 분광법, 뇌 활성화, 상자와 나무토막검사, 우세손, 융복합

**Abstract** In this study, we intended to examine the difference in brain activation due to dominant and non-dominant hands using functional near-infrared spectroscopy(fNIRS) in 10 healthy adults. Box & Block Test(BBT) was conducted under two conditions: dominant hand and non-dominant hand. During the experiment, brain activity was measured using fNIRS and signals were analyzed using nirsLAB v2019.04 software after the experiment was completed. As a result, 6 out of 10 people showed activation of the cerebral hemisphere related to the dominant hand, and only 3 out of 10 people showed activation of the cerebral hemisphere related to the non-dominant hand. In other words, both dominant and non-dominant hand confirmed that the cerebral hemispheres related to dominant hands were more active. Therefore, it is believed that fNIRS can be used as a fundamental data applicable to children with sensory processing disorders that are difficult to identify dominant hand.

**Key Words** : Functional near-infrared spectroscopy(fNIRS), Brain activation, Box & Block Test(BBT), Dominant hand, Convergence

\*Corresponding Author : Hae Yean Park(haepark@yonsei.ac.kr)

Received September 13, 2021

Accepted December 20, 2021

Revised October 22, 2021

Published December 28, 2021

## 1. 서론

손은 신체 운동과 관련된 모든 부분에 영향을 미치고, 특히 상지 수행 능력과 관련해 독립적인 일상생활에 중요한 역할을 한다[1-3]. 손, 발, 눈과 같이 양측으로 존재하는 신체기관에는 우세함을 보이는 한쪽이 있다[4]. 사람들은 대부분 양손을 사용함에 있어 한쪽 손을 우세하게 사용하는데, 어느 쪽을 주도적으로 사용하느냐에 따라 우세손이 결정된다[5].

인간 대뇌의 좌·우반구는 기능과 역할적인 면에서 동일하지 않은 비대칭 관계를 가지고 있고 이것은 우세손과 관련이 있다[6]. 여러 연구들에 의하면 양손을 교대로 사용하는 단계적이고 유동적인 과정을 통해 6세 이전에 우세손 구분이 명확해진다[7-9]. 현재 대뇌 좌·우반구 중 어느 한쪽의 우세를 우세손과 관련지어 인간의 정신 작용 및 행동양식을 파악하는 단계까지 발전했으며 이를 통해 아동이 사고하는 방식과 활동에 있어 강한 영역과 약한 영역을 구분 지을 수 있다[6]. 즉, 우세손은 외면적으로 보이는 것에 제한되는 것이 아니라 그 사람의 재능과 특징을 생각할 수 있는 단서가 될 수 있다는 점에서 우세손을 아는 것은 중요하다.

우세손을 알아보는 검사로는 에딘버러 손잡이 평가법(The Edinburgh Handedness Inventory; EHI)이 있다. 이는 10개의 문항으로 구성되어 있으며, 각 문항별 흉내내는 모습을 보고 검사자가 기록 후 편측화 지수를 계산한다. 편측화 지수는 오른손이라고 응답한 문항의 수에서 왼손이라 응답한 문항의 수를 뺀 후 응답한 전체 문항 수로 나눈 후 100을 곱하여 구한다. 계산된 편측화 지수가 0보다 크다면 오른손잡이로, 0보다 작다면 왼손잡이로 구분하게 된다[10]. 그러나 자폐스펙트럼 장애(Autism Spectrum Disorders; ASD)를 가진 아동에게 있어 이러한 판단은 어려울 수 있다.

정신질환 진단 및 통계 편람-V(Diagnostic and Statistical Manual V; DSM-V)에서는 ASD를 사회적 의사소통, 사회적 상호작용, 활동에 있어 제한적이고, 지속적으로 반복적인 패턴을 보이는 특성을 가진 발달 장애로 정의한다[11]. ASD 아동의 42~88%에서 ASD의 특징 중 하나인 감각처리장애(Sensory Processing Disorder)를 찾아볼 수 있다[12]. 감각처리장애는 중추신경계 기능이상과 관련된 신경발달의 문제로 인하여 감각자극을 등록하고 조절하는데 어려움을 가지는 것을 의미한다[13]. 즉, 감각에 대한 역치 값이 일반적 수준

보다 너무 높거나 낮아 외부의 다양한 감각자극에 대해 과도하게 둔감하거나 민감하게 반응하여 감각정보의 정상적인 입력과 활용을 방해한다[14]. 따라서 감각처리 장애를 가지고 있는 아동들은 손을 이용한 활동뿐만 아니라 일상생활 수행에 어려움을 겪고 이로 인해 어느 손을 더 많이 사용하는지 여부를 통하여 우세손을 알기는 어렵다. 이에 본 연구에서는 fNIRS를 이용하여 우세손을 파악할 수 있는지를 알아보려 한다.

fNIRS는 근적외선을 이용한 비침습적 뇌기능 분석 시스템으로 인간이 특정 행동이나 사고를 할 때 형성되는 뇌 혈류 변화량을 측정하는 장치이다[15]. 관찰된 뇌 혈류 변화량을 기반으로 분석을 수행하는 연구가 주로 이루어진다[16].

본 연구에서는 정상인을 대상으로 fNIRS를 이용하여 우세손과 비우세손에 따른 뇌 활성도의 차이를 비교하는 과정을 통해 우세손과 뇌활성화도의 관련성을 확인하고자 한다. 또한 추후 우세손을 알기 어려운 감각처리 장애를 겪고 있는 아동이 우세손을 확인하는데 실제 적용해볼 수 있는지 가능성을 알아보려 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구 대상

본 연구의 선정 기준은 다음과 같으며 소수의 대상자를 구한 후 소개를 통해 추가적인 참여 대상자를 구하는 눈덩이표집방법을 이용하여 대상자를 모집하였다. 모든 대상자는 연구의 목적을 이해하고 자발적으로 참여에 동의한 자로 총 오른손잡이 10명(남성4명, 여성 6명)이 최종 연구에 참여하였다.

#### 2.1.1 선정 기준

- (1) 20세 이상 성인인 자
- (2) 인지 기능, 신체 기능, 정신적 기능 등 기능적 부분에 손상이 없는 자
- (3) 뇌 손상의 경험이 없는 자

### 2.2 연구 설계

본 연구는 2021년 7월 19일부터 7월 29일, 총 11일에 걸쳐 진행되었다. 검사도구로 BBT를 이용하여 우세손, 비우세손 각각 Pretest(15초), Test(60초)를 진행하였으며 모든 과제에 대해 피험자는 처음 15초의 휴식을

가진 이후, 각 과정 사이 휴식 15초를 가져 총 240초 동안 수행하였다. 휴식과 과정을 수행하는 시간은 모니터 글자와 소리를 통해 시·청각적으로 안내되었다. 또한 뇌 활성도를 알아보고자 실험하는 동안 fNIRS를 사용하였다.

### 2.3 연구 도구

#### 2.3.1 상자와 나무토막 검사(Box & Block Test; BBT)

BBT는 1957년 Buehler & Fuchs(Patricia, Holser, Buehler & Elizabeth Fuchs)가 현재 쓰고 있는 상자를 이용하여 만든 검사방법이다[17](Fig. 1). 아동 뿐만 아니라 성인의 재활과 연구에서 손 조작 능력을 평가하는데 가장 빈번하게 사용되고 있는 검사도구이다[18]. 또한 장애가 있던 환자의 직업 전 검사로도 광범위하게 사용되고 있다[19].



Fig. 1. Box & Block Test

#### 2.3.2 기능적 근적외선 분광법(functional near-infrared spectroscopy; fNIRS)

본 연구에서는 NIRScout시스템(NIRx Mediziintechnik GmbH, Germany)을 이용하여 fNIRS 신호를 측정하였다. 본 장비는 760nm와 850nm 파장의 광원(source) 8개와 검출기(detector) 8개를 사용하며, 탐지된 신호의 표본 추출 비율(sampling rate)은 15.62Hz로 설정하였다.

인간의 대뇌피질은 두피로부터 1.0~2.0cm의 투과 깊이에 위치해 있어, 광원과 검출기 간의 적합한 거리는 약 2.5~3.0cm로 알려져 있다[20]. 따라서 본 연구에서는 광원과 검출기 간의 거리를 3cm로 설정하여 20개의 채널을 사용하였다. 측정 캡(EasyCAP, GmbH, Germany)의 정확한 위치를 보장하고자 Cz 위치를 기준점으로 하였으며, 코뿌리점(nasion)과 뒤통수점(inion) 사이뿐 아니라 왼쪽과 오른쪽 귀바퀴앞점

(preauricular point) 사이 중앙에 위치하도록 하였다. Fig. 2는 사용된 광원, 검출기, 그리고 채널의 물리적 위치를 나타내며 Table 1을 통해 사용된 채널에 대한 정보를 나타내었다.

실험 도중 제공되는 과제의 정확한 시점 정보를 알고자 NIRStim(<https://support.nirx.de/software>)을 이용하였다.

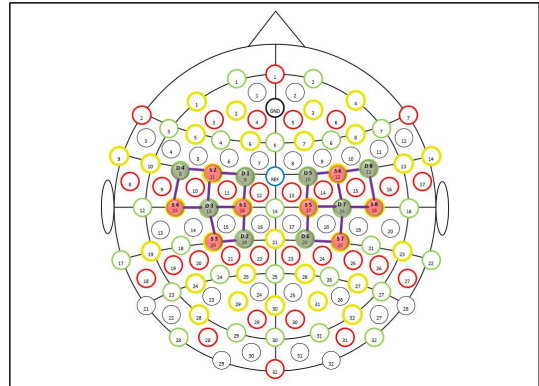


Fig. 2. fNIRS Source(Red), Detector(Blue), and Channel(Channel 1~Channel 20) Layout

Table 1. Information of channels

Source number - Detector number	Channel number	position
Source 1 - Detector 1	Channel 1	Left hemisphere
Source 1 - Detector 2	Channel 2	
Source 1 - Detector 3	Channel 3	
Source 2 - Detector 1	Channel 4	
Source 2 - Detector 3	Channel 5	
Source 2 - Detector 4	Channel 6	
Source 3 - Detector 2	Channel 7	
Source 3 - Detector 3	Channel 8	
Source 4 - Detector 3	Channel 9	
Source 4 - Detector 4	Channel 10	
Source 5 - Detector 5	Channel 11	Right hemisphere
Source 5 - Detector 6	Channel 12	
Source 5 - Detector 7	Channel 13	
Source 6 - Detector 5	Channel 14	
Source 6 - Detector 7	Channel 15	
Source 6 - Detector 8	Channel 16	
Source 7 - Detector 6	Channel 17	
Source 7 - Detector 7	Channel 18	
Source 8 - Detector 7	Channel 19	
Source 8 - Detector 8	Channel 20	

### 2.4 fNIRS 데이터 분석

nirsLAB v2019.04 소프트웨어(<https://support.nirx.de/software>)를 사용하여 신호를 분석하였다. 신호 분석은 다음과 같은 조건에서 이루어졌다. 차동 경로 길이 계수(differential pathlength factor; DPF)는 광원과 검출기 사이의 선형 거리를 벗어난 산란으로 인해 빛이 이동하는 추가 평균 거리를 고려하는 것으로 본 연구에서는 문헌에 기술된 대푯값(WL1: 7.25, WL2: 6.38)을 이용하였다[21]. 또한 상대적 변동 계수(relative coefficient of variation; CV)는 각 채널의 신호 대 잡음 품질을 추정하기 위해 두 파장의 원시 신호에 대해 처음에 계산되었다[22]. 기본 상대적 변동계수(7.5%)는 필터링되지 않은 데이터의 높은 표준 편차가 모션 아티팩트의 존재를 나타낼 수 있기 때문에 신호 품질 관리로 사용되었다[23]. 산화헤모글로빈(OxyHb)과 탈산화헤모글로빈(deoxyHb)의 상대적 변화는 수정된 beer-Lambert 법칙을 사용하여 계산되었다[24]. 타 연구들에서 산화헤모글로빈이 이동성 의존적 뇌 혈류 변화를 측정하는데 더 민감하고 신뢰할 수 있는 매개변수인 것으로 보고되었기 때문에 본 연구에서는 산화헤모글로빈의 변화를 뇌활성화의 주요 결과로 사용하였다[25].

## 3. 연구결과

### 3.1 산화헤모글로빈의 시각적 변화

우세손을 이용하여 BBT를 시행하였을 때, 휴식 시, 비우세손을 이용하여 BBT를 시행하였을 때에 따른 산화헤모글로빈의 변화를 Fig. 3과 같이 시각적으로 확인할 수 있었다.

우세손을 이용하여 BBT를 시행하였을 때에는 우세손과 관련 있는 좌뇌가 비우세손과 관련된 우뇌에 비해 활성화 되었고(a), 과제를 수행하는 것과 비교해보았을 때 휴식 시에는 둘 다 비활성화됨을 확인할 수 있었다(b). 비우세손으로 BBT를 시행할 때에는 비우세손의 움직임과 연관 있는 우뇌도 활성화를 보이나, 우세손과 관련 있는 좌뇌도 함께 활성화 됨을 시각적으로 확인할 수 있었다(c).

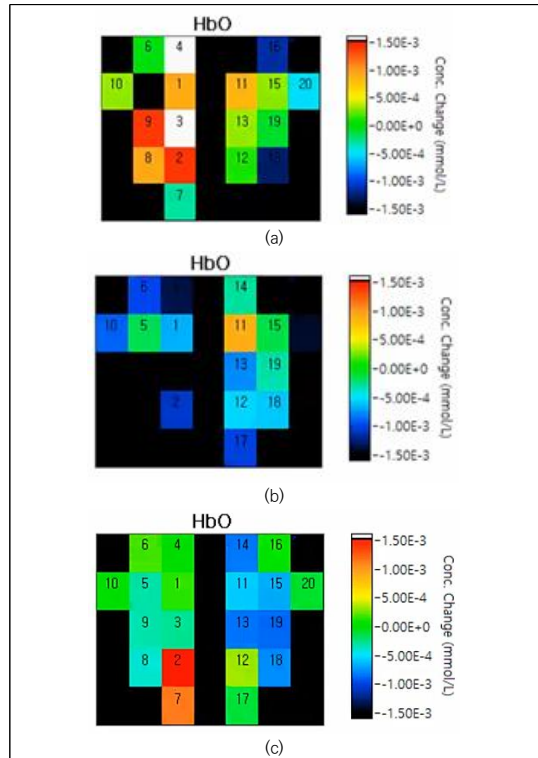


Fig. 3.  $\Delta$ HbO2 during different conditions (a) Performing BBT with dominant hand(right), (b) Resting, (c) Performing BBT with non-dominant hand(left)

### 3.2 산화헤모글로빈 통계적 평균값

본 연구에서는 Pretest(15초) 데이터 값은 사용하지 않고 Test(60초) 데이터 값만을 분석하였다. SPSS 25.0을 통해 우세손을 이용해 BBT를 진행하는 동안의 각 채널 별 산화헤모글로빈의 평균값을 구하였다. 그 후, 좌뇌의 뇌 활성도를 알 수 있는 채널 1~10번 산화헤모글로빈의 평균값과 우뇌의 뇌 활성도를 확인할 수 있는 채널 11~20번 산화헤모글로빈의 평균값을 각각 구하여 연구 참여 대상자별로 Table 2에 제시하였다. 같은 방법으로 비우세손을 이용한 BBT 동안의 산화헤모글로빈의 평균값은 Table 3를 통해 나타내었다.

우세손 과제를 수행하는 동안에는 10명 중 6명이 우세손과 관련 있는 좌뇌에서 더 큰 산화헤모글로빈 활성도를 보였다. 비우세손 과제를 수행하는 동안에는 10명 중 3명만이 비우세손과 관련 있는 우뇌에서 더 큰 산화헤모글로빈 활성도를 보여주었다.

Table 2. Average value of HbO2 in dominant hand

NO.	Channel 1~10 average value	Channel 11~20 average value
1	-1.0013E-5	-2.199E-6
2	9.9898E-5	6.93577E-5
3	1.456046E-4	1.119116E-4
4	5.76633E-5	5.73369E-5
5	5.76502E-5	9.27579E-5
6	-1.31635E-4	-2.01834E-4
7	1.59756E-5	-1.3900E-5
8	1.448597E-4	1.613985E-4
9	1.270918E-4	1.609023E-4
10	1.14957E-5	-1.6748E-5

Table 3. Average value of HbO2 in non-dominant hand

NO.	Channel 1~10 average value	Channel 11~20 average value
1	2.83837E-5	2.62642E-5
2	6.14577E-5	5.85322E-5
3	-1.3638E-5	-1.6079E-5
4	7.3983E-6	-4.3014E-5
5	9.4352E-6	8.62704E-5
6	-2.73279E-4	-2.96606E-4
7	4.91873E-5	-8.6597E-5
8	3.82570E-5	7.49309E-5
9	1.139124E-4	1.230220E-4
10	2.1616E-6	-1.698E-6

3.3 활성화된 채널 3순위

본 연구에서는 우세손과 비우세손의 BBT를 시행하는 동안 좌뇌와 우뇌의 산화헤모글로빈 평균값을 비교했을 뿐만 아니라 채널별로 활성화 정도도 비교하여 가장 많은 활성화를 보인 3개의 채널을 도출하였다.

Table 4, 5를 통해 우세손 및 비우세손 과제 수행 시 활성화된 상위 채널 3순위를 연구 참여 대상자별로 각각 제시하였다. Fig 4는 선의 굵기를 통해 채널별 활성도를 가시적으로 표현하였다. 채널의 선이 굵을수록 더 많은 활성도를 보인 채널임을 의미한다.

Table 4. Top 3 active channels in dominant hand

NO.	1 <sup>st</sup> Channel	2 <sup>nd</sup> Channel	3 <sup>rd</sup> Channel
1	Channel 2	Channel 16	Channel 4
2	Channel 7	Channel 2	Channel 1
3	Channel 3	Channel 4	Channel 8
4	Channel 5	Channel 3	Channel 18
5	Channel 11	Channel 14	Channel 2
6	Channel 6	Channel 20	Channel 14
7	Channel 16	Channel 2	Channel 4
8	Channel 18	Channel 7	Channel 2
9	Channel 15	Channel 12	Channel 1
10	Channel 11	Channel 2	Channel 4

Table 5. Top 3 active channels in non-dominant hand

NO.	1 <sup>st</sup> Channel	2 <sup>nd</sup> Channel	3 <sup>rd</sup> Channel
1	Channel 1	Channel 8	Channel 14
2	Channel 12	Channel 7	Channel 2
3	Channel 7	Channel 3	Channel 19
4	Channel 3	Channel 5	Channel 17
5	Channel 16	Channel 15	Channel 11
6	Channel 6	Channel 14	Channel 16
7	Channel 2	Channel 4	Channel 3
8	Channel 16	Channel 18	Channel 12
9	Channel 1	Channel 11	Channel 3
10	Channel 11	Channel 4	Channel 1

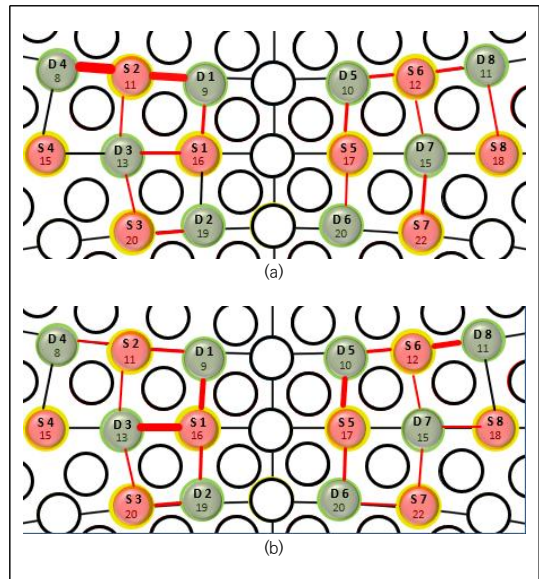


Fig. 4. Top 3 active channels during different conditions

- (a) Performing BBT with dominant hand(right),
- (b) Performing BBT with non-dominant hand(left)

4. 논의

본 연구는 우세손과 비우세손에 따른 뇌의 활성화도의 차이를 알아보기로 20세 이상의 남녀 10명을 대상으로 하였다. 연구 결과를 바탕으로 우세손 파악하기 어려운 감각통합장애 아동들에게 적용 가능성을 살펴보고자 하였다.

해당 연구에서는 BBT를 통해 대상자의 손기능을 평가하였다. 이는 BBT가 다른 평가도구들에 비해 검사 기구의 구조가 간단해 조립이 쉽고, 실험 방법이 간단하여 향후 주의 집중력이 짧고, 지구력과 인지능력이 부족한

대상자에게도 일반적으로 적용하기 쉽기 때문이다[26].

연구 참여 대상자별로 산화헤모글로빈 통계적 평균값의 정도가 다른 것을 확인할 수 있었다. fNIRS는 절대적인 값을 기준으로 결과를 해석하는 것이 아니라 변형된 Beer-Lambert 법칙을 사용하여 측정 시작 시 측정된 값을 기준으로 하여 산화헤모글로빈과 탈산화헤모글로빈의 상대적 변화를 가지고 해석한다[27]. 따라서 연구 참여 대상자별로 기준이 되는 값이 달랐고 때문에 산화헤모글로빈의 통계적 평균값이 -에서 +까지의 다양한 범위를 가진 것이라 여겨진다.

또한 활성화된 채널 순위나 부위가 연구 참여 대상자별로 조금씩 다른 것을 관찰할 수 있었다. 연구 참여 대상자별로 최대한 동일한 위치를 보장하고자 Cz 위치를 기준점으로 하여 같은 측정 캡(EasyCAP, GmbH, Germany)을 착용하도록 하였다. 그러나 머리의 크기가 대상자마다 다르기 때문에 본 연구에서 사용된 하나의 측정 캡만으로는 대상자 모두가 완전히 동일한 위치로 보정을 할 수 없었던 것으로 사료된다. 추후 연구에서는 머리 크기를 고려하여 크기가 다양한 측정 캡을 사용하면 이러한 부분을 보완할 수 있을 것이라 예상된다.

연구 결과를 보면 우세손을 사용하여 BBT를 하였을 때 우세손과 관련 있는 대뇌반구가 그렇지 않은 대뇌반구에 비해 활성화되었음을 확인할 수 있었다. 또한 비우세손을 사용한 BBT에서는 비우세손과 관련 있는 대뇌반구보다는 우세손과 관련 있는 대뇌반구에서 더 큰 활성화 정도를 관찰할 수 있었다. 이 연구 결과는 오른손잡이에게 우세손과 비우세손 각 각에 수동적 진동을 제공하고 이에 대한 대뇌반구 활성화를 비교한 연구의 결과와 같은 양상을 보였다[28].

본 연구는 fNIRS을 이용하여 측정한 뇌 활성화도를 통해 우세손 파악 가능성을 확인하였다. 하지만 본 연구는 비확률 표본추출방법인 눈덩이표집방법을 이용하였기에 표준화시키는데 한계가 있다. 또한 20대 이상의 일부 건강한 성인 남녀를 대상으로 실시한 연구로 감각통합장애를 가진 아동에게 일반화시켜 해석하는 데 한계를 가진다. 따라서 향후 감각통합장애를 가진 아동을 대상으로 한 연구가 이루어진다면 실제로 우세손을 알기 어려운 아동들이 우세손을 확인하는데 도움이 되는 지를 확인할 수 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

## 5. 결론

본 연구는 fNIRS을 이용하여 BBT 과제 수행 시 우세손, 비우세손에 따른 뇌의 활성도를 알아보았다. 우세손을 이용한 과제 수행과, 비우세손을 이용한 과제 수행 모두에서 우세손과 관련 있는 대뇌반구가 더 활성화되었음을 확인하였다.

따라서 과제를 수행하는 손의 여부보다는 각자 가지고 있는 우세손이 무엇인지가 뇌의 활성화도에 더 많은 영향을 미친다고 사료되며 우세손을 알기 어려운 아동들에게 fNIRS을 적용하는 기초적 자료로 사용될 수 있으리라 여겨진다.

## REFERENCES

- [1] J. Desrosiers, G. Bravo, R. Hébert, É. Dutil & L. Mercier. (1994). Validation of the Box and Block Test as a measure of dexterity of elderly people: reliability, validity, and norms studies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 75(7), 751-755.  
DOI : 10.1016/0003-9993(94)90130-9
- [2] N. Kamakura, M. Matsuo, H. Ishii, F. Mitsuboshi & Miura, Y. (1980). Patterns of static prehension in normal hands. *American Journal of Occupational Therapy*, 34(7), 437-445.  
DOI : 10.5014/ajot.34.7.437
- [3] V. H. Frankel. (1973). Biomechanics of the musculoskeletal system. Introduction. *Archives of Surgery*, 107(3), 405.
- [4] Y. H. Shin, I. Chyang, & H. Y. Kang. (2014). A comparison of bone maturation between dominant hand and non-dominant hand of boys in childhood by means of Tanner-Whitehouse 3(TW3) method. *Korean Journal of Sports Science*, 23(3), 1459-1466.
- [5] J. H. Lee, H. S. Han, & E. S. Lee. (2010). A Comparison of Linguistic and Spatial Ability in Left- and Right-handed Young Children. *Korean Journal of Human Ecology*, 19(4), 601-612.
- [6] S. H. Kim. (2012.02.10.). *Monitoring and tasks such as left-handed writing inconvenience*. Seoul : Korea Educational Development Institute.
- [7] J. Downing & D. Thackray. (1971). *Reading readiness*: University of London Press for the United Kingdom Reading Association.
- [8] T. R. Lord. (1986). Right-handed and left-footed?

- How andera learned to question the facts. *Science and children*, 24(2), 22-25.
- [9] J. Herron. (1976). Southpaws how different are they. *Psychology today*, 9(10), 50-56.
- [10] R. C. Oldfield. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-114.
- [11] Y. Ellen, A. Paula & S. Shirley. (2018). *Building Bridges Through Sensory Integration Third Edition*. Seoul : Gyechuk Munhwasa.
- [12] G. T. Baranek. (2002). Efficacy of sensory and motor interventions for children with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 32(5), 397-422.
- [13] J. H. Lee, Y. S. Bang & E. S. Ju. (2018). The Influence of Sensory Integration Program on the Stereotypic Behavior of Children with Autistic Spectrum Disorder- Comparison between Tactile and Vestibular Proprioceptive Sensory Activities. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, 12(7), 339-351.
- [14] H. G. Shin, S. B. Lee, B. H. Lee, K. M. Lee, & E. K. Kim. (2014). *Students with Autism Spectrum Disorders: Effective Instructional Practices*, Seoul : Sigma Press.
- [15] S. H. Lee, S. H. Jin, Berdakh Abibullaev, J. U. An, & J. I. Moon. (2012). *Upper Limb Rehabilitation Robotic System Framework Design based Recognition of User Intention using fNIRS*. The HCI Society of Korea, 26-28.
- [16] K. Izzetoglu, G. Yurtsever, A. Bozkurt, & S. Bunce. (2003). Functional brain monitoring via NIR based optical spectroscopy. In *2003 IEEE 29<sup>th</sup> Annual Proceedings of Bioengineering Conference*, 335-336.
- [17] F. S. Cromwell. (1976). *Occupational therapist manual for basic skill assessment: Primary pre-vocational evaluation*. Altadena, CA: Fair Oaks Printing.
- [18] F. S. Cromwell. (1965). *Occupational therapist manual for basic skill assessment: Primary pre-vocational evaluation*. Pasadena, CA: Fair Oaks Printing Co.
- [19] S. M. Lee. (2016). Comparison of Upper and Lower Limb Functional Ability Depends on Dominants. *Journal of Korean Clinical Health Science*, 4(3), 622-633.  
DOI : 10.15205
- [20] N. Kuboyama, T. Nabetani, K. Shibuya, K. Machida, & T. Oqaki. (2004). The effect of maximal finger tapping on cerebral activation. *Journal of Physiological anthropology and applied human science*, 24(4), 105-110.
- [21] *nirsLAB Manual*. NewYork : SUNY Downstate Medical Center, Optical Tomography Group.
- [22] C. F. Lu, Y. C. Liu, Y. R. Yang, Y. T. Wu, & R. Y. Wang. (2015). Maintaining gait performance by cortical activation during dual-task interference: a functional near-infrared spectroscopy study. *PloS one*, 10(6), e0129390.
- [23] G. A. Z., Morais, F. Scholkmann, J. B. Balardin, R. A. Furucho, R. C. V. de Paula, C. E. Biazoli, & J. R. Sato. (2017). Non-neuronal evoked and spontaneous hemodynamic changes in the anterior temporal region of the human head may lead to misinterpretations of functional near-infrared spectroscopy signals. *Neurophotonics*, 5(1), 0111002.
- [24] J. Schack, A. H. Pripp, P. Mirtaheeri, H. Steen, E. Güler, & T. Gjøvaag. (2020). Increased prefrontal cortical activation during challenging walking conditions in persons with lower limb amputation -an fNIRS observational study. *Physiotherapy theory and practice*, 1-11.
- [25] G. Strangman, D. A. Boas & J. P. Sutton. (2002). Non-invasive neuroimaging using nearinfrared light. *Biological Psychiatry* 52, 679-693.
- [26] J. H. Kim & W. M. Jeong. (2004). Normative data for box and block test: normal elementary school children. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 12(1), 55-68.
- [27] P. Pinti, C. Aichelburg, F. Lind, S. Power, E. Swingler, A. Merla, ... & I. Tachtsidis. (2015). Using fiberless, wearable fNIRS to monitor brain activity in real-world cognitive tasks. *Journal of visualized experiments: JoVE*, (106).  
DOI : 10.3791/53336
- [28] S. H. Jin, S. H. Lee, S. S. T. Yang, & J. An. (2020). Hemispheric asymmetry in hand preference of right-handers for passive vibrotactile perception: an fNIRS study. *Scientific reports*, 10(1), 1-10.



김 미 경(Mi Kyeong Kim) [학생회원]



- 2021년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 졸업(작업치료학사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 작업치료학(석사 과정)
- 관심분야 : 아동작업치료, 노인작업치료, 뇌과학
- E-Mail : kmk820080@gmail.com

박 선 하(Sun Ha Park) [학생회원]



- 2021년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 졸업(작업치료학사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 작업치료학(석사 과정)
- 관심분야 : 노인작업치료, 치매작업치료
- E-Mail : sunha208@gmail.com

박 해 연(Hae Yean Park) [정회원]



- 2009년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 졸업(작업치료석사)
- 2011년 8월 : 연세대학교 작업치료학과 졸업(작업치료박사)
- 2015년 3월 ~ 2020년 2월 : 연세대학교 보건과학대학 작업치료학과 조교수
- 2020년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 작업치료학과 부교수
- 관심분야 : 아동작업치료, 노인작업치료, 지역사회작업치료, 라이프스타일, 메타분석
- E-Mail : haepark@yonsei.ac.kr