

## 가상현실을 기반으로 한 손 움직임 훈련이 뇌졸중 환자의 상지 및 손 기능에 미치는 영향

양종은<sup>1</sup>, 마성룡<sup>2</sup>, 최종배<sup>3</sup>

<sup>1</sup>수원베데스다병원 작업치료실, <sup>2</sup>신성대학교 작업치료과, <sup>3</sup>경희의료원 작업치료실

The Effect of Hand Movement Training Based on Virtual Reality on Upper Extremity and Hand Function in Stroke Patients

Jong-eun Yang<sup>1</sup>, Sung-Ryoung Ma<sup>2</sup>, Jong-Bae Choi<sup>\*3</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational therapy, Suwon Bethesda Hospital

<sup>2</sup>Department of Occupational therapy, Shinsung University

<sup>\*3</sup>Department of Occupational therapy, Seoul Kyung Hee University Medical Center

**Purpose** The purpose of this to investigate the effect of hand movement training based on virtual reality on the upper extremity and hand function of stroke patients and to present a therapeutic evidence for virtual reality training intervention. **Methods** Subjects were randomly assigned to two groups of 30 stroke patients, 15 experimental subjects and 15 control subjects. Experimental group performed hand movement exercise based on virtual reality, and control group performed general occupational therapy. We performed FMA-UE, WMFT, and BBT evaluations to changes in upper extremity functions. **Results** The experimental group participating in the virtual reality training showed statistically significant improvement(\*P<.05) in the FMA-UE and WMFT evaluation in order to investigate the change of upper extremity and hand function, A statistically significant improvement(\*\*P<.01) was also observed in the BBT evaluation of the hand agility to show that the upper limb function improved after the virtual reality training intervention. There was no statistically significant difference between the two groups(P>.05), but there was a statistically significant difference in the amount of change in upper extremity function between the two groups (\*P<.05). **Conclusion** We found that hand movement training based on virtual reality has a positive effect on recovery of upper extremity and hand function in stroke patients, We hope to discuss various issues to be solved in the approach of upper limb treatment for stroke patients based on virtual reality in the future.

**Key words** Stroke, Upper extremity function, Virtual reality, Occupational therapy, Hand function.

**Corresponding author** Jong-Bae Choi(cjb3798@naver.com)

**Received date** 27 May 2019

**Revised date** 04 June 2019

**Accept date** 11 June 2019

### I. 서론

뇌졸중 질환은 뇌혈관의 막힘이나 파열로 인해 국소신경학적 장애가 발생하는 것으로 세계에서 두 번째로 높은 사망원인을 가지고 있다.<sup>1)</sup> 뇌졸중 환자에게 나타나는 신경학적 장애로는 감각, 운동, 인지, 언어 그리고 정서장애가 있으며, 이러한 장애들은 복합적으로 나타나게 된다.<sup>2)</sup> 이 중 뇌졸중 환자 대부분이 갖게 되는 편마비로 인한 운동장애는 환자들이 일상생활과 사회적 활동 범위를 감소시키게 되고 이는 결국 뇌졸중 환자에 삶의 질을 저하시키게 된다.<sup>3)</sup>

뇌졸중 환자에게 있어 일상생활활동을 수행하는데 가장 중요한 역할을 담당하는 것은 상지 기능이며, 식사하기, 옷 입기, 씻기, 등과 같은 기본적인 일상생활을 수행하기 위해서는 섬세한 손 기능이 필요하다.<sup>4)</sup> 현재 뇌졸중 환자의 상지기능 회복을 위해 다양한 치료 접근법이 사용되고 있으며, 이러한 치료접근법들은 치료효과에 대한 다양한 근거를 제시하고 있다.<sup>5)</sup>

뇌졸중 환자의 상지기능 회복과 관련된 근거 문헌들을 살펴보면 주로 양측성 훈련(bilateral training), 강제유도운동치료(constraint-induced movement therapy; CIMT), 수정된 강제유도운동치료(modified constraint-induced movement therapy; m-CIMT), 전기자극치료(electrical stimulation), 반복적인 과제훈련(repetitive task training), 가상

<http://dx.doi.org/10.17817/2019.06.04.111417>

현실(virtual reality) 그리고 로봇훈련(robotic training) 등이 뇌졸중 환자의 상지 기능을 회복 위해 가장 많이 사용된다고 보고하고 있다.<sup>6)</sup>

이중 가상현실 훈련은 최근 재활영역에서 다방면으로 사용되고 있는 분야로써 가상현실훈련을 통해 뇌를 재조직화 하는데 그 목적을 가지고 있다.<sup>7)</sup> 가상현실 훈련은 거울뉴런(mirror neuron)을 신경학적 배경으로 사용하고 있으며, 원숭이 실험을 통해 행동을 관찰했을 때와 실제 수행을 했을 때 전운동피질(premotor cortex)이 활성화되었다는 실험 결과를 바탕으로 이를 설명하고 있다.<sup>8)</sup> 그리고 가상현실훈련은 뇌졸중 환자의 상지기능을 향상시키고,<sup>9)</sup> 일상생활활동에도 긍정적인 변화를 가져올 수 있다는 다양한 근거들을 제시하고 있다.<sup>10)</sup> 하지만 위 문헌들에서 제시하고 있는 가상현실 훈련은 주로 상지의 대동작 움직임과 관련된 어깨와 팔꿈치 관절 움직임 훈련이 대부분이며, 실질적으로 일상생활활동에서 가장 많이 사용되는 정교한 손 움직임과 관련된 훈련은 부족한 실정이다. 그래서 본 연구에서는 가상현실을 기반으로 한 상지의 대동작 움직임 훈련이 아닌 정교한 손 움직임을 통해 뇌졸중 환자의 상지 및 손 기능에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하며, 본 연구 결과를 바탕으로 가상현실훈련 중재에 대한 치료적 근거를 제공하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 경기도 수원 소재 B 재활요양병원에 입원한 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 하였으며, 모든 대상자들은 연구절차와 목적에 관한 설명 들은 후 자발적으로 참여의사를 밝힌 자로 선정하였다. 또한 모든 연구 대상자들은 실험참여 동의서에 서명하도록 하였다. 연구 대상자의 선정기준은 첫째, 뇌

졸중으로 진단받은 후 6개월이 지난 환자, 둘째, MMSE-K 점수 24점 이상으로 지시사항 따르기가 가능한 자, 셋째, 마비측 손목을 능동적으로 최소 20도 이상 신전 할 수 있고 중수수지관절(MCP joint) 또한 10도 이상 신전 시킬 수 있는 자로 선정하였다. 제외대상은 다음과 같다. 첫째, 편측무시와 반맹증이 있는 자, 둘째, 시-지각 및 청각장애가 있는 자, 셋째, 강직과 관련된 약물을 복용한 자를 제외하였다.

### 2. 연구절차

본 연구는 2019년 3월4일부터 4월15일까지 진행되었으며, 연구 대상자는 총 30명으로 컴퓨터 무작위 배정 방법을 이용하여 실험군 15명, 대조군 15명으로 나누어 실험에 참여하도록 하였다. 본 연구에서 실험군은 Motion controller(Leap motion LM-010, USA 2013) 장비를 이용하여 가상현실을 기반으로 한 손 움직임 훈련을 실시하였고(Figure 1) 대조군은 일반적인 작업치료를 실시하였다. 실험군과 대조군 모두 6주동안 주 5회 총 30회기 동안 1회당 40분간 훈련을 실시하였으며, 실험 결과측정을 위한 상지기능 평가는 중재 전과 후로 총 2번 실시하였다.

### 3. 중재방법

본 실험군은 Motion controller 장비가 설치된 책상 앞 의자에 앉아 허리를 곧게 편자세로 환측 손움직임이 컨트롤러가 잘 인식될 수 있도록 워밍업 손 움직임을 먼저 수행하도록 하였다. 이후 스스로 선택한 훈련프로그램을 실시하도록 하였다(Figure 2). 가상현실을 기반으로 한 손 움직임 훈련프로그램은 총 6가지로 본인이 원하는 난이도에 따라 프로그램을 선택하여 수행할 수 있도록 하였으며, 난이도에 따라 실행방법에 대한 추가 설명을 제공하였다. 훈련 프로그램은 1) 꽃잎 뜯기 2) 로봇머리 맞추기 3) 종이비행기 날리기 4) 종이비행기 맞추기 5) 블록 만들기 6) 블록 쌓기로 구성하였다(Figure 3).



Figure1. Leap motion LM-010, USA 2013



Figure2. Virtual reality based hand movement training

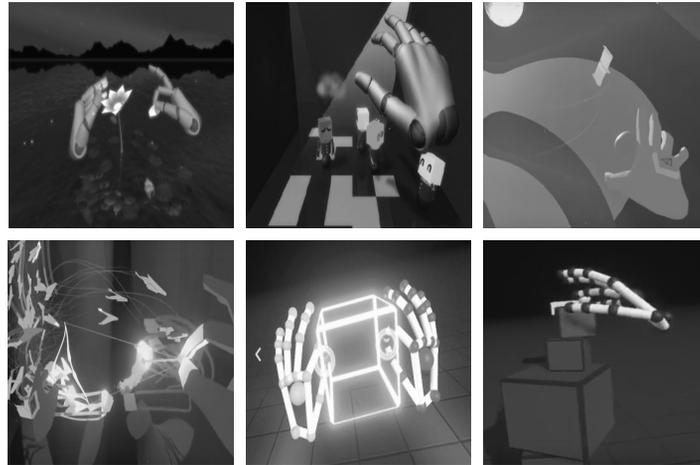


Figure3. Virtual reality hand movement program

가상현실훈련 대상자는 처음 5분간 주먹, 가위, 보와 같은 손 움직임과 개별적인 손가락 움직임에 대한 워밍업 운동을 실시하였다. 가상훈련 프로그램은 전, 후반으로 각각 15분씩 개인이 선택한 가상현실훈련을 실시하도록 하였으며, 프로그램 전, 후반 사이에는 5분간에 휴식시간을 제공하였다. 대조군은 일반적인 작업치료를 실시하였으며, 주로 능동적인 관절가동범위 훈련 및 과제를 이용한 훈련을 실시하였다.

#### 4. 측정 도구

##### (1) Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity(FMA-UE)

Fugl-meyer 운동기능평가는 Brunnstrom의 편마비 분류와 발달을 수정한 것으로 Brunnstrom의 회복 6단계를 50가지의 움직임으로 세분화하여 만들어진 평가도구이다. 본 연구에서는 상지기능만을 평가하기 위해 Fugl-meyer assessment 중 어깨와 팔꿈치(18항목), 손목(5항목), 손(7항목), 상지협응력(3항목)만을 평가하였다. 평가항목은 수행 정도에 따라 0~2점을 부여하며, 0점은 수행하지 못함, 1점은 부분적으로 수행함, 2점은 완전 수행함으로 나누어 점수를 부여한다. 전체 점수는 상지의 기능을 모두 포함하지만 본 연구에서는 상지에 해당하는 평가부분만 수행하였기에 만점은 66점이다. 본 평가도구의 검사자가 신뢰도는 0.96이다.<sup>11)</sup>

##### (2) Wolf Motor Function Test(WMFT)

울프운동기능 평가는 뇌졸중 환자의 상지 기능을 평가하는 평가도구로서 상지에 기능적인 부분을 평가하기 위해 총 17가지의 과제 수행을 평가하도록 구성되어있다. 과제들은 난이도가 낮은 과제에서 높은 과제까지 상지의 기능적인 움직임 참여도가 점차적으로 높아지게 구성되어있으며, 상지에 움직임의 양

(quantity)을 측정하는 수행시간(performance time)과 움직임의 질(quality)을 측정하는 기능점수 척도(functional ability scale)를 이용하여 평가하게 된다. 움직임의 질을 평가하기 위해 구성된 기능점수 척도는 6점 척도로 구성되어 있으며, 가장 낮은 점수인 0점은 '수행되지 않음' 그리고 가장 높은 점수인 5점은 '정상적인 움직임'으로 점수를 부여하게 된다. 총점은 75점 만점으로 점수가 높을수록 상지기능이 좋다는 것을 의미한다. 본 평가도구의 신뢰도는 0.88로 높은 신뢰도를 가지고 있다.<sup>12)</sup>

##### (3) Box and Block Test(BBT)

본 연구에서는 환측 손의 기민성을 측정하기 위하여 상자와 나무토막 검사(box and block test)를 실시하였다. 이 검사는 1분 동안 1인치 크기의 블록을 한쪽 상자에서 다른 쪽 상자로 옮기는 개수를 측정하여 점수로 부여한다. 이 검사의 신뢰도는 오른쪽 손이 0.98, 왼손이 0.94이며, 타당도는 0.91이다.<sup>13)</sup>

#### 5. 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 window SPSS version 18.0을 이용하여 통계처리를 하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준 편차를 계산하였고, 카이제곱 검정을 통해 동질성 검증을 실시하였다. 실험군과 대조군의 집단 내 중재 전, 후 상지 기능에 변화를 알아보기 위하여 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 사용하였고, 두 집단간 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 실시하였다. 또한 두 집단 간 실험 전, 후 변화량 비교를 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 모든 통계자료의 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

### III. 결 과

#### 1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 전체 대상자는 총 30명으로 가상현실을 기반으로 한 손 움직임 훈련 집단인 실험군 15명과 일반적인 작업치료를 받은 대조군 15명으로 무작위 배정되었으며, 두 집단 간 대상자의 성별, 연령, 발병유형, 손상 측 부위, 발병 기간에 따른 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). 연구대상자의 일반적인 특성에 대한 자세한 내용은 다음과 같다(Table 1).

#### 2. 중재 전, 후 집단 내 상지기능 변화 비교

실험군에서 가상현실훈련 전, 후 FMA-UE 점수가  $51.08\pm6.47$ 점에서  $56.93\pm5.32$ 점으로 향상되었으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(\*\* $p<.01$ ). 일반적인 작업치료 중재를 한 대조군에서도 중재 전, 후 FMA-UE 점수가  $54.20\pm5.10$ 점에서  $55.27\pm5.33$ 점으로 향상되었으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(\* $p<.05$ ) WMFT 평가에서는 실험군이  $31.07\pm5.93$ 점에서  $35.73\pm5.32$ 점으로 점수가 향상되었고 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며(\*\* $p<.01$ ), 대조군에서도 평가 점수가  $28.87\pm7.39$ 점에서  $31.27\pm7.46$ 점으로 향상

되었으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(\*\* $p<.01$ ) (Table 2). 마지막으로 BBT 평가 결과 실험군은 중재 전  $18.47\pm6.03$ 개에서 중재 후  $23.07\pm4.75$ 개로 통계학적으로 유의한 향상(\*\* $p<.01$ )을 보였으며, 대조군 또한 중재 전  $20.20\pm5.71$ 개에서 중재 후  $22.07\pm6.61$ 개로 향상되었으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(\*\* $p<.01$ )(Table 2).

#### 3. 중재 전, 후 집단 간 상지기능 변화 비교

가상현실훈련을 한 실험군과 일반적인 작업치료 중재를 한 대조군 두 집단간 중재 후 상지기능에 변화는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p>.05$ )(Table 2).

#### 4. 중재 전, 후 집단 내 상지기능 변화 양 비교

가상현실훈련 중재를 한 실험군이 일반적인 작업치료를 받은 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 FMA-UE( $\uparrow$   $p<.01$ ), WMFT( $\uparrow$   $p<.05$ ) 평가점수 변화 양이 더 크게 나타났으며, 손의 기민성 변화를 알아보기 위해 실시한 BBT 평가에서도 실험군이 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 평가점수의 변화 양이 더 크게 나타났다( $\uparrow$   $p<.05$ )(Table 3).

**Table 1. Characteristics of participants**

Characteristics	Experimental Group (n=15)	Control group (n=15)	X <sup>2</sup> /t	p
Age(year),mean±SD	54.20±13.61	58.40±15.17	-.798	.432
Gender(male/female)	5/10	8/7	1.222	.269
Type of stroke (Hemorrhage/Infarction)	8/7	9/6	.136	.713
Side of stroke (Right/Left)	6/9	5/10	.144	.705
Time since onset of stroke months, mean ± SD	9.40±1.18	9.93±1.79	-.962	.344

SD: standard deviation.

**Table 2. Comparison of results between Experimental group and control group**

	Experimental group			Control Group			Between groups P-values
	Before treatment	After treatment	p-value	Before treatment	After treatment	p-value	
FMA UE	51.80(6.47)	56.93(5.32)	.001**	54.20(5.10)	55.27(5.33)	.015*	.399
WMFT	31.07(5.93)	35.73(4.78)	.000**	28.87(7.39)	31.27(7.46)	.000**	.061
Box & block	18.47(6.03)	23.07(4.75)	.001**	20.20(5.71)	22.07(6.61)	.002**	.638

The values are mean ± standard deviation,

\* $p<.05$ , \*\* $p < 0.01$  by Paired *t* test

Table 3. Comparison of the differences after treatment in the two groups

	Experimental group	Control group	p-value
FMA UE	5.13(4.65)	1.07(1.48)	.003 <sup>††</sup>
WMFT	4.67(3.73)	2.40(1.88)	.045 <sup>†</sup>
Box & block	4.60(4.18)	1.87(1.95)	.033 <sup>†</sup>

The values are mean  $\pm$  standard deviation,

<sup>†</sup>p<0.05, <sup>††</sup>p<0.01 by independent t test.

#### IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실을 기반으로 한 손 움직임 훈련을 하였을 때, 뇌졸중 환자의 상지기능에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 가상현실훈련을 실시한 실험군에 평가 결과를 살펴보면 중재 후 손상 측 상지기능이 전반적으로 향상됨을 알 수 있었고 FMA-UE, WMFT 평가결과 주로 손목과 손에 기능적 움직임이 향상되었음을 알 수 있었다. 급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 12주간 24회기 동안 Rehabilitation Gaming System을 이용하여 가상현실 훈련을 실시한 결과 상지기능 향상에 효과가 있었다는 선행연구 결과와 일치함을 보였으며,<sup>14)</sup> X-box를 이용한 가상현실훈련을 6주 동안 적용하였을 때, 손목을 제외한 상지기능 향상에 효과가 있었다는 연구 결과와도 일치함을 보였다.<sup>15)</sup>

하지만 위 선행 연구와 다른점은 본 실험 연구에서는 상지의 근위부 움직임만을 훈련한 것이 아닌 손목과 손의 말단부위의 움직임 훈련을 병행하여 같이 실시하였기에 앞선 선행연구 결과와 달리 손목과 손의 기능적 움직임에 있어 향상을 보인 것으로 사료된다. 그리고 가상현실훈련을 실시한 실험군에서 중재 전과 비교하여 환측 손의 기민성이 향상되었음을 BBT 평가 결과 알 수 있었으며, 이 연구 결과는 Wii장비를 이용한 가상현실훈련을 통해 아급성기 뇌졸중 환자의 손 기민성과 상지 기능을 향상시켰다는 선행연구 결과와 일치함을 보였다.<sup>16)</sup> 또한 본 연구와 유사하게 손 움직임을 인식할 수 있는 가상현실 기반 스마트 글러브를 이용한 중재를 통해 뇌졸중 환자에 손의 기민성과 상지 기능을 향상시켰다는 연구결과와 일치함을 보였다.<sup>17)</sup>

실험군과 대조군 두 그룹간 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 대조군에서 실시한 일반적인 작업치료에서의 과제활동 역시 손을 기능적으로 움직이는데 있어 긍정적인 영향을 미쳤으며, 중재 후 결과값을 실험군과 비교한 결과 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않아 실험군과 대조군에서 적용한 두가지 중재법 모두 뇌졸중 환자의 상지 및 손 기능 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

실험군과 대조군 두 그룹 간 중재 후 상지기능 평가 변화 양의 차이를 비교한 결과 실험군이 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 향상 폭이 더 크게 나타나 가상현실을 기반으로 한 손 움직임 훈련이 뇌졸중 환자의 상지기능을 보다 효과적으로 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 연구에 참여한 가상현실훈련 대상자들은 향상된 손 움직임을 통해 일상생활활동을 수행함에 있어 신발끈 묶기, 단추 잠그기, 목욕하기 등 양손을 이용하여 수행할 수 있는 활동들을 수행하는데 수행시간을 단축시킬 수 있었다. 이와 같은 결과를 미루어 볼 때, 뇌졸중 환자의 상지기능을 보다 효과적으로 회복시키기 위해서는 일반적인 작업치료와 병행하여 수행할 수 있는 다양한 가상현실훈련 프로그램 적용이 필요할 것이라 사료된다.

앞선 선행연구에서 사용된 가상현실훈련 시스템들은 고가의 장비를 필요로 하며, 수행에 있어 공간적인 제약이 따르게 되는 단점을 가지고 있다. 또한 이전 가상현실훈련 프로그램 대부분은 컨트롤러를 손에 쥐고 상지의 근위부 움직임에 따른 훈련만을 수행하게 되어 정작 일상생활에서 가장 많이 사용되는 정교한 손 움직임을 훈련하기에는 제한점이 많았다. 따라서 본 연구에서 사용된 가상현실훈련 시스템은 상지의 원위부 움직임 즉 손에 기능적 움직임을 향상시키기에 보다 효과적일 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 연구 대상자의 수가 적어 연구 결과를 일반화하기 어렵고 연구 대상자의 질환 부위별 비교와 치료효과에 대한 지속성을 알아보기 어렵다는 제한점을 가지고 있다. 향후 이러한 제한점을 보완할 수 있도록 더 많은 수의 환자를 대상으로 한 연구가 이루어지길 바라며, 시간 경과에 따른 치료효과 지속성을 알아보기 위한 전향적 연구들이 다양하게 이루어지길 바란다. 그리고 본 연구에서는 연구 대상자들에 손 기능 증진을 통해 변화된 일상생활활동을 객관적으로 평가하지 못하였지만 향후 연구에서는 손 움직임 향상에 따른 일상생활활동에 변화 연구도 다양하게 이루어지길 바란다. 마지막으로 작업치료분야에 있어 뇌졸중 환자의 상지기능 회복을 위한 가상현실시스템이 어떠한 방향성을 가지고 발전해야 하는지에 대해 생각 해볼 수 있는 계기가 되길 바라며, 본 연구 결과가 가상현실훈련을 통해 뇌졸중 환자의 상지기능을

회복시키는 임상적 자료로 활용되길 기대한다.

## References

1. World Health Organization. The top 10 causes of death. 2014.
2. Trombly CA, Radomski MV. Occupational therapy for physical dysfunction. 7th ed. Baltimore., 2013:25-45.
3. Jonsson AC, Lindgren I, Hallstrom B, et al. Determinants of quality of life in stroke survivors and their informal caregivers. *Stroke*. 2005;36(4):803-08.
4. Michaelsen SM, Dannenbaum R, Levin MF. Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke: randomized control trial. *Stroke*. 2006;37(1):186-192.
5. Langhorne P, Bemerhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet*. 2011;377(9778):1693-1702.
6. Liepert J. Evidence-based therapies for upper extremity dysfunction. *Current Opinion Neurology*. 2010;23(6):678-82.
7. Turolla A, Dam M, Ventura L, et al. Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *Neuroeng Rehabil*. 2013;10(85):1-9.
8. Rizzolatti G, Fadiga L, Fogassi L, et al. Resonance behaviors and mirror neurons. *Archives Italiennes de Biologie*. 1999;137(2-3):85-100.
9. Nanji LS, Cardoso AT, Costa J. Analysis of the cochrane review: interventions for improving upper limb function after stroke. *Acta medica portuguesa*. 2015;28(5):551-53.
10. Yu DH, Hong DG, Choi SY. Effect of virtual reality-based task training on upper extremity function and activities of daily living in stroke patients: single subject research. *Rehabilitation Research*. 2014;18(2):289-308.
11. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2002;16:232-240.
12. Wolf SL, Thompson PA, Morris DM, et al. The EXCITE trial: attributes of the Wolf Motor Function Test in patients with subacute stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2005;19(3):194-205.
13. Trombly CA, Radomski MV. Occupational therapy for physical dysfunction. 5th ed. Baltimore, Lippincott Williams, Wilkins., 2002.
14. Da silva cameiro M, Bermudez I, Badia S, et al. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restor Neurosci*. 2011;29:287-98.
15. Sin H, Lee G. Additional virtual reality training using X-box Kinect in stroke survivors with hemiplegia. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2013;92(10):871-80.
16. Goncalves MG, Piva MFL, Marques CLS, et al. Effects of virtual reality therapy on upper limb function after stroke and the role of neuroimaging as a predictor of a better response. *Arq Neuropsiquiatr*. 2018;76(10):654-62.
17. Bae WJ, Kam KY. Effects of immersive virtual reality intervention on upper extremity function in poststroke patients. *Journal of Korean Society of Integrative Medicine*. 2017;5(3):1-9.