

라파엘 스마트 글러브를 이용한 가상현실 재활프로그램이 뇌졸중환자의 상지 기능과 일상생활활동 수행에 미치는 영향

김 고 운[‡]

[‡]더자람감각통합연구소 연구원

Effect of Virtual Reality Rehabilitation Program with RAPAEEL Smart Glove on Stroke Patient's Upper Extremity Functions and Activities of Daily Living

Kim Koun, OT, Ph.D[‡]

[‡]*Thejalam Sensory Integration Development Research Institute, Researcher*

Abstract

Purpose : This study examined the effects of a virtual reality rehabilitation program on stroke patients' upper extremity functions and activities of daily living (ADL).

Methods : The subjects were equally and randomly divided into an experimental group (n=16) to whom a virtual reality rehabilitation program was applied and a control group (n=16) who received traditional occupational therapy. The intervention was applied five times per week, 30 minutes per each time, for six weeks. Jebsen-Taylor hand function test was conducted and the subjects' Manual Function Test was measured to examine their upper extremity functions before and after the treatment intervention, and a Korean version of modified Barthel index was calculated to look at their activities of daily living.

Results : After the intervention, the upper extremity functions and activities of daily living of the participants in both groups significantly improved ($p < .05$). However, the improvements in these parameters among the participants in the virtual reality rehabilitation program were significantly greater than those in the control group ($p > .05$).

Conclusion : The virtual reality rehabilitation program is a stable and reliable intervention method for enhancing the upper limb functions and activities of daily living of stroke patients.

Key Words : activities of day living, stroke, upper extremity functions, traditional occupational therapy, virtual reality rehabilitation program

[‡]교신저자 : 김고운, zsgold@hanmail.net

I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관 질환 중의 하나로 뇌혈관이 터지거나 막혀서 발생하는 신체에 전반적으로 작용하는 장애이다(Prange 등, 2006). 뇌졸중 환자의 역학 연구에 따르면, 30~66 % 정도 편마비를 가지며, 발병 6개월 이후 상지 기능의 완전한 회복은 5~20 % 정도에 불과하다(Kwakkel 등, 2008). 뇌졸중 환자는 상지 기능의 장애는 기본적인 일상생활 활동의 어려움에 중요한 요인으로 작용하여, 독립적인 생활에 어려움을 주는 주요한 요인이다(Michaelsen 등, 2006). 또한, 뇌졸중 환자의 상지 기능과 일상생활활동은 높은 상관관계를 보여, 상지 기능 회복을 통한 일상생활 활동이 필요하다(Lee, 2009).

뇌졸중 환자의 상지 기능의 회복을 위한 효과적인 방법은 반복적이고, 기능적이며 의미 있고, 도전적인 과제를 제공하는 것이다(Van Peppen 등, 2004). 구체적인 방법으로는 과제 지향적 훈련(task-oriented training), 로봇 보조 재활(robotic-assisted rehabilitation), 강제유도 운동치료(constraint induced movement therapy; CIMT) 등이 있다(Peurala 등, 2012; Thieme 등, 2019; Winstein 등, 2016). 하지만, 로봇 보조 재활 치료의 경우 기능적인 회복이 아닌 운동 조절 능력의 회복에 초점을 맞추고 있으며(Hong, 2015), 강제유도운동 치료의 경우 건측의 제한으로 인한 심리적 압박감으로 인해 치료에 대한 거부감이 생길 수 있으며, 거울 치료의 경우 독립적으로 적용하기 보다는 다른 치료와 결합하였을 때, 치료의 효과를 기대할 수 있다는 제한점을 가지고 있다(Cheng 등, 2011; Thieme 등, 2019). 위와 같은 치료 방법을 대체하는 방법의 하나가 가상현실프로그램이다. 이는 환경의 변화와 더불어 과제수행의 난이도 조절이 가능해 흥미와 동기를 유발하여, 환자가 능동운동으로 과제를 수행할 수 있었으며(Dault 등, 2003), 뇌졸중 환자에게 가상현실프로그램을 적용하였을 경우 상지기능의 증진으로 인한 균형능력과 더불어 시지각 기능의 향상 그리고 일상생활 활동 수행능력의 독립성 증가로 인한 삶의 질이 증가했다(Lee, 2013; Song 등, 2011)라는 연구가 보고되고 있다.

최근 대두되고 있는 라파엘 스마트 글러브(RAPAE

smart glove)는 가상현실프로그램의 일종으로, 뇌졸중 환자의 상지 기능의 재활을 위해 설계된 글러브 모양의 센서 장치와 상지 기능의 움직임에 의해 재활의 효과를 증진할 수 있는 소프트웨어 애플리케이션(software application)으로, 생체 되먹임(biofeedback) 시스템을 이용하며(Shin 등, 2016), 라파엘 스마트 글러브를 착용한 환자의 상지와 손 움직임의 자세를 통한 상지의 여러 가지 움직임(아래상지의 옆침/뒤침, 손목의 굽힘/펴/좌측/노측 편위, 손가락 굽힘/펴 등)을 인식하여 3차원적인 방위를 측정하고 5개의 굽힘 센서는 손가락의 구부림 정도를 측정할 수 있다(Neofect, 2016). 스마트 글러브를 착용하여, 가상현실 재활프로그램을 통해 일상생활 활동을 시뮬레이션(simulation) 할 수 있어, 환자들의 능동적인 참여로 인한 동기유발에 긍정적으로 적용할 수 있다(Shin 등, 2016).

그러나 아직 국내에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 재활프로그램의 일종인 라파엘 스마트 글러브를 착용하여 상지기능 및 일상생활활동을 한 연구는 부족한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자에게 가상현실 재활프로그램인 라파엘 스마트 글러브를 착용하여 뇌졸중 환자의 상지 기능의 향상과 함께 일상생활 활동 수행능력에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상 및 기간

본 연구는 2018년 06월 18일부터 2018년 07월 27일까지 6주간 부산광역시 소재한 재활병원에서 자기공명영상 촬영(MRI)이나 전산화단층촬영(CT)으로 뇌졸중을 진단받은 환자 중 상지와 손의 기능이 수정된 Ashworth 척도(Modified Ashworth Scale; MAS)의 점수가 2 미만인 자, 마비측 상지의 Brunnstrom(1970) 회복 단계가 1~4단계인 자,와 한국형 간이정신상태 판별검사(MMSE-K)의 점수가 24점 이상인 자로 본 연구에 대해 이해하고 스스로 참여하겠다고 서면으로 동의한 환자를 대상으로 하였으며 또한 상지의 근골격계통 손상 질환이 있는 자,

신경학적 및 정형외과적 문제로 가상현실운동프로그램을 수행할 수 없는 자는 연구에서 제외는 제외하였다.

실험군은 가상현실 재활프로그램을 적용하고 대조군은 전통적 작업치료를 적용하여 수동적/능동적 어깨관절 및 손 기능에 대한 운동과 도구를 사용하여 상지 기능을 증진하도록 프로그램을 구성하였고, 일상생활 활동의 과정은 관절가동범위나 기능상의 능력을 고려하여 기본적, 수단적 일상생활활동을 제공하였다.

연구대상자는 대상자 선정 기준에 부합하는 총 32명을 선별하였다. 그 이외의 일반적인 특성은 Table 1에 제시하였다.

성별은 실험집단에서 남성이 7명, 여성이 9명이었고,

통제집단은 남성은 8명, 여성은 8명이었다. 손상 측은 실험집단은 왼쪽은 6명이고, 오른쪽은 10명이었으며, 통제집단은 왼쪽 손상이 7명, 오른쪽 손상이 9명이었다. 연령은 실험집단은 평균 57.25±12.94세, 통제집단은 64.00±8.99세였다. 발병 기간은 실험집단과 통제집단 모두 13~24개월이 각각 10명으로 가장 많았으며, 뇌졸중의 원인으로는 실험집단에서는 뇌출혈이 6명, 뇌경색이 10명이었으며, 통제집단에서는 뇌출혈과 뇌경색이 모두 8명이었다. 또한 실험집단과 통제집단의 일반적 특성에 대한 동질성 검사의 모든 영역에서 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$) (Table 1).

Table 1. The General characteristics of study subjects by group

		EG (n=16)	CG (n=16)	χ^2	p
Gender	Male	7	8	.125	.723
	Female	9	8		
Paretic side	Left	6	7	.130	.719
	Right	10	9		
Age (average)		57.25±12.94	64.00±8.99	26.00	.301
Time since stroke (month)	Under 6 Month	1	1	2.500	.475
	7~12 Month	2	5		
	13~24 Month	10	10		
	Over 24 Month	2	0		
Cause of disease	Cerebral infarction	10	8	.508	.476
	Cerebral hemorrhage	6	8		

CG; control group, EG; experimental group, * $p<.01$

2. 실험도구 및 측정 방법

1) 젱슨 테일러 손기능 검사(Jebesen-Taylor Hand Function Test; JTHFT)

1969년 Jebesen에 의해 개발된 상지의 기능을 알아보는 검사 도구이다. 7가지의 하위검사로 구성되어 일상생활 활동에서 사용하는 항목으로 구성되어 있다. 각 하위 검사는 글씨쓰기, 카드 뒤집기, 작은 물건집기, 먹기 흉내 내기, 장기 말 쌓기, 크고 가벼운 물건 옮기기, 크고 무거운 물건 옮기기로 구성되어 있다(Sears & Chung, 2010). 각 검사의 소요 시간은 초 단위로 측정하며. 우세손인

경우에는 검사와 재검사 신뢰도가 .67~.99, 비우세손인 경우 .60~.92의 신뢰도를 갖는다(Asher, 1996). 본 연구에서는 Kim 등(2007)이 제시한 신점수체계의 총점을 이용하여 환측 손을 측정하였다.

2) 울프 운동기능 검사 (Wolf Motor Function Test; WMFT)

Wolf Motor Function Test(WMFT)는 1989년 미국에서 개발되었으며 편마비 환자의 상지 운동능력 및 기능을 평가하는 도구로, 하위 항목 총 17개 구성되어 있으며, 각 활동의 수행 시간과 활동의 질적인 측면을 평가하여 기능적 점수를 측정하여 기록하게 되어있다. 단순한 동

작부터 복잡한 동작까지 다양한 기능을 포함하고 있어 상지의 기능적 수행능력을 검사하기에 적절하며, 운동 수행 능력과 수행 시간을 한 번에 측정 가능하다는 장점이 있다(Wolf 등, 1989). 또한 한글판으로 전환된 WMFT는 검사자 간, 검사자 내 신뢰도를 검증하기 위해 질병 발병 6개월이 경과한 성인 편마비 환자 20명을 대상으로 검사를 하여, 검사자 간 신뢰도를 평가하는 상관계수 수행 시간은 0.94, 기능적 점수 0.99의 신뢰도를 보였다. 검사자 내 신뢰도를 분석하는 급간 내 상관계수는 수행시간 1.00, 기능적 점수 0.97로 나타났다(Park 등, 2005). 본 연구에서는 환측의 측정값만을 사용하였다.

3) 한글판 수정바델지수 (Korean-version of Modified Barthel Index; K-MBI)

Barthel 등이 1965년에 개발한 것으로 Saha 등(Shah 등, 1989)이 1989년 수정·보완한 일상생활 평가도구이다. 일상생활 활동의 영역을 신변처리(7개 항목), 가동능력(3개 항목)으로 나누어 5단계로 도움의 정도에 따라 점수화하고 있다. 총점 100점으로 구성되어 있으며, 0~24점 완전 의존성, 25~40점 약간의 의존성, 41~56점 최소 의존성, 57~72점 완전한 독립성으로 나누어 구분하고 있다. 검사와 재검사 신뢰도는 .89, 검사자간 신뢰도는 .95이다(Shah 등, 1989).

4) 가상현실 재활프로그램

본 연구에서 라파엘 스마트 글러브(네오팩트, 한국)를 가상현실 재활프로그램 중재로 사용하였다. 라파엘 스마트 글러브는 한국의 네오팩트사에서 중추신경계환자의 상지 기능의 향상을 돕기 위한 기능회복 도구이다(Neofect, 2016). 본 도구는 일상생활 활동의 과제를 반복적으로 실시하며, 과제 수행 즉시 시각과 청각의 피드백,

수행기록을 저장하여, 대상자의 과제수행능력에 적합한 단계별 학습이 가능한 도구이다(Neofect, 2016).

본 연구 도구의 구성은 태블릿 PC, 스마트 글러브 그리고 액세서리로 구성되어 있고, 운동기능 훈련, 단순훈련, 기능훈련, 인지기능 훈련프로그램이 있다(Neofect, 2016). 이에 본 연구에서는 기능훈련인 나비와 공 잡기, 오렌지 짜기, 낚시, 요리, 바닥 청소, 와인 붓기, 팬스 칠하기, 페이지 넘기기를 환자의 난이도에 맞게 수정하여 사용하였다(Bae & Kam, 2017; Shin 등, 2016).

3. 자료분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS version 22.0을 이용하였고. 대상자의 일반적인 특성은 기술 분석을 통해 평균과 표준편차를 구하였고, 정규성검정은 Shapiro-Wilk을 사용하였다. 사전 값의 동질성을 알아보기 위해 독립표본 T검정을 사용하였다. 또한 중재 전·후의 비교는 대응표본 T검증(paired t-test), 중재 전후 변화량은 독립표본 T검증(Independent two-sample t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 .05이다.

Ⅲ. 연구결과

1. 중재 전 두 집단의 동질성 검증 결과

가상현실 재활프로그램을 적용하기 전 실험군과 대조군에서 각각의 검사 도구에 대한 평균과 표준편차를 알아보고 두 집단 간 동질성 검증을 하였다. 그 결과 모든 종속변수에서 두 군 간에 유의한 차이가 없었다 ($p>.05$)(Table 2).

Table 2. The general characteristics of upper extremity function, ADL

		EG (n=16)	CG (n=16)	t	p
Upper Extremity Function	JHFT	1.51±2.35	1.22±1.68	.388	.703
	WMFT	31.57±2.22	30.69±1.74	2.409	.058
ADL	K-MBI	58.06±24.30	57.00±16.58	.152	.881

2. 집단 내 중재 전·후 상지기능, 일상생활활동 수행능력 비교

집단 내에서 중재 전과 후를 비교한 결과, 실험군과 대조군에서 상지기능, 일상생활활동 수행능력 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p>.05$)(Table 3).

Table 3. Comparing between before and after mediation of each group after applying virtual reality rehabilitation

		EG (n=16)	CG (n=16)	
		Mean±SD	Mean±SD	
Upper Extremity Function	JHFT (score)	pre	1.51±2.35	1.22±1.68
		post	5.84±3.47	3.08±2.73
		t/p	-5.22 / .000**	-3.66 / .002**
	WMFT	pre	31.57±2.22	30.69±1.74
		post	58.19±1.38	47.63±1.36
		t/p	-45.07 / .000**	-24.27 / .000**
ADL	K-MBI	pre	58.06±24.30	57.00±16.58
		post	85.69±17.28	73.81±13.65
		t/p	-5.53 / .000**	-3.55 / .003**

* $p<.05$, ** $p<.01$

3. 중재 후 두 군간의 상지기능, 일상생활활동 수행능력의 변화량 비교

수행능력을 비교한 결과, 두 집단 간의 상지기능, 일상생활활동 수행능력은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p>.05$)(Table 4).

중재 후 실험군과 대조군의 상지기능, 일상생활활동

Table 4. Comparison of the two group means of total score changes before and after the application of virtual reality rehabilitation program

		EG (n=16)	CG (n=16)	t	p
		Mean±SD	Mean±SD		
Upper Extremity Function	JHFT (score)	4.33±3.32	1.50±0.52	3.519	.003**
	WMFT	26.62±2.36	16.94±2.80	10.594	.000**
ADL	K-MBI	27.62±20.00	13.00±17.49	2.38	.031*

* $p<.05$, ** $p<.01$

IV. 고 찰

뇌졸중 환자는 상지 기능의 장애로 인해 작업수행의 어려움으로 인해 전반적으로 일상생활 활동에 어려움을 겪는다(Lee, 2009). 이러한 특성으로 인해 상지 기능 회

복을 통한 일상생활 활동의 집중적인 재활 훈련이 필요한 현실이다. 그러므로 최근 다양하고 효과적인 재활 훈련 프로그램이 개발되고 있으며, 최근 대두되고 있는 프로그램 중의 하나가 가상현실 재활프로그램이다. 본 연구의 목적은 국내에서 개발된 가상현실 재활프로그램

중 라파엘 스마트 글러브를 적용하여 필 기능 증진을 통한 일상생활 활동의 변화에 대해 알아보고 가상현실 재활프로그램의 재활 치료 필요성의 알아보기 위함이다. 이에 본 연구에서는 가상현실 재활프로그램을 제공한 실험군과 전통적 작업치료를 한 대조군을 대상으로 뇌졸중 환자의 상지 기능 및 일상생활 활동에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 32명의 뇌졸중 환자를 대상으로 무선배치 방식으로 실험연구를 시행하였다. 대조군에서는 상지 기능 일상생활 활동을 위해 보편적인 재활 치료를 주 5회 30분 6주간 실시하였으며, 실험군에는 가상현실 재활프로그램을 주 5회 30분 6주간 실시하였다.

집단 내 중재 전·후를 비교한 결과 가상현실 재활프로그램을 적용한 실험군과 전통적 작업치료를 적용한 대조군의 상지기능과 일상생활활동 수행능력에서 모두 유의한 차이가 나타났으며, 집단 간 중재 후 총점 변화량에서는 실험군이 대조군에 비해 상지기능과 일상생활활동 수행능력에서 모두 유의한 차이가 나타났다.

뇌졸중 환자의 상지기능과 일상생활활동 수행 능력에 미치는 효과에 대해 알아보고자 시행된 Back(2017)의 연구에서 상지기능의 향상으로 인한 일상생활활동 MBI 점수가 향상되었음을 보고한 연구결과와 일치한다. 이러한 본 연구의 결과는 기존에 적용되어온 일반적 작업치료와 비교하여 가상현실 재활프로그램을 제공하여 뇌졸중 환자의 상지기능을 향상시켜 일상생활활동 기능을 향상시키기 위해 매우 효과적임을 알 수 있다. 즉 손상측의 상지 기능의 향상으로 인해 일상생활활동 수행 능력에 영향을 미친 것으로 사료되며, 이러한 연구 결과는 Kim(2015)의 연구에서 한국형 가상현실재활시스템을 적용하여 뇌 손상 환자의 상지 기능에 긍정적인 영향을 주었다는 연구 결과와 유사하다. Broeren 등(2004)의 연구에서 뇌졸중 환자들은 가상현실 재활프로그램을 이용할 때, 손상측 팔을 사용하는 것을 선호하였으며, 이를 통해 일상생활활동이 증진하였다고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서 가상현실프로그램을 이용해 손상측 팔의 움직임의 향상을 통해 K-MBI의 점수가 유의하게 향상하였다는 결과와 일치한다. 즉, 가상현실재활프로그램을 통해 상지 움직임의 활성화로 몸통의 안정성의 증진과 함께 K-MBI의 하위 항목이 증가하였다는 것을 알 수 있다.

또한 Kim(2011)은 가상현실 게임을 이용하여 만성 뇌졸중 환자의 상지에 집중적인 훈련을 실시한 결과 상지 기능과 기능적 자기공명장치(fMRI)를 통해 상지 기능의 효과적인 회복과 뇌 재조직화가 촉진 되는 것을 확인하였다. 그러나 위의 연구에서는 순수한 재활 훈련을 목적으로 제작된 도구로 연구대상자의 흥미를 유발하기 위한 프로그램이 제공되지 않았다는 점에서 본 연구와 차이가 있다. 또한 Yang 등(2018)은 가상현실 훈련을 통해 뇌졸중 환자 36명을 대상으로 인지 기능과 일상생활 수행에 대한 연구에서 가상현실군에서 인지 기능뿐만 아니라 K-MBI 점수의 유의한 증가를 확인하였고, 결국 일상생활 수행에 효과적인 영향을 준다고 보고하였으며, 가상현실 재활프로그램을 적용한 실험군에서 대조군보다 일상생활 활동이 유의하게 증가하였는데, 이러한 연구 결과는 Lee(2013)의 연구에서 30명의 뇌졸중 환자를 대상으로 실험군과 대조군으로 나눠 30분간 주 5회 8주간 가상현실치료를 한 결과 실험군에서 재활 치료만을 한 대조군에 비해 일상생활 활동이 증진하였다는 연구결과와 유사하다. 하지만, Lee와 Koo(2017)의 연구에서는 BioRescure라는 가상현실프로그램을 사용하여 움직임 기반으로 한 가상현실 프로그램으로 균형 및 움직임을 통해 일상생활 활동이 증진하여 본 연구와 유사한 결과를 가진다. 또한 흥미 위주의 게임보다는 운동의 시간 및 강도 조절이 초점이 된 프로그램으로 흥미를 끌어내기 보다는 운동을 통한 일상생활 활동의 증진이 보이는 것 또한 차이가 있다. 그러므로 본 연구에서 사용한 가상현실 재활프로그램은 뇌졸중환자의 상지 기능과 일상생활 활동 수행의 증진에 도움이 된다고 볼 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 연구 대상자 수의 제한으로 연구 결과의 일반화가 어렵다. 또한, 상지 기능의 증진이 어떻게 환자의 전반적인 삶에 영향을 미치는지 알아보지 못하였다. 따라서 앞으로는 연구 결과를 일반화하기 위해 많은 환자를 대상으로 연구가 필요하며, 환자의 전반적인 삶의 증진을 위해 상지 기능, 일상생활 활동뿐만 아니라 다른 요소에 대한 연구가 이루어질 필요가 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구는 가상현실 재활프로그램의 일종인 라파엘 스마트 글러브를 적용한 뇌졸중 환자의 상지 기능과 일상생활 활동에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 32명의 뇌졸중 환자를 실험군 16명과 대조군 16명으로 나눠 무작위로 배분하여 실험군에는 가상현실 재활프로그램인 라파엘 스마트 글러브를 적용하였고, 대조군에서는 전통적 작업치료를 적용하였다.

각 집단의 중재 전과 후의 JHFT, WMFT를 이용해 상지 기능회복을 평가하였고, 일상생활 활동은 K-MBI를 통해 알아보았다. 그 결과 첫째, 두 그룹 모두 상지 기능과 일상생활활동 수행능력이 증가하였으며, 둘째, 그룹 간 차이를 비교한 결과 상지 기능과 일상생활활동 수행능력 에서도 유의한 차이를 보였다.

이에 본 연구의 결과는 라파엘 스마트 글러브의 적용이 뇌졸중 환자의 상지 기능과 일상생활 활동에 효과적인 것을 의미한다. 이는 뇌졸중 환자의 상지 기능과 일상생활 활동의 증진을 할 수 있는 방법으로 가상현실 재활프로그램인 라파엘 글러브의 적용이 중요한 하나의 방법이 될 것이다.

참고문헌

- Asher IE(1996). Occupational therapy assessment tools: An annotated index. 2nd ed, Bethesda, MD: American Occupational Therapy Association, pp.310-315.
- Bae WJ, Kam KY(2017). Effects of immersive virtual reality intervention on upper extremity function in post-stroke patients. *J Korean Soc Integrative Med*, 5(3), 1-9.
- Baek SW(2017). Effect of mirror therapy with functional electrical stimulation on upper extremity function and activities of daily living performance in chronic stage stroke patients. Graduate school of Yonsei University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Broeren J, Rydmark M, Sunnerhagen KS(2004). Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke: a single-case study. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(8), 1247-1250.
- Cheng X, Zhou Y, Zuo C, et al(2011). Design of an upper limb rehabilitation robot based on medical theory. *Procedia Eng*, 15, 688-692.
- Dault MC, de Haart M, Geurts AC, et al(2003). Effects of visual center of pressure feedback on postural control in young and elderly healthy adults and in stroke patients. *Hum Mov Sci*, 22(3), 221-236.
- Hong WJ(2015). Short-term effect of robot-assisted therapy on arm reaching in subacute stroke patients. Graduate school of Yonsei University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Jebsen RH, Taylor NE, Trieschmann RB, et al(1969). An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil*, 50(6), 311-319.
- Kim YG(2015). The effect on korean virtual reality rehabilitation system(VREHAT) in balance, upper extremity function and activities of daily living(ADL) in brain injury. *J Rehabil Res*, 19(2), 257-276.
- Kim JH(2011). The effects of training using virtual reality games on stroke patients' functional recovery. Graduate school of Dongshin University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim JH, Kim IS, Han TR(2007). New scoring system for Jebsen hand function test. *Ann Rehabil Med*, 31(6), 623-629.
- Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI(2008). Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair*, 22(2), 111-121.
- Lee HM(2013). Effects of virtual reality based viode game and rehabilitation exercise on the balance and activities of daily living of chronic stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*, 8(2), 201-207.
- Lee SH(2009). Correlation between ACLT and FIM, MMSE-K, and MFT in stroke patients. *The Journal of the Korea Contents Association*, 9(9), 287-294.

- Lee MJ, Koo HM(2017). The effect of virtual reality-based sitting balance training program on ability of sitting balance and activities of daily living in hemiplegic patients. *J Korean Soc Integrative Med*, 5(3), 11-19.
- Michaelsen SM, Dannenbaum R, Levin MF(2006). Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke: randomized control trial. *Stroke*, 37(1), 186-192.
- Neofect(2016). RAPAEL smart solution manual. Neofect. Korea.
- Park CS, Park SW, Kim KM, et al(2005). The interrater and intrarater reliability of Korean Wolf Motor Function Test. *Ann Rehabil Med*, 29(3), 317-322.
- Peurala SH, Kantanen MP, Sjögren T, et al(2012). Effectiveness of constraint-induced movement therapy on activity and participation after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil*, 26(3), 209-223.
- Prange GB, Jannink MJ, Groothuis-Oudshoorn CG, et al(2006). Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev*, 43(2), 171-184.
- Sears ED, Chung KC(2010). Validity and responsiveness of the Jebsen-Taylor hand function test. *J Hand Surg Am*, 35(1), 30-37.
- Shah S, Vanclay F, Cooper B(1989). Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *J Clin Epidemiol*, 42(8), 703-709.
- Shin JH, Kim MY, Lee JY, et al(2016). Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*, 13(1), 17.
- Song CH, Seo SM, Lee KJ, et al(2011). Video game-based exercise for upper-extremity function, strength, visual perception of stroke patients. *J Spe Edu & Rehabil Sci*, 50(1), 155-180.
- Thieme H, Morkisch N, Mehrholz J, et al(2019). Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Stroke*, 50(2), 26-27.
- Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, et al(2004). The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence. *Clin Rehabil*, 18(8), 833-862.
- Winstein CJ, Wolf SL, Dromerick AW, et al(2016). Effect of a task-oriented rehabilitation program on upper extremity recovery following motor stroke: the ICARE randomized clinical trial. *J Am Med Assoc*, 315(6), 571-581.
- Wolf SL, Lecraw DE, Barton LA, et al(1989). Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head-injured patients. *Exp Neurol*, 104(2), 125-132.
- Yang NY, Park HS, Yoon TH, et al(2018). Effectiveness of motion-based virtual reality training(Joystim) on cognitive function and activities of daily living in patients with stroke. *J Rehabil Welfare Eng & Ass Tech*, 12(1), 10-19.