

모션인식을 이용한 수부재활이 수부손상환자의 손기능에 미치는 영향

차윤준¹, 노동희², 감경윤^{3*}

¹근로복지공단 창원병원, ²근로복지공단 본부, ³인제대학교 보건의료융합대학 작업치료학과

The effect of rehabilitation using motion recognition on hand functions in patients with hand injury

Yun-Jun Cha¹, Dong-Hee Noh², Kyung-Yoon Kam^{3*}

¹Workers' Compensation and Welfare Service Changwon Hospital

²Workers' Compensation and Welfare Service Headquarters

³Dept. of Occupational Therapy, College of Healthcare Medical Science and Engineering, Inje University

요약 본 연구는 모션인식을 이용한 가상현실 과제가 수부손상 환자의 수부 기능에 미치는 영향을 조사하였다. 본 연구는 비동등성 대조군 전후설계로 18년 6월 ~ 19년 1월 까지 창원시 C병원 수부손상 환자 24명을 대상으로 손상 유형에 따라 Leap-Motion을 이용한 시각적 피드백 가상현실 과제그룹(VR그룹), 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹(VO그룹) 그리고 대조그룹(CTL)으로 배분하였다. VR그룹은 가상현실 과제 15분과 수부 치료 15분을, VO그룹은 동영상 모방 훈련 15분과 수부 치료 15분을, CTL그룹은 수부 치료 30분을 1일 1회 30분씩, 주 5회, 4주 동안 적용하였다. 평가는 Jebsen-Taylor hand function test(JTT), 장악력 및 파악력, 팔, 어깨, 손 장애검사(Disability of the Arm, Shoulder and Hand, DASH), 시각적 상사 척도(visual analogue scale; VAS)를 사용하여 중재 전, 후 평가를 실시하였다. 그룹 내 전, 후 비교 시 VR그룹은 쓰기, 장기 말 옮기기, 크고 가벼운 물건 옮기기를 제외한 10항목에서 유의한 향상을($p<0.05$), 사후평가 값을 이용한 그룹 간 비교에서 장기 말 옮기기과 가벼운 물건 옮기기에서 유의한 차이가 있었다($p<0.017$). 본 연구 결과 기존의 수부재활 뿐만 아니라 시각적 피드백을 이용한 가상현실 과제가 손상된 손 기능향상에 긍정적인 영향을 주는 새로운 중재가 될 수 있음을 보여준다.

Abstract This study investigated the impacts of virtual reality tasks using motion recognition on hand functions in patients with hand injury. In a non-equivalent control group design, a total of 24 patients with hand injuries visiting C hospital in Changwon city, Korea, from June 2018 to January 2019, were allocated to three groups according to the types of injuries. These groups included VR (virtual reality task with visual feedback using Leap-Motion), VO (video observation without visual feedback) and control groups. The VR and VO groups underwent virtual reality tasks and hand therapy, and video observation and hand therapy, respectively, each for 15 minutes, and the control group underwent hand therapy for 30 minutes, all once a day, five times a week, for four weeks. Pre- and post-intervention evaluations were conducted by employing Jebsen-Taylor hand function test (JTT), grip strength, pinch strength, Disability of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) and visual analogue scale (VAS). In intra-group comparisons, VR Group showed significant improvements in ten items ($p<0.05$), except writing, checkers and light objects. In inter-group comparisons using post-intervention values, significant differences were shown in checkers and light objects ($p<0.017$). The findings suggest that virtual reality tasks using visual feedback and hand rehabilitation can be new interventions with positive impacts on improved functions of the injured hands.

Keywords : Hand Functions, Hand Injury, Leap Motion Controller, Virtual Reality, Visual Feedback

*Corresponding Author : Kyung-Yoon Kam(Inje Univ.)

email: kamlapa@inje.ac.kr

Received July 28, 2021

Accepted November 5, 2021

Revised August 31, 2021

Published November 30, 2021

1. 서론

인간의 신체에서 수부(hand)의 표면적 비율은 약 5%에 불과하지만 일, 여가, 자기 관리 및 사회적 상호작용에서 독립성 제공을 위한 그 역할은 매우 중요하다[1,2]. 수부손상(hand injury)은 중추신경계 손상으로 유발된 것이 아닌 상지의 질병이나 손상으로 정의되며[3], 외부 환경과 일차적으로 그리고 빈번하게 접촉하는 손의 특성상 일반적으로 직장이나 가정에서도 예상치 못한 외상성 손상으로 인해 발생한다[4].

외상성 수부손상을 겪은 환자는 통증과 뻣뻣함을 경험하고 장기간의 신체적·기능적 장애를 입을 수 있다[5]. 다양한 역할을 수행하는 손의 특성상 일상생활과 이전 직업으로 돌아가지 못하는 경우가 발생하여 상당한 스트레스와 불안을 겪을 수 있다[6-8].

수부손상 환자들은 원활한 작업 복귀를 위해 스프린트와 같은 보조기 사용부터 부종과 통증을 줄이는 마사지, 흉터를 최소화하는 실리콘 겔 시트, 관절운동, 레이저치료, 저항운동 등 다양한 중재로 이루어진 재활치료를 받으며, 다수의 사례에서 긴 치료기간을 필요로 한다 [5,9,10]. 최근에는 다양한 멀티미디어를 활용한 시각과 청각 그리고 촉각 등을 자극하는 가상현실 시스템 활용도가 높아지고 있다[11-13]. 그 중 모션인식 디바이스인 Leap Motion Controller(LMC)는 손의 움직임에 대한 시각적 피드백을 유도하는 가상 현실시스템으로 손가락 제스처와 모션에 특화되었고, 디바이스를 중심으로 0.5m 반경의 반구 영역에서 초당 290 프레임과 0.01mm × 0.01mm를 인식하는 정밀함으로 손가락을 정확하게 추적하여 가상화면에 반영할 수 있다.

가상현실 과제는 환자가 신체부위를 움직여 3차원 상황을 시뮬레이션한 컴퓨터 프로그램으로 고강도, 반복, 과제지향적 훈련을 제공해 운동 회복을 촉진할 수 있는 유망기술로 자리 잡고 있다[14,15]. 이처럼 모션인식 기반의 가상현실 과제는 안전하면서도 실제 환경과 유사한 동작훈련을 수행할 수 있으므로 기존의 치료법보다 환자들이 선호하는 것으로 나타났으며, 대상자에게 재활동기를 부여하고 재활 강도를 높여 빠른 재활 효과를 볼 수 있다[16-18]. 수부재활에서 스마트 글러브를 이용해 가상현실 과제의 효과성을 확인한 연구들이 보고되었지만, 가격이 고가거나 장비를 착용해야 한다는 제한점이 있었다[19]. 본 연구에서 사용한 LMC는 가격이 비싸지 않고, 장비의 직접적인 신체 착용이 필요하지 않기에 손의 개방성 상처 혹은 수술 직후의 환자들처럼 직접적인 신체

접촉을 피해야 하는 환자에게도 적용할 수 있으며, 다양하고 능동적으로 움직일 수 있게 목적 있는 가상환경을 제공하여 기능적 회복을 유도할 수 있다.

사회가 발전함에 따라 치료 중재도 효율적인 기술 적용이 필요하고 환자의 참여를 유도할 수 있는 적극적인 치료방법이 모색되어야 한다. 본 연구에서는 LMC의 모션인식을 이용한 가상현실 과제가 수부손상 환자에게 새롭게 적용되는 중재로 손과 상지기능 그리고 통증에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 한다. 또한 1인칭 동영상 모방 중재그룹을 추가하여 시각적 피드백을 배제한 연구를 설계하였고 기존의 수부재활 대조그룹과 비교하여 각 그룹의 중재가 어떤 차이가 있는지 알아보고자 한다.

2. 연구방법

2.1 대상자 및 연구설계

본 연구는 유사실험 설계로 비동등성 대조군 전후설계이며, 세 그룹간 동질성 확보를 위해 2018년 6월부터 2019년 1월까지 경남 창원 소재의 C 병원 내원환자 중 골절, 신경손상 진단을 받은 수부손상 24명을 대상으로 실험을 진행하였다. 한 그룹에 골절 혹은 신경손상 진단이 편중되지 않도록 진단명을 확인하고 내원 순서에 따라 순차적으로 그룹에 배정하였다. 연구를 수행하기에 앞서 인제대학교 생명윤리위원회(Institutional Review Board)로부터 연구윤리승인을 받았으며(inje2018-03-028) 연구대상자의 자발적인 참여 의사를 표명한 환자들을 대상으로 하였다. 연구대상자의 조건은 아래와 같다.

1) 만 18세 이상의 성인, 2) 골절, 신경손상, 압궤손상 등 뼈, 힘줄, 근육, 말초신경 손상으로 수부손상 진단을 받은 자, 3) 수부손상 후 1.5개월에서 6개월 이하인 자, 4) 손상된 손의 도수근력검사(manual muscle test)가 P+ 이상인 자, 5) 수부손상 외 다른 심각한 질병이 없는 자, 6) 의사소통과 인지에 결함이 없는 자이다. 대상자들은 본 연구의 목적을 이해하고 자료 수집에 동의하였으며, 주어지는 중재 외 치료와 활동은 동일하게 유지하였다. 수부손상으로 실험에 참가한 대상자들은 골절 혹은 신경손상 진단을 받았으며, 손상 경로는 압궤손상, 외부 충격, 좌상 등이 있었다. 그룹의 배분은 진단명에 따라 편향되지 않도록 골절과 신경손상 비율을 맞추어 시각적 피드백이 있는 가상현실 과제그룹, 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹, 대조그룹 3개의 그룹으로 배분하였다. 시각적 피드백이 있는 가상현실 과제그룹은 모션인

식 디바이스 기반의 가상현실 과제 15분과 수부치료 15분으로 총 30분을 실시하였고, 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹은 동영상 모방 15분과 수부치료 15분을 실시하였다. 대조그룹은 수부치료 30분으로 각 그룹이 1일 1회 30분, 주 5회, 4주간 중재를 실시하였다(Fig. 1). 중재적용은 대상자들이 내원하는 지정된 시간에 맞추어 실시하였고, 중재의 총 시간은 30분씩 동일하게 적용하였다. 4년차와 10년차 두 명의 작업치료사가 24명의 환자를 내원순서로 배정받아 전후 평가와 중재를 적용하였다.

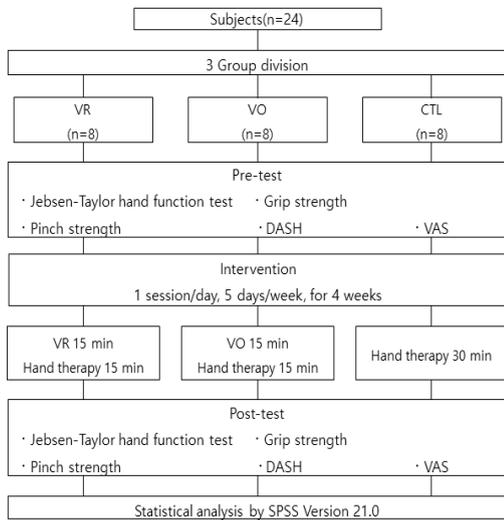


Fig. 1. Research Procedure

CTL: control group, DASH: Disability of the Arm, Shoulder and Hand, VAS: Visual Analogue Scale, VO: video observation without visual feedback, VR: virtual reality task with visual feedback

2.2 중재프로그램

2.2.1 시각적 피드백이 있는 가상현실 과제(Virtual reality task with visual feedback; VR)

시각적 피드백이 있는 가상현실 과제는 모션인식 디바이스 기반의 훈련으로 손의 움직임을 인식하는 Leap-Motion이 모니터 화면에 가상의 손을 반영하고 가상환경 속에서 다양한 작업을 수행하는 프로그램으로 즉각적인 시각적 피드백을 통해 효율적인 움직임을 선택하게 한다. 과제의 선정은 손가락의 집기와 잡기 그리고 조작능력 및 기민성 향상에 초점을 맞추었고[20], 선행 논문을 참고하여 표본 수 8명을 선정하였다[12]. 세부항목으로는 꽃잎 따기(Petal-picking game), 피아노 치기(Piano-playing), 밸런스 보드 물건 잡기 게임(Object-catching with balance board game), 반딧불 게임(Firefly game) 등으로 구성하였다(Fig. 2, Table 1).

Table 1. Virtual reality task with visual feedback

Task	Virtual reality task with visual feedback
Petal-picking game	This game was designed to develop the pinching skills of the fingers by picking lotus petals in a virtual environment.
Piano-playing	This game was designed to develop their individual motor skills of the fingers by improving their dexterity and coordination.
Object-catching with balance board game	This game focused on their hand flexion and extension, as well as forearm pronation and supination.
Firefly game	This game focused on the development of their hand flexion, extension, and grasping motor skills.

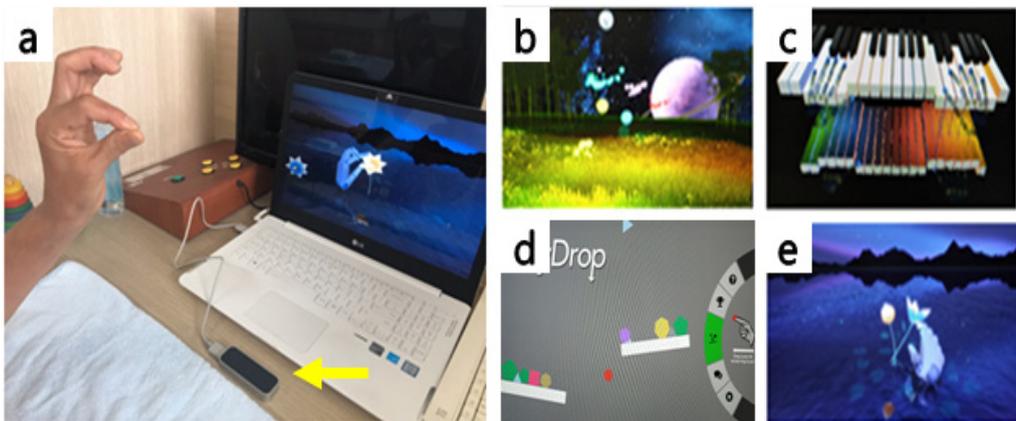


Fig. 2. Leap Motion-based virtual reality system and training games.

a. Leap Motion VR system (the arrow points to the LMC), b. Firefly game, c. Piano-playing, d. Object-catching with balance board game. e. Petal-picking game

2.2.2 시각적 피드백 없는 동영상 모방(Video observation without visual feedback; VO)

시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹은 시각적 피드백 가상현실 과제와 비교하기 위해 시각적 피드백을 배제하고자 선정하였으며, 1인칭 시점의 Leap Motion을 이용한 가상현실 과제를 수행하는 동영상을 시청하게 하였다. 대상자는 화면을 보고 재생되는 1인칭 동영상을 수행하는 동작에 보고 움직임을 따라 하는 모방동작을 실시하였고[21], 시각적 피드백의 효과를 밝힌 선행 연구를 참고하여 8명의 인원을 선정하였다[21].

2.2.3 대조그룹 수부치료(Control group; CTL)

수부치료는 작업치료사가 1:1로 30분 중재를 제공하였으며, 수동 관절가동범위 운동과 세라밴드, 아령, 고무공 등 치료도구를 이용한 능동 관절가동범위 운동, 능동 보조 운동 등을 지도하였고[22,23], 표본 수는 선행 논문의 대조그룹 인원 수를 참조하여 8명을 선정하였다[23].

2.3 평가도구

2.3.1 젤슨-테일러 손기능 검사(Jebsen-Taylor hand function test, JTT)

JTT는 손기능 장애가 있는 환자의 손기능을 평가하기 위해 Jebsen, Taylor 등에 의해 고안된 7가지 하위검사로 표준화되어 있으며 일상생활에서 많이 사용되는 손기능 검사의 객관적인 평가도구로 검사-재검사 신뢰도는 Cronbach- α 0.67-0.99 이다[24]. 결과측정은 JTT 하위 항목검사에서 과제 수행시간만 측정했던 기존의 평가에서 수행시간을 점수로 환산시켜 바닥 효과를 줄인 신점수 체계를 적용하였다[25].

2.3.2 팔, 어깨, 손 장애검사(Disability of the Arm, Shoulder and Hand, DASH)

DASH는 미국 정형외과학회(American Academy of Orthopedic Surgeons, AAOS)에서 여러 집단 또는 개인의 상지 근골격계 질환의 영향을 비교하여 구분하고 치료 개입에 대한 효과 또는 시간 경과에 따른 변화를 평가하기 위해 개발되었다[26]. DASH는 설문지 형식의 도구로 기본항목 30문항, 선택항목 8문항이며 본 연구에서는 기본항목 30문항을 사용하였다. DASH의 국내 신뢰도는 Cronbach- α 0.93[27], 타당도는 시각적 유사 척도 (visual analogue scale)와 통증, 기능, 작업능력 등과 0.65-0.80 으로 상관성이 아주 높았다[28].

2.3.3 장악력 검사(grip strength)

장악력 검사 도구는 미국 수부치료사협회(American Society of Hand Therapists, ASHT)의 표준화된 방법을 사용하였고 손의 근력 평가는 Jamar Plus+ Digital Hand Dynamometer를 사용하여 측정하였다[29]. 측정값은 1회 측정 후 15초의 휴식 뒤 반복 측정을 하였고, 총 3회 측정 후 평균값을 사용하였다. 장악력 검사는 상지의 기능적 능력을 나타내기 위한 객관적인 지표를 제공한다[30].

2.3.4 파악력 검사(pinch gauge)

파악력 검사는 파악력 측정에 가장 보편적인 검사로 손가락을 이용한 패턴(pattern) 손끝집기, 측면집기, 세점집기 세 가지를 측정하였다[31]. 측정값은 1회 측정 후 15초의 휴식 뒤 반복 측정하였고, 총 3회 측정 후 평균값을 사용하였다. 파악력검사는 파악력을 측정하는데 가장 보편적인 검사로 알려져있다[31].

2.3.5 시각적 유사 척도(Visual Analogue Scale, VAS)

대상자의 통증을 측정하기 위하여 시각적 유사 척도 (pain-visual analogue scale, P-VAS)를 사용하였다. 이 도구는 통증의 정도를 '전혀 통증이 없다' 0에서, '매우 통증이 심하다' 10까지 10cm 일직선상에서 대상자가 현재 경험하고 있는 통증의 정도를 'V' 표시하도록 하였다[32]. VAS는 통증 측정을 위한 도구로 많이 이용되었고 효용성이 이미 밝혀졌다[33].

2.4 자료분석

모든 자료는 SPSS win ver 21.0을 사용하여 분석하였다. Shapiro-Wilk의 정규성 검정 결과 p 값이 0.05보다 작게 나타나 비모수 검정을 사용하였다. 일반적 특성은 카이제곱 검정과 Kruskal-Wallis 검정으로 분석하였다. 그룹 내 재활중재에 따른 종속변수의 중재 전후 비교를 위하여 Wilcoxon signed-rank 검정을 실시하였고, 그룹 간 중재 후 효과를 검증하기 위해 사후평가 값을 이용하여 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였고, p 값이 0.05 미만으로 나타난 세 항목에 대해 Bonferroni's method 를 사용하여 사후검정을 실시하였다.

3. 연구결과

3.1 대상자의 일반적 특성과 동질성 검정

Table 2. Demographic and clinical data of enrolled patients (n=24)

Variable		VR (n=8)	VO (n=8)	CTL (n=8)	z / χ^2	p
Gender	Male	5	5	6	0.375	0.829
	Female	3	3	2		
Age ^a		46.75 ± 10.32	50.38 ± 12.09	51.13 ± 9.08	0.858	0.651
Dominant hand	Right	7	6	6	0.505	0.777
	Left	1	2	2		
Diagnosis	Fracture	7	7	6	2.10	0.717
	Nerve injury	1	1	2		
Medical care period ^d		3.00 ± 1.60	2.88 ± 1.13	3.00 ± 1.60	0.019	0.991

^a mean±SD, CTL: control group, VO: video observation without visual feedback, VR: virtual reality task with visual feedback

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 2). 각 그룹의 성별, 나이, 우세손, 진단명 그리고 요양기간에 따른 통계학적 차이를 카이제곱 및

Kruskal-Wallis 검정을 통해 분석한 결과 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

3.2 그룹 별 중재 전후 비교

3.2.1 시각적 피드백이 있는 가상현실 과제그룹

그룹 내 중재 전후 평가 분석 결과 시각적 피드백이 있는 가상현실 과제그룹에서 카드뒤집기, 작은 물건 집기, 먹기 흉내내기, 크고 무거운 물건 옮기기와 장악력, 손끝집기, 측면집기, 세점집기, DASH, VAS에서 유의한 차이가 있었고($p<0.05$)(Table 3), 쓰기, 장기 말 옮기기, 크고 가벼운 물건 옮기기에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 3).

3.2.2 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹

그룹 내 중재 전후 평가 분석 결과 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹에서 크고 가벼운 물건 옮기기, 크고 무거운 물건 옮기기와 장악력, DASH, VAS에서 유의

Table 3. Comparisons of hand function ability before and after intervention in each group (n=24)

	VR (n=8)		VO (n=8)		CTL (n=8)	
	pretest M±SD	posttest M±SD	pretest M±SD	posttest M±SD	pretest M±SD	posttest M±SD
Hand function						
Writing (score)	11.13 ±2.70	12.25 ±1.67	12.13 ±3.00	12.63 ±2.50	12.38 ±1.85	12.75 ±1.67
Card turning	4.00 ±3.59	6.63 ±3.20*	3.25 ±1.75	3.63±1.51	3.63 ±1.30	3.88 ±1.55
Small objects	7.75 ±4.33	11.63 ±2.00*	9.00 ±3.59	10.13 ±2.70	8.88 ±2.90	9.75 ±2.60*
Simulated feeding	11.50 ±2.27	14.00 ±0.76*	11.75 ±3.20	12.38 ±3.07	11.75 ±1.91	13.38 ±1.06*
Checkers	11.00 ±3.74	13.38 ±0.91	10.63 ±2.39	11.50 ±1.41	11.00 ±2.27	11.63 ±1.85
Light objects	11.13 ±2.10	13.00 ±0.93	10.63 ±1.69	11.75 ±1.16*	10.88 ±1.73	11.13 ±1.55
Heavy objects	9.75 ±2.76	11.75 ±1.16*	8.88 ±2.95	10.25 ±2.25*	9.25 ±2.55	10.13 ±1.72
DASH (score)	70.45 ±13.81	48.64 ±12.16*	58.52 ±18.53	55.40 ±17.81*	67.05 ±11.46	60.51 ±10.09*
Hand strength						
Grip strength (kg)	6.65 ±3.38	11.31 ±5.14*	7.97 ±6.59	11.67 ±6.44*	7.39 ±4.09	10.80 ±5.27*
Tip pinch (kg)	2.16 ±1.26	3.46 ±1.34*	2.08 ±1.90	2.48 ±1.40	1.56 ±1.01	2.69 ±1.39*
Lateral pinch (kg)	2.83 ±2.15	5.19 ±2.33*	2.80 ±2.41	3.58 ±1.83	2.40 ±0.87	3.09 ±0.91*
Three jaw chuck (kg)	1.69 ±0.70	3.31 ±1.30*	2.89 ±2.62	3.33 ±2.10	2.53 ±1.41	3.28 ±1.06*
Pain						
VAS (score)	6.63 ±2.00	4.88 ±1.89*	6.00 ±3.21	5.38 ±3.07*	6.88 ±1.73	5.75 ±1.16*

CTL: control group, DASH: Disability of the Arm, Shoulder and Hand, JTT: Jebsen-Taylor hand function test, M: mean, SD: standard deviation, VAS: Visual Analogue Scale, VO: video observation without visual feedback, VR: virtual reality task with visual feedback * $p < 0.05$, vs. pretest

한 차이가 있었고($p < 0.05$)(Table 3), 쓰기, 카드뒤집기, 작은 물건 집기, 먹기 흉내내기, 장기 말 옮기기, 손끝집기, 측면집기, 세점집기에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 3).

3.2.3 대조그룹

그룹 내 중재 전후 평가 분석 결과 대조그룹에서 작은 물건 집기, 먹기 흉내내기와 장악력, 손끝집기, 측면집기, 세점집기, DASH, VAS에서 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$)(Table 3), 쓰기, 카드뒤집기, 장기 말 옮기기, 크고 가벼운 물건 옮기기, 크고 무거운 물건 옮기기에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 3).

3.2.4 그룹 간 손기능 중앙값 비교

세 그룹 간 사후평가 비교에서 카드뒤집기, 장기 말

쌓기, 크고 가벼운 물건 옮기기에서는 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$)(Table 4), 쓰기, 작은 물건 옮기기, 먹기 흉내내기, 크고 무거운 물건 옮기기와 DASH, 장악력, 손끝집기, 측면집기, 세점집기와 VAS는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 4). 사후검정 결과 카드뒤집기에서 VR그룹과 VO그룹에서 유의한 차이가 없었고($p > 0.017$)(Table 5), 장기 말 쌓기에서 VR그룹과 VO그룹에서 유의한 차이가 있었으며($p < 0.017$)(Table 5), 크고 가벼운 물건 옮기기에서는 VR그룹과 CTL그룹에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.017$)(Table 5).

4. 고찰

본 연구에서는 수부손상환자들을 대상으로 모션인식

Table 4. Comparison of the posttest median values of hand function, DASH, strength and VAS among the three groups (n=24)

	VR (n=8)		VO (n=8)		CTL (n=8)		p
	median (min-max)						
Function (score)							
Writing	13	(10-14)	13.5	(7-15)	13	(11-15)	.627
Card turning	6	(3-12)	3	(2-6)	3.5	(2-7)	.037*
Small objects	11.5	(9-15)	11	(5-13)	10	(4-13)	.368
Feeding	14	(13-15)	14	(7-15)	13.5	(12-15)	.463
Checkers	13	(12-15)	11.5	(9-14)	11.5	(8-14)	.021*
Light objects	13	(12-14)	11.5	(10-13)	11.5	(8-13)	.025*
Heavy objects	12	(10-14)	10.5	(7-13)	10	(7-13)	.125
DASH	50	(30-64)	45	(40-86)	60	(48-80)	.237
Hand strength (kg)							
Grip strength	12.1	(5-18)	12.3	(2.6-20)	9.7	(5.3-20)	.961
Tip pinch	3.8	(1.5-5)	2.3	(1-5)	2.3	(1-4.5)	.341
Lateral pinch	4.8	(3-9)	3.3	(1.5-6.5)	3	(2-5)	.123
Three jaw chuck	3.8	(1.5-5)	3.5	(1-6.5)	3.5	(1.5-4.6)	.998
VAS (score)	5.5	(2-7)	5	(2-10)	6	(4-8)	.789

$p < 0.05$, statistically significant by Kruskal-Wallis test

CTL: control group, DASH: Disability of the Arm, Shoulder and Hand, VAS: Visual Analogue Scale, VO: video observation without visual feedback, VR: virtual reality task with visual feedback

Table 5. A post-hoc analysis after the Jebsen-Taylor hand function test

	VR vs VO	VR vs CTL	VO vs CTL
Card turning	.020	.048	.574
Checkers	.009*	.034	.786
Light objects	.046	.011*	.481

Values are presented as the P-values from the Mann-Whitney test with Bonferroni method, * $p < 0.017$

CTL: control group, VO: video observation without visual feedback, VR: virtual reality task with visual feedback

을 이용한 시각적 피드백 가상현실 과제가 손기능에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시되었다. 수부손상과 관련된 연구는 외과적 수술에 관한 사례 연구 또는 외상 후 스트레스, 우울증 등 수부손상 이후에 겪는 문제점에 관한 연구들이 주를 이루었지만[34,35], 수부치료 중재의 효과를 확인한 국내 연구는 매우 부족한 실정이다.

본 연구결과에서 세 그룹 모두 손기능에서 유의한 향상을 보여, 수부손상환자의 손기능 향상에 긍정적인 영향을 미침을 보여주었다.

본 연구에서 시각적 피드백을 이용한 가상현실 과제그룹, 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹 그리고 대조그룹, 세 그룹 모두 중재 적용 후 손기능이 향상된 결과값을 보여주었다. 향상된 결과값은 기존에 시행하고 있던 CTL그룹의 수부치료 효과성이 입증됨을 보여주며 동시에 VR그룹과 VO그룹의 손기능 향상 또한 수부손상환자의 재활에 효과적임을 알 수 있다.

본 연구결과에서 중재를 적용한 세 그룹 모두 전후 비교에서 근력의 유의한 향상이 있었고, 이에 대한 메커니즘은 다음과 같이 생각된다. 수부손상 이후 통증과 기능적인 제한으로 손의 사용을 회피하면 섬유화(fibrosis)를 초래하게 되는데 이는 근육의 단축과 관절가동범위를 제한시키게 된다[36]. 환자들의 장악력 및 파악력 증가는 관절가동범위의 향상이 저항성 근력증가를 보고한 논문에서 결과를 바탕으로[37,38], 중재에 포함된 관절가동범위 운동을 통해 환자들의 근력이 증가한 것으로 생각된다. 장악력과 파악력은 상지와 손의 힘과 기능을 나타내는 지표 중 하나로 간주되며[39,40], 근력의 향상은 중재의 적용으로 손이 다양한 기능을 할 수 있도록 근육의 기능성 회복을 가져왔음을 보여준다.

세 그룹 모두 통증이 중재 적용 전후로 유의한 감소를 보였는데, Li 등 [41]의 가상현실 과제가 통증을 줄여준다는 선행논문에 따라 측정된 중재 전후 VAS 평가 결과 VR그룹의 유의미한 통증 감소를 통해 동일한 결과를 얻었으며, VO, CTL 그룹의 통증 감소는 재활을 통해 통증이 경감된 Cederlund 등 [42]의 논문 결과와 동일하였다. 통증에 대한 그룹 간 유의미한 차이는 없었다. 수부치료를 적용하여 수부손상환자의 DASH 유의한 향상은 Noh 등 [23]의 과제지향적 수부중재 논문 결과와 유사하다. 하지만, 본 연구에서는 기존의 수부치료 환자뿐만 아니라 VR그룹과 VO그룹을 추가하였고, 중재 전, 후 비교에서 유의한 향상을 확인했다는 점에서 기존의 연구와 차별성을 가진다.

세 그룹의 중재 전 후 비교에서 JTT의 유의한 향상을

보였는데 VR그룹에서 카드뒤집기, 작은 물건 옮기기, 먹기 흉내내기, 크고 무거운 물건 옮기기에서 유의한 향상을, VO그룹에서 크고 가벼운 물건 옮기기, 크고 무거운 물건 옮기기에서 유의한 향상을 CTL그룹에서 작은 물건 옮기기와 먹기 흉내내기에서 유의한 향상을 보였다. 세 그룹 간 비교에서는 JTT의 하위항목인 카드뒤집기, 장미말 쌓기, 크고 가벼운 물건 옮기기에서 유의한 차이가 있었는데 특히, 장미말 쌓기와 크고 가벼운 물건 옮기기에서는 사후분석에서도 유의미한 차이가 있었고, 그 외의 평가에서는 유의한 차이가 없었다. 장미말 쌓기는 시각적 피드백을 이용한 가상현실 과제그룹과 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹 간에서 유의한 차이가 있었고 크고 가벼운 물건 옮기기에서는 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹과 대조그룹 간에 유의한 차이는 없었지만, 시각적 피드백을 이용한 가상현실 과제그룹과 대조그룹 간에서 유의한 차이가 있었다.

세 그룹 모두 중재 전·후 비교에서 평가 항목에 대한 유의한 향상이 있었고, 사후평가에 대한 사후분석에서 그룹 간에 유의한 차이가 나타났다. 이는 가상현실 과제를 수행하면서 사용자와 가상현실 환경의 상호작용이 과제 지향적 훈련과 능동적인 움직임에 대한 피드백을 제공하기 때문에 환자 스스로 참여와 동기부여에 도움을 준 것으로 사료된다[14,17]. 시각을 활용한 신체적 훈련은 고유수용성 감각에 대한 피드백으로 자세를 교정하는데 효과적이며[43], 공간 지각력과 신체의 비정상적인 자세를 인지하고 시지각 향상에 도움을 준다[44]. 수부손상환자 또한 과제를 수행하면서 손의 비정상적인 움직임을 인지하고 시각과 고유수용성 감각을 통해 효율적인 움직임으로 개선하면서 손기능이 향상된 것으로 사료된다.

뇌졸중 환자를 대상으로 한 다수의 연구에서 시각적 피드백 중재[20,45] 또는 모션인식 디바이스 중재를 적용하여 상지 및 손기능향상에 효과적임을 보고하였고 [46,47], 최근 신체의 구조적 문제를 가진 수부화상환자에게도 모션인식 디바이스를 이용한 시각적 피드백 중재가 상지의 기능 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다[48]. 수부손상환자를 대상으로 한 본 연구에서도 동일한 결과를 얻었는데 이는 시각적 피드백이 대뇌 결질의 운동영역과 감각영역 간의 상호 연결성을 촉진시킴으로써 신경가소성(neuroplasticity)을 유도하여 손의 기민성을 향상시킨 것으로 사료된다[47]. 또한, Wang 등 [20]의 연구에서 Leap-Motion기반의 가상현실 과제가 감각-운동결질의 활성도를 향상시켜 신경가소성을 유도한 결과를 통해 모션인식 디바이스를 이용한 시각적 피드백의 효과성

을 입증하였다. 본 연구에서도 시각적 피드백이 있는 VR 그룹과 VO그룹의 비교를 통해 시각적 피드백이 수부손상환자의 손기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였고, 그룹 간 비교를 통해 확인된 JTT의 하위검사 중 장기 말쑤기 외에 유의한 차이는 없었다.

본 연구의 제한점으로는 모션인식 디바이스의 적외선 방향이 수직 방향이기 때문에 증재를 제공함에 있어 환자들의 손가락이 겹쳐지거나 손바닥 혹은 손목에 의해 가려졌을 때 기기가 인식하지 못하는 단점을 보였다. 이를 보완하기 위해 국외 논문에서 수직과 수평방향의 모션인식 디바이스 두 대를 이용하여 단점을 일부 개선한 사례가 있었으나[49], 본 연구는 Leap-motion을 이용한 국내 최초의 증재 연구로 우선적으로 단품 제품을 가지고 수행되었으며, 기존의 수부재활과 비교하였을 때, 수부손상환자의 기능적 능력 향상에 긍정적인 영향을 미침을 증명하였다.

본 연구에서 사용된 모션인식 디바이스는 다른 착용형 고가의 장비들 보다 저렴하고, 적외선을 통한 모션인식으로 장비 착용이 필요하지 않기에 손의 개방성 상처, 수술 직후의 상처 또는 화상과 같은 직접적인 신체접촉을 피해야 하는 환자들에게도 적용 가능함에 따라[48], 급성기와 만성기 환자 모두에게 목표지향적인 가상환경을 제공하여 기능적 회복을 유도할 수 있다. 본 연구에서 사용한 가상현실 애플리케이션은 Leap-Motion 홈페이지에서 모두 무상으로 제공되고 있다. 임상에서 사용되는 고가의 스마트 글러브는 전문인력에 의한 장비 설치 및 유료 애플리케이션이 요구되지만, LMC는 전문가의 도움이 없이도 홈페이지에서 간단한 드라이브 설치만으로 무료로 실행 가능하여 일반적인 가정에서도 부담 없이 사용할 수 있다. Leap-Motion 가상현실 과제는 과제 지향적인 훈련뿐만 아니라 성과와 성공에 대한 시각적, 청각적 피드백을 통해 이용자가 재활 참여를 유도하여 동기를 부여하고 더욱 몰입하게 한다[16-18].

본 연구에서 실시한 모션인식 디바이스를 이용한 수부재활은 수부손상 환자들에게 기능적 능력 향상과 더불어 가상현실이라는 새로운 자극으로 동기부여 및 재활 참여 의사를 향상시켜 적극적인 재활에 임할 수 있도록 도와준다. 일상생활에서 많이 사용되는 손기능 검사로 객관적인 평가도구인 JTT의 유의미한 향상 또한 가상현실을 이용한 시각적 피드백이 있는 과제가 수부손상 환자에게 적용할 수 있는 새로운 증재 방법임을 제시하며, 기존의 수부재활 매뉴얼 치료와 비교하여 긍정적인 향상을 보였기에, 수부손상 환자가 조기재활에 적용할 수 있는 흥미

로운 방법이며, 병원뿐만 아니라 자가에서도 재활에 적극 참여 할 수 있도록 새로운 방법을 제시한다.

5. 결론

본 연구는 수부손상 환자들을 대상으로 시각적 피드백을 이용한 가상현실 과제가 증재 전후 손기능에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 실시되었다. 그룹 간 증재 후 사후평가 비교에서 JTT의 장기 말쑤기와 가벼운 물건 옮기기에서 그룹 간 유의한 차이가 있었다. 사후검정 결과 장기 말쑤기에서는 시각적 피드백이 있는 가상현실 과제그룹과 시각적 피드백이 없는 동영상 모방그룹에서 유의한 차이가 있었고, 가벼운 물건 옮기기에서는 시각적 피드백이 있는 가상현실 과제그룹과 대조그룹에서 유의한 차이가 있었다. 따라서 수부손상 환자들이 제공하는 기존의 수부재활과 더불어 시각적 피드백을 활용한 가상현실 과제가 병행하여 주어진다면 손상된 손의 기능향상에 긍정적인 영향을 주는 새로운 증재로 사용될 수 있음을 보여준다.

Reference

- [1] T. M. Meyer, "Psychological aspects of mutilating hand injuries", *Hand Clinics*, Vol.19, No.1, pp.41-49, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0749-0712\(02\)00056-2](https://doi.org/10.1016/s0749-0712(02)00056-2)
- [2] S. Standring, "Gray's anatomy, 40ed.", Churchill livingstone, Edinburgh, 2009.
- [3] K. Schoneveld, H. Wittink, T. Takken, "Clinimetric evaluation of measurement tools used in hand therapy to assess activity and participation", *Journal of Hand Therapy*, Vol.22, No.3, pp.221-236, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jht.2008.11.005>
- [4] M. Gustafsson, J. Windahl, K. Blomberg, "Ten years follow-up of trauma-related psychological distress in a cohort of patients with acute traumatic hand injury.", *International Journal of Orthopaedic and Trauma Nursing*. Vol.16, No.3, pp.128-135, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijotn.2012.03.006>
- [5] J. Bell, M. Gray, G. Kingston, "The longer term functional impact of a traumatic hand injury on people living in a regional metropolitan Australian location", *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, Vol.18, No.7, pp.370-382, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.12968/ijtr.2011.18.7.370>
- [6] J. Bear-Lehman, "Factors affecting return to work

- after hand injury”, *American Journal of Occupational Therapy*, Vol.37, No.3, 189-194, 1983.
DOI: <https://doi.org/10.5014/ajot.37.3.189>
- [7] L. K. Hung, K. Ho, P. C. Leung, “Impairment of hand function and loss of earning capacity after occupational hand injury: Prospective cohort study”, *Hong Kong medical journal*, Vol.5, No.3, pp.245-250, 1999.
- [8] J. S. Schier, J. Chan, “Changes in life roles after hand injury”, *Journal of Hand Therapy*, Vol.20, No.1, pp.57-69. 2007.
- [9] D. Amini, “Occupational therapy interventions for work-related injuries and conditions of the forearm, wrist, and hand: a systematic review”, *The American Journal of Occupational Therapy*, Vol.35, pp.29-36, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.5014/ajot.2011.09186>
- [10] S. L. Michlovitz, B. A. Harris, M. P. Watkins, “Therapy interventions for improving joint range of motion: a systematic review”, *Journal of Hand Therapy*, Vol.17, No.2, pp.118-131, 2004.
- [11] V. Gatica-Rojas, G. Mendez-Rebolledo, “Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases”, *Neural Regeneration Research*, Vol.9, No.8, pp.888-896. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.4103/1673-5374.131612>
- [12] F. A. H. Kamel, M. A. Basha, “Effects of virtual reality and task-oriented training on hand function and activity performance in pediatric hand burns: a randomized controlled trial”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.102, No.6, pp.1059-1066. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.01.087>
- [13] H. G. Hoffma, D. A. Boe, E. Rombokas, C. Khadra RN, S. LeMay, W. J. Meyer, ... S. W. Pitt, “Virtual reality hand therapy: A new tool for nonopioid analgesia for acute procedural pain, hand rehabilitation, and VR embodiment therapy for phantom limb pain”, *Journal of Hand Therapy*, Vol.33, No.2, pp.254-262, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jht.2020.04.001>
- [14] K. E. Laver, B. Lange, S. George, J. E. Deutsch, G. Saposnik, M. Crotty, “Virtual reality for stroke rehabilitation”, *Stroke*, 2:CD008349, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>
- [15] D. Tsoupikova, N. S. Stoykov, M. Corrigan, K. Thielbar, R. Vick, Y. Li, ... D. Kamper, “Virtual immersion for post-stroke hand rehabilitation therapy”, *Annals of Biomedical Engineering*, Vol.43, No.2, pp.467-477, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10439-014-1218-y>
- [16] M. Iosa, G. Morone, A. Fusco, M. Castagnoli, F. R. Fusco, L. Pratesi, & S. Paolucci, “Leap motion controlled videogame-based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: a feasibility pilot study”, *Topics in Stroke Rehabilitation*, Vol.22, No.4, pp.306-316, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1179/1074935714Z.0000000036>
- [17] G. Saposnik, R. Teasell, M. Mamdani, J. Hall, W. McLroy, D. Cheung, ... M. Bayley, “Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle”, *Stroke*, Vol.41, No.7, pp.1477-1484, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.584979>
- [18] G. Saposnik, M. Levin, M. “Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians”, *Stroke*, Vol.42, No.5, pp.1380-1386. 2011,
DOI: <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.605451>
- [19] K. U. Kim, “Effect of virtual reality rehabilitation program with RAPAE smart glove on stroke patient’s upper extremity functions and activities of daily living”, *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, Vol.7, No.2, pp.69-76, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.15268/ksim.2019.7.2.069>
- [20] Z. R. Wang, P. Wang, L. Xing, L. P. Mei, J. Zhao, T. Zhang, “Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients”, *Neural Regeneration Research*, Vol.12, No.11, pp.1823-1831, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.4103/1673-5374.219043>
- [21] M. K. Choi, S. H. Han, K. Y. Kam, “The effects of action observation training using motion picture on swallowing function in patients with stroke”, *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, Vol.23, No.1, pp.13-23, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14519/jksot.2015.23.1.02>
- [22] U. Guzelkucuk, I. Duman, M. A. Taskaynatan, K. Dincer, “Comparison of Therapeutic Activities With Therapeutic Exercises in the Rehabilitation of Young Adult Patients With Hand Injuries”, *The Journal of Hand Surgery*, Vol.32, No.9, pp.1429-1435, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2007.08.008>
- [23] D. H. Noh, S. H. Han, E. J. Jo, S. H. Ahn, H. J. Kim, K. Y. Kam, “Effects of task-oriented activities on hand functions in patients with hand injuries”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.16, No.2, pp.1153-1163, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.2.1153>
- [24] R. H. Jebsen, N. Taylor, R. B. Trieschmann, M. J. Trotter, L. A. Howard, “An objective and standardized test of hand function”, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.50, No.6, pp.311-319. 1969.
- [25] J. H. Kim, I. S. Kim, T. R. Han, “New scoring system for Jebsen hand function test”, *Annals of Rehabilitation Medicine*. Vol.31, No.6, pp.623-629, 2007.
- [26] P. L. Hudak, P. C. Amadio, C. Bombardier, “Development of an upper extremity outcome measure: the DASH(disabilities of the arm, shoulder, and hand)”, *American Journal of Industrial Medicine*,

- Vol.29, No.6, pp.602-608, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0274\(199606\)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L)
- [27] G. S. Kim, C. W. H, "Ergonomic risk factor according to work characteristics Research on the development of evaluation method tools", Occupational Safety & Health Research Institute. 2005.
- [28] D. E. Beaton, J. N. Katz, A. H. Fossel, J. G. Wright, V. Tarasuk, C. Bombardier, "Measuring the whole or the parts? Validity, reliability, and responsiveness of the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand outcome measure in different regions of the upper extremity". *Journal of Hand Therapy*, Vol.14, No.2 pp.128-146, 2001.
- [29] J. MacDermid, G. Solomon, K. Valdes, American Society of Hand Therapists. "Clinical assessment recommendations (3rd ed.)", Mount Laurel, N.J. : American Society of Hand Therapists. 2015.
- [30] J. A. Balogun, C. T. Akomolafe, L. O. Amusa, "Grip strenght: Effects of Testing Posture and Elbow Position", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.72, No.5, pp.280-283, 1991.
- [31] V. Mathiowets, N. Kashman, G. Volland, K. Weber, M. Dowe, S. Rogers, "Grip and Pinch Strength: Normative Data for Adults", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.66, No.2, 69-74, 1985.
- [32] M. E. Cline, J. Herman, E. R. Shaw, R. D. Morton, "Standardization of the Visual analogue scale", *Nursing Research*, Vol.41, pp.378-379, 1992.
- [33] G. E. Sander, O. Reinert, R. Tepe, P. Maloney, "Chiropractic adjustive manipulation on subjects with acute low back pain: visual analog pain scores and plasma beta-endorphin levels", *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, Vol.13, No.7, pp.391-395, 1990.
- [34] A.-S. Desaldeleer-Le Sant, A. Le Sant, V. Beauthier-Landauer, N. Kerfant, D. Le Nen, "Surgical management of closed, isolated proximal phalanx fractures in the long fingers: Functional outcomes and complications of 87 fractures", *Hand Surgery and Rehabilitation*, Vol.36, No.2, pp.127-135, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/i.hansur.2016.08.009>
- [35] M. H. Gang, S. Y. Yoon, M. J. Kwon, "Activity of daily living, interpersonal relationship, depression and health-related quality of life in patients with hand microsurgery", *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, Vol.20, No.3, pp.289-298, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5807/kjoh.2011.20.3.289>
- [36] J. I. Kwak, "A Survey on the Hand Injury Patients of Physical Therapy", *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*, Vol.13, No.1, pp.83-96, 2001.
- [37] J. Halberstan, A. van Bolhuis, L. Goeken, L. "Stretching exercises: effect on passive stiffness of short hamstring", *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol.77, No.7, pp.688-692, 1994.
- [38] S. P. Magnusson, P. Simonsen, H. Aagaard, H. Sørensen, M. Kjaer, "A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle", *The journal of physiology*, Vol.497, No.1, pp.291-298, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp021768>
- [39] J. S. Gaul, "Identifiable costs and tangible benefits resulting from the treatment of acute injuries of the hand", *The Journal of Hand Surgery*, Vol.12, No.5 Part 2, 966-970, 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(87\)80266-6](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(87)80266-6)
- [40] M. Riaz, C. Hill, K. Khan, J. O. Small, "Long term outcome of early active mobilization following flexor tendon repair in zone 2", *The Journal of Hand Surgery: British & European*, Vol.24, No.2, pp.157-160, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1054/jhsb.1998.0175>
- [41] A. Li, Z. Montaño, V. J. Chen, J. I. Gold, "Virtual reality and pain management: current trends and future directions", *Pain Manag.* Vol.1, No.2, pp.147-157, 2011. DOI: <https://doi.org/10.2217/pmt.10.15>
- [42] R. I. Cederlund, E. Ramel, H-E, Rosberg, L. B. Dahlin, "Outcome and clinical changes in patients 3, 6, 12 months after a severe of major hand injury-can sense of coherence be an indicator for rehabilitation focus?", *BMC Musculoskeletal Disorders*, Vol.11, No.1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-286>
- [43] C. M. Sackley, N. B. Lincoln, "Single blind randomized controlled trial of visual feedback after stroke: effects on stance symmetry and function", *Disability and Rehabilitation*, Vol.19, No.12, pp.536-546, 1997. DOI: <https://doi.org/10.3109/09638289709166047>
- [44] M. C. Dault, M. De Haart, A. C. Geurts, I. M. Arts, B. Nienhuis, "Effects of visual center of pressure feedback on postural control in young and elderly healthy adults and in stroke patients", *Human Movement Science*, Vol.22, No.3, pp.221-236, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0167-9457\(03\)00034-4](https://doi.org/10.1016/s0167-9457(03)00034-4)
- [45] S. H. Han, Y. W. Choi, K. Y. Kam, "Effects of EMG biofeedback training on the hand functions of stroke patients", *Korean Journal of Occupational Therapy*, Vol.17, No.4, pp.13-24, 2009.
- [46] C. S. Kim, Y. H. Kwon, "Therapeutic virtual reality program in chronic stroke patients recovery of upper extremity and neuronal reorganization", *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, Vol.44, No.1, pp.87-106, 2005.
- [47] S. Saleh, H. Bagce, Q. Qiu, G. Fluet, A. Merians, S. Adamovich, E. Tunik, "Mechanisms of neural reorganization in chronic stroke subjects after virtual reality training", *Conference Proceedings IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.8118-8121. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6092002>
- [48] Y. T. Wu, K. H. Chen, S. L. Ban, K. Y. Tung, L. R.

Chen, "Evaluation of leap motion control for hand rehabilitation in burn patients: An experience in the dust explosion disaster in Formosa Fun Coast", *Burns*, Vol.45, No.1, pp.157-164, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.burns.2018.08.001>

- [49] G. Placidi, L. Cinque, M. Polsinelli, M. Spezialetti, "Measurements by a leap-based virtual glove for the hand rehabilitation", *Sensors*, Vol.18, No.3, pp.E834, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.3390/s18030834>

차 윤 준(Yun-Jun Cha)

[정회원]



- 2019년 8월 : 인제대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 석사)
- 2017년 11월 ~ 현재 : 근로복지공단 창원병원 작업치료사

<관심분야>

수부재활, 신경과학

감 경 윤(Kyung-Yoon Kam)

[정회원]



- 1995년 2월 : 서울대학교 분자생물학과 (이학석사)
- 2000년 8월 : 서울대학교 생명과학부 (이학박사 : 신경생물학)
- 2001년 12월 ~ 2005년 8월 : 하버드의과대학 & Brigham Women's Hospital 연구원
- 2005년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 작업치료학과 교수

<관심분야>

신경과학, 신경가소성

노 동 희(Dong-Hee Noh)

[정회원]



- 2013년 2월 : 인제대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 석사)
- 2015년 2월 : 인제대학교 일반대학원 융합의과학과 (뇌과학 및 재활신경과학 박사 수료)
- 2007년 6월 ~ 2019년 12월 : 근로복지공단 창원병원 작업치료사
- 2020년 1월 ~ 현재 : 근로복지공단 본부 정책사업팀

<관심분야>

수부재활, 신경과학, 직업재활