

## 류마티스 손목 관절염에서 가상현실을 이용한 거울치료의 적용; 예비 연구

<sup>1</sup>울산대학교 의과대학 울산대학교병원 내과학교실, <sup>2</sup>울산대학교 공과대학 전기공학부, <sup>3</sup>울산대학교 의과대학 울산대학교병원 재활의학교실

최승원<sup>1</sup> · 허순철<sup>2</sup> · 황창호<sup>3</sup> · 구교인<sup>2</sup>

### Mirror Therapy Using Virtual Reality on the Wrist of Rheumatoid Arthritis; Pilot Trial

Seung Won Choi, M.D., Ph.D.<sup>1</sup>, Suncheol Heo<sup>2</sup>, Chang Ho Hwang, M.D., Ph.D.<sup>3</sup>, Kyo-in Koo, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Internal Medicine, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine, <sup>2</sup>Department of Biomedical Engineering, University of Ulsan, <sup>3</sup>Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine

**Objective:** Authors conducted the pilot trial to evaluate whether the virtual reality using mirror therapy induces analgesia and functional improvement to the patients of rheumatoid wrist arthritis.

**Method:** Three patients with no symptom or sign of active phase at both wrists were recruited. Voluntary range of motion (ROM) of each wrist over as far as possible was recorded and then the same movement was recorded only over 60% of the previous one after break of 5 minutes. For the virtual reality treatment, the second recorded motion was reconstructed into the another one of as same ROM and spent time as the first one, providing confusing visual information to the patients while patients were instructed to reach only the red flags (60% ROM of 1<sup>st</sup> one). This exercise was repeated for 5 days. Numerous scales such as VAS, ROM, Michigan Hand Outcomes Questionnaire (MHQ), Performance and Satisfaction in Activities of Daily Living (PS-ADL), patient-rated wrist evaluation (PRWE) were evaluated before and after repetition.

**Results:** The increased satisfaction with their hands (satisfaction score of MHQ;  $5.8 \pm 2.3$ , [6-30]), improved ADL performances (PS-ADL score:  $5.0 \pm 3.5$ , [0-117]), and no side effect were noticed.

**Conclusion:** The virtual reality using mirror therapy may be safe and has some analgesic effect, which warrants a clinical trial in the future for the patients of rheumatoid wrist arthritis. (Brain & NeuroRehabilitation 2016; 9: 48-55)

**Key Words:** analgesia, rheumatoid arthritis, virtual reality therapy, wrist

## 서 론

Received: November 18, 2015, Revised : December 15, 2015,  
Accepted: March 30, 2016

Correspondence to: Chang Ho Hwang, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine, 877 Bangeojinsunhwando-ro, Dong-gu, Ulsan 44033, Korea  
Tel: 052-250-7210, Fax: 052-250-7211  
E-mail: chhwang1220ciba@yahoo.co.kr

Co-Correspondence to: Kyo-in Koo, Department of Biomedical Engineering, University of Ulsan, 93 Deahak-ro, Nam-gu, Ulsan 44610, Korea  
Tel: 052-259-1408, Fax: 052-259-1306  
E-mail: kikoo@ulsan.ac.kr

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (NRF-2014R1A1A1038335).

거울 치료는 1996년 Ramachandran 등<sup>1</sup>이 상지 절단 환자의 통증 개선에 효과가 있다는 증례를 발표하며 처음으로 소개되었다. 절단 이후 발생하는 왜곡된 감각 수용을 혼란에 빠트려 대뇌에게 감각보다 운동 인식을 우선하게 함으로써 통증을 감소시키는 것을 기전으로 추정하고 있다.<sup>2</sup> 이후 척수 손상에 의한 중추성 통증,<sup>3</sup> 복합동통증후군,<sup>4</sup> 섬유근육통<sup>5</sup>에서도 동통 감소 효과가 보고되었다. 유사한 기전을 이용하여 대뇌 가소성 향진을 목적으로 뇌졸중 이후 편 마비 치료에서도 사용되고 있다.<sup>6</sup>

하지만 그 간의 모든 연구들이 신경 손상 이후 발생한 통증에 국한되었으며, 이러한 이유는 거울 치료의 기전이

왜곡된 감각 수용을 개선시키는 것이라는 것을 고려 시 신경 손상 환자들이 가장 적절한 환자군으로 추정되었기 때문이다. 하지만 정상인에서도 거울 치료를 통하여 대뇌 피질 활성화도 변화를 유도 할 수 있는 것으로 알려져,<sup>7</sup> 신경 손상이 없는 근골격계 질환에서도 거울 치료가 진통 효과가 관찰된다면 향후 통증 완화에 도움이 될 것으로 사료된다.

류마티스 관절염 환자에서 손목 관절의 이환은 매우 흔한 증세이며, 일상생활동작수행(Activity of Daily Living: A.D.L) 수행 시 이로 인한 많은 제한이 발생하는 것으로 알려져 있으며,<sup>8</sup> 이러한 환자들은 통증과 관절 제한을 호소한다. 하지만 류마티스 관절염 환자에서는 기존의 거울 치료의 적용 환자처럼 마비나 절단이 없고 양측 손이 같이 이환 되는 경우가 대부분이기 때문에, 단순한 거울 치료를 적용하기가 불가능하다. 또한 거울 치료는 대뇌 피질을 변화시키기 위하여는 거울에 비친 영상이 본인의 팔이라고 인식하는 “embodiment”와<sup>9</sup> 체성 특수성이<sup>10</sup> 존재하기 때문에, 정상적인 타인의 손을 보여주는 것은 치료 효과를 기대하기 어렵다. 하지만 환자의 손을 촬영 한 뒤 영상 재처리를 통한 가상 현실을 투영한다면 이를 극복할 수도 있을 것으로 사료된다.

이에 저자들은 류마티스 손목 관절염 환자에서 거울 치료를 이용한 가상현실의 통증 감소와 손의 기능 회복을 위한 전향적 무작위 사례 조절 연구를 위한 선행 연구를 진행하였다.

## 연구 대상 및 방법

### 1) 연구대상

2015년 3월부터 울산대학교병원 류마티스 내과 외래에 내원하여 투약 중인 류마티스 관절염 환자 중 참여 기간 동안 탈락되지 않을 높은 참여도가 예상되는 환자를 대상으로 하여, 각각 48, 42, 45세의 최근 ESR CRP의 변동이 없으며 손목 이환이 동반된 3명(류마티스 관절염 disease activity score의 28점 만점 중 각각 3.96, 2.52, 4.34)의 여성들이 동원되었다. 신경학적 질환으로 인하여 모든 상지 관절 근력이 Medical Research Council 5단계에 해당되지 않는 환자, 시각 장애로 인하여 가상 현실 모니터를 볼 수 없는 환자, 청력 질환, 인지 기능 저하, 그 밖의 질환으로 인하여 본 연구의 설문지를 충분히 이해할 수 없어 통증 및 기능 점수를 산출할 수 없는 환자, 활성기의 손목 관절염을 앓고 있는 환자, 참여를 거부한 환자는 제외하였다.

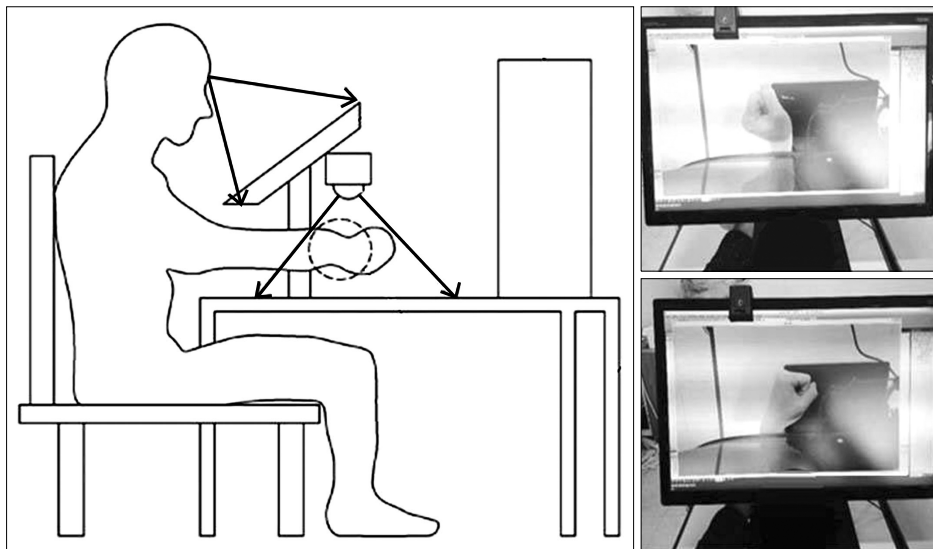
동원된 환자는 거울 치료를 응용한 가상 현실 치료를 시작하기 전에 연령, 성별, 체중, 신장과 휴식 시와 자발적

움직임 시 손목의 visual analogue scale (VAS), 류마티스 관절염에서 유효성을 입증 받은<sup>8</sup> Michigan Hand Outcomes Questionnaire 중 hand function, ability to complete 일상생활동작 평가(ADL: activity of daily living), pain, work performance, patient satisfaction subscales (MHQ),<sup>11</sup> 류마티스 관절염에서 A.D.L. 평가에 유효성을 입증 받은 Performance & Satisfaction in Activities of Daily Living (PS-ADL),<sup>12</sup> 손목 질환에 대한 통증 및 장애 반영의 유효성이 입증된 patient-rated wrist evaluation (PRWE),<sup>13</sup> 및 자발적 능동 손목 관절 범위를 평가한다. 이 중 굴곡은 환자가 앉은 상태에서 상완을 정면을 향하여 완전 회 외전한 상태로 신전한 후 자발적으로 최대한 굴곡을 한 이후 각도계로 측정하며 신전은 같은 자세에서 자발적으로 최대한 신전하여 각도계(biplane goniometer)를 이용하여 측정한다.<sup>14</sup>

### 2) 연구방법

#### (1) 훈련과정 및 평가

가상 현실 치료는 1일 1회 주 5회 제공하며, 환자는 가상 현실 치료기가 설치된 수평 책상을 마주 보고 등받이가 있는 의자에 직립으로 앉은 뒤 상지를 신전시켜 완 관절을 고정용 받침대에 거치 후, 치료 대상이 되는 손과 손목을 가상 현실 치료기 카메라의 밑에 해부학적 중립으로 위치시켜 체성 특수성(somatotopic)<sup>10</sup>이 발현되도록 손가락과 손목이 화면 중앙에 전부 보이도록 조정된 뒤, 밴드를 이용하여 하완과 손목을 고정용 받침대에 고정한다(Fig. 1). 손바닥 중앙에 하얀색 막대기가 요골 측으로 돌출되게 손바닥을 가로질러 잡게 하고 직경 1 cm의 2장의 원형 붉은 색 스티커를 손목 고정 밴드 정 중앙 위와 하얀색 막대기의 요골 측 끝 면 위에 각각 붙인다(Fig. 2). 가상 현실 치료 화면에 빨간색 스티커가 깃발로 표시되도록 실시간 가상 현실을 제어한다. 1차 운동은 카메라 촬영을 유지하며 통증을 참을 수 있는 범위 내에서 자발적 손목 굴곡 신전 동작을 최대한 멀리 하도록 격려하며 5회 반복한다. 이후 최대한 멀리 이동한 하얀 막대기의 빨간 스티커의 굴곡 및 신전 위치를 2차원으로 인지하여 각속도와 같이 동작 영상을 컴퓨터에 저장한다. 5분의 휴식 후 2차 운동은 녹화된 최대 굴곡 신전운동 범위의 60%로 제한되어 시행되도록 가상 치료 화면에 최대 굴곡 및 신전 값의 20% 감소된 위치에 두 개의 깃발을 표시하고 이 지점까지 능동적 굴곡 신전 운동을 5회 반복 한다. 두 번의 운동 동안 무작위 순서로 설문지를 이용한 가상 현실 타당성(Validity)<sup>10</sup>을 평가한다(Appendix 1). 5분의 휴식 후 3차 운동은 환자는 실제로 최대 굴곡 및 신전 운동을 60%로

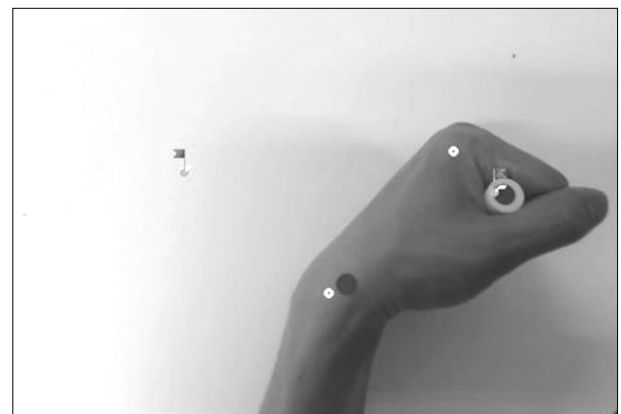


**Fig. 1.** Diagram of virtual reality. Patients were instructed to take a seat upright in a chair opposite to the table on which a monitor of virtual reality was placed, stretch their either of arm out into the support for the elbow, replace their wrist and hand in an anatomical neutral position under a camera to be seen fully in the center of the monitor, and their forearm and wrist were immobilized to the supports using Velcro strap.



**Fig. 2.** Preparation of virtual reality. Patients were instructed to grip a white pole using the palm surface so that the tip of the white pole was protruded beyond the ulnar border. Two red-colored round stickers of 1 cm in diameter were affixed to the center of wrist strap and the tip of the white pole respectively.

수행하나, 빨간 점의 운동 각 속도 재생 시간을 증가시켜 60% 운동과 같은 시간 내에 손목이 100% 범위의 운동을 하는 것처럼 화면에 투사되도록 1차 운동 영상을 이용하여 가상 현실을 변환한다(Fig. 3). 모든 운동은 깃발을 목표표로 5번 굴곡 및 신전 왕복 시행하며, 매번 30초간의 휴식을 포함하여 총 10회를 반복하며, 동시에 화면 밖 반대편 손목도 같은 동작을 반복 한다. 3차 운동 후 설문지를 이용하여 가상 현실의 타당성을 평가한다. 같은 방법으로 반대편 손도 가상 현실 치료를 제공한다. 가상 현실 치료가 종료한 날 5일 째 휴식 시와 자발적 움직임 시 손목의 VAS, 굴곡 및 신전 관절 범위, MHQ subscales, PS-ADL,



**Fig. 3.** Process of virtual reality. Patients were instructed to do flexion-extension wrist exercise again up- and down-ward to two red flags the location of which in a monitor was seen as the same as during the former exercise of full range. But virtual reality let the real-time movement of the wrist (white spot; 60% of previous range of motion) be seen to reach to the red flag in the pace of the same angular velocity.

PRWE, 부작용을 평가하였다.

## (2) 부작용 평가

가상 현실 치료가 종료한 날 5일 째 휴식 시와 자발적 움직임 시 거울 치료에 대한 다음과 같은 부작용(어지러움 증, 심리적 불편함, 지루함, 우울한 감정, 근육 뒤틀림<sup>15)</sup>)을 평가하였으며, 이러한 부작용에 추가적으로 가상현실 치료에 대한 부작용(멀미 증후군)을 평가하였다.

## (3) 가상현실 치료기 개발

가상 현실 치료기는 환자의 일정한 손목 운동을 유도하는 팔 거치 및 고정부, 환자의 손목 운동을 촬영하는 영상 획득부(C920r, 로지텍, 미국), 거울 치료를 응용한 가상 현실 구현을 위한 영상 처리를 하는 영상 처리부, 구현된 가

상 현실을 표시하는 영상 표시부 등으로 구성된다. 거울 치료를 응용한 가상 현실 구현을 위한 영상 처리부는 윈도우를 구동 시스템(operating system)으로 하는 컴퓨터와 그 컴퓨터에 동작하는 영상 처리 프로그램으로 구성된다. 영상 표시부는 1920 × 1080 해상도의 컴퓨터용 모니터를 사용하였다. 영상 처리 프로그램은 미국 마이크로소프트에서 제공하는 Visual Studio 개발 환경에서 Microsoft Foundation Classes (MFC)와 OpenCV를 이용하여 본 연구진이 직접 개발하였다. 영상 획득부 장치는 일반적인 웹캠이면 어떤 장치든 사용 가능하며, 컴퓨터에 연결되어 실시간으로 영상 처리 프로그램에 환자의 손목 운동 영상을 전송하게 된다. 영상 처리 프로그램은 전술한 바와 같이, 환자의 최대 운동 범위 영상을 저장하였다가(운동 영상 기록), 제한적인 범위에서의 환자의 손목 운동을 증강된 손목 운동 영상으로 치환(가상 현실 구현)하는 방법으로 환자에게 통증 감소와 손의 기능 회복을 유도하였다. 구현된 가상 현실을 포함하여 환자에게 보여지는 모든 영상은 환자의 손목 운동을 직접 촬영한 영상을 사용하여, 환자가 본인의 신체 일부로 인식하는데 방해되지 않도록 하였다. 운동 영상 기록 과정에서 환자의 손목 위치별로 각각의 정지 영상을 메모리에 저장하였다. 손목의 위치를 쉽게 감지하기 위하여 전술한 바와 같이, 직경 1 cm의 2장의 원형 붉은 색 스티커를 손목 고정 밴드 정 중앙 위와 하얀색 막대기의 요골 측 끝 면 위에 각각 붙인다. 환자의 실시간 운동 영상에서, 색 검출 기법으로 미리 붙여둔 2장의 붉은 색 스티커를 실시간으로 인식하여, 손목의 위치를 실시간으로 인식할 수 있게 하였다. 이는 손목 전체를 인식한 후에 다시 손목의 각도를 인식하는 것 보다, 컴퓨터의 연산 자원을 매우 절약할 수 있게 해준다. 가상 현실 구현 과정에서는 붉은 색 스티커의 위치를 실시간으로 인식하여, 환

자의 실제 손목의 위치를 실시간으로 인식한 후에, 실제 손목의 위치 보다 더 많이 움직인 위치의, 미리 저장된 손목 영상을 영상 표시부에 표시하여, 환자에게 보여 주게 된다. 예를 들어 환자의 손목이 팔의 연장선을 기준으로 1도의 위치에 있으면, 영상 처리 프로그램은 미리 저장한 영상 중에 1.6도의 위치에 있는 영상을 영상 표시부에 표시한다. 환자는 자신의 실제 손목의 위치는 보지 못 하고, 영상 표시부에 표시된 영상만을 볼 수 있기 때문에, 자신의 손목이 1.6도의 위치에 있다고 인지하게 된다. 이와 같은 영상 처리를 실시간으로 하게 되면, 환자는 자신의 실제 손목 운동 보다 60%정도 운동 속도가 빠르며, 60%정도 운동 범위가 넓게 운동 하는 것으로 인지하게 된다.

## 결 과

### 1) 기능 척도의 변화(Table 1)

MHQ의 세부 척도 중, 손의 기능에 관한 척도(5~25점; 적을수록 긍정적)에 관하여 B환자 왼손에서 8점, C환자 왼손에서 5점의 호전을 관찰하였으나, A 환자 오른손에서 1점, 왼손에서 4점의 악화를 관찰하였으며, B환자 오른손과 C환자 오른손에서는 변화를 관찰할 수 없었다. 양 손의 기능에 관한 척도(7~35점; 적을수록 긍정적)에 관하여 A 환자의 양 손에서 3점의 호전을 관찰하였으나 B와 C 환자의 양 손에서는 각각 6점, 4점의 악화를 관찰하였다. 일상 생활 동작 수행에 관한 척도(5~25점; 클수록 긍정적)에 관하여 B 환자에서 15점의 호전을 관찰하였으나 A 환자에서는 2점의 악화를 관찰하였으며 C 환자에서는 변화를 관찰할 수 없었다. 손의 통증에 관한 척도(3~15점; 클수록 긍정적)에 관하여 세 명의 환자에서 변화를 관찰할 수 없었다. 손에 대한 만족에 관한 척도(6~30점; 적을수록

Table 1. Interval Changes of Functional and Surrogate Ends

		PRWE (0~50)				MHQ										VAS (0~100)			
		Pain	Specific activity	Routine activity	PS-ADL (0~117)	Function (5~25)		Function of both hands (7~35)	Normal work (5~25)	Pain (3~15)		Satisfaction (6~30)		Active ROM		Resting		Moving	
						Rt.	Lt.			Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.	Rt.	Lt.
Patient A	Before	17	28	14	23	13	10	24	17	15	15	20	20	35	40	10	20	15	25
	After	14	32	13	22	14	14	21	15	15	15	13	13	35	45	10	5	10	5
Patient B	Before	13	21	17	6	5	13	10	10	15	13	5	11	50	50	0	0	35	35
	After	6	9	2	0	5	5	16	25	15	13	5	11	55	55	0	0	35	35
Patient C	Before	46	57	39	81	20	29	30	5	3	3	27	30	0	25	80	80	100	100
	After	46	55	40	73	20	24	34	5	3	3	24	24	0	30	70	70	100	100

( ); normal range of corresponding scale.

The improved satisfaction with each hand or ADL was noticed after the virtual reality treatment for 5 days. Interval changes in others were variable. PRWE: patient-rated wrist evaluation, PS-ADL: performance & satisfaction in activities of daily living, MHQ: Michigan Hand Outcomes Questionnaire.

긍정적)에 관하여 A 환자의 양손에서 각 각 7점, C 환자의 오른손에서 3점, 왼손에서 6점의 호전을 관찰하였으나 B 환자에서는 변화를 관찰할 수 없었다.

PRWE의 세부 척도(0~50; 적을수록 긍정적) 중, 통증에 관한 척도에 관하여 A 환자에서 3점, B 환자에서 7점의 호전을 관찰하였으며 C 환자에서는 변화를 관찰할 수 없었으며, 특별한 활동에 관한 척도에 관하여 B 환자에서 12점, C 환자에서 2점의 호전을 관찰하였으며 A 환자에서는 4점의 악화를 관찰하였으며, 일상적 활동에 관한 척도에 관하여 A 환자에서 1점, B 환자에서 15점의 호전을 관찰하였으며 C 환자에서 1점의 악화를 관찰하였다.

PS-ADL 척도(0~117; 적을수록 긍정적)에 관하여 A 환자에서 1점, B 환자에서 6점, C 환자에서 8점의 호전을 관찰하였다.

## 2) 척도의 변화(Table 1)

치료 전 후 환자의 손목의 능동적 총 관절 범위는 A 환자 왼손에서 5도, B 환자 양 손에서 각 각 5도, C 환자 왼손에서 5도의 호전을 관찰하였으나 A 환자와 C 환자 오른손에서는 호전을 관찰할 수 없었다.

## 3) 가상 현실의 효용성(Table 2)

non-immersion 형식의 가상 현실의 유효성(validity)은<sup>10</sup> 화면에 비친 환자의 손을 보고 이를 본인의 신체라고 느끼며 동일 시 할 수록 높은 유효성을 보이며, 본인의 손이라고 느끼지 못하며 단순히 일반적 손이 화면에 서 움직이고 있다고 느껴지면 낮은 유효성을 보인다고 할 수 있다. 본 연구에서는 3명의 환자들이 화면에 움직이는 손을 자신의 손이라고 느끼지는 유효성 평가에서 5점 만점에 5점으로 인식을 하여 가상 현실 재 구성 전의 유효성은 매우 높다고 볼 수 있다. 하지만 환자들의 답변이 작위적 오류에 의해 발생할 가능성이 있기 때문에 거짓 자극(sham stimuli; 손이 따뜻해진다고 느껴지세요?)에 대하여 체온 변화가 없다는 쪽으로 답변이 나올수록 작위적 오류일 가능성은 낮아진다. 본 연구에서는 거짓 자극에 대한 답변이 0점으로 환자들의 작위적 오류에 의해 유효성이 높게 평가되었

을 가능성은 낮다고 할 수 있다. 또한 총 관절 범위의 60% 움직임만으로 전 관절 범위 운동으로 재현한 재건 가상 현실의 유효성(validity) 지표도 5점 만점에 4.3 매우 우수하다고 볼 수 있으며, 거짓 자극(손이 따뜻해진다고 느껴지세요?)에 대하여도 0.5점으로 환자들의 작위적 오류의 가능성은 낮다고 할 수 있다.

## 4) 부작용

1주간의 치료를 진행하는 동안 어지러움 증, 심리적 불편함, 지루함, 우울한 감정, 근육 뒤틀림과 같은 거울 치료에 대한 부작용은 관찰되지 않았으며, 멀미 증후군과 같은 가상현실 치료에 대한 부작용도 관찰되지 않았다.

## 고 찰

류마티스 관절염 환자에서 손목은 양측 이완이라는 제한점으로 인하여 정상 측 신체를 이용한 거울 치료를 적용하기에 어려운 질환이다. 이에 저자들은 환자의 일측 손목 움직임을 촬영하여 동측 관절 움직임이 개선된 것처럼 보이는 가상 현실을 구축한 뒤, 1주일 간의 거울 치료를 응용한 가상 현실 치료 후 일상생활 동작 수행(PS-ADL)의 호전을 3명의 환자에서 관찰하였으며, 손에 대한 환자의 만족도(MHQ subscale)와 손목의 능동적 총 관절 범위에서도 호전 또는 변화 없음을 관찰하였고 악화는 관찰할 수 없었다. 기능, 통증, 동작 수행 능력 측면에서는 다양한 결과를 보였으나 부작용은 관찰되지 않았다.

거울 치료에서는 고무 손과 거울을 이용하여 자극 시 고무 손을 본인의 손으로 인식하는 “rubber hand illusion”<sup>16</sup> 현상과 “mirror neuron system”<sup>17</sup>의 활성화를 통하여 외부 사물의 특정 요건을 본인의 신체로 인식하는 “embodiment”<sup>9</sup>가 대뇌의 가소성을 유발할 수 있는 첫번째 선결 조건이다. 본 연구에서 구현된 가상 현실의 체화성(embodiment)은 5점과 4.3점으로 매우 우수하여 환자가 시각 정보를 자신의 신체로 동일시화 한다고 볼 수 있으므로, 시각 정보가 통증 감각보다 우선시되어 대뇌에서 선택된다는 거울 치료의 기본 가정을 충족할 수 있다. 또한 가상 현실의

Table 2. Validity of the Virtual Reality

	Validity of virtual reality (-5 to 5)	Validity of control question of virtual reality (-5 to 5)	Validity of reconstructed virtual reality (-5 to 5)	Validity of control question of reconstructed virtual reality (-5 to 5)
Patient A	5	0	4.2	0.6
Patient B	5	0	5	0
Patient C	5	0	3.6	1

Appropriate score of validity was reported.

체화성의 위약 질문에 대하여 0점, 0.5점으로 관찰되어, 앞의 높은 체화성이 환자의 무작위 답변에 의한 가능성을 배제할 수 있었다.

MHQ 세부 척도 상 일측 또는 양측 손의 기능에서 환자 에 따라 호전, 무변화, 또는 악화의 다양한 변화를 보인 것은 환자 수와 1주일이라는 치료 시기를 고려 시 당연한 결과라고 볼 수 있다. 하지만 호전의 점수 변화가  $6.5 \pm 1.5$ 점으로 악화( $2.5 \pm 1.5$ 점)보다 크다는 점은 매우 흥미로운 결과이다. 일상생활 동작 수행 능력에 관한 척도에서도 다양한 결과가 관찰되었는데 손의 기능과 유사하게 호전된 점수의 폭(15점)이 악화(2점)보다 매우 큰 것을 관찰할 수 있다. 이는 PRWE 세부 척도 중 특별한 활동이나 일상적 활동에 대한 손목의 기능이 다양한 변화를 보이지만 호전( $7.0 \pm 5.0$ 점,  $8.0 \pm 7.0$ 점)의 폭이 악화(4점, 1점)의 폭 보다 크다는 공통점을 발견할 수 있다.

MHQ 세부 척도 중 손에 대한 만족도는 4개의 관절에서 호전을, 2개의 관절에서는 변화가 없었으나 악화는 없었으며, 30점 만점에 호전의 폭이 5.8점으로 상대적으로 크다고 볼 수 있다. 이는 PS-ADL 척도의 일상생활 동작 수행에 대한 만족도가 모든 환자에서 관찰된 것과 유사하였다. 이는 시각이 체성 감각에 우선하는 “visual capture”<sup>16</sup> 현상으로 인하여 통증이라는 감각 인식보다 손목이 잘 움직인다는 시각적 착오에서 유발할 것으로 추측된다. 또한 거울에 비친 정적인 손을 보는 것만으로도 감각 재 구현이 되는 것<sup>9</sup>처럼, 본 연구의 잘 움직이는 것처럼 재건된 가상 현실을 보고 손목의 감각 재 구현이 발생하여 만족감에 향상되었을 수도 있다.

병적 통증은 대뇌의 편향된 감각 재현에서 유발될 수 있는 것으로 알려져 있으며,<sup>18-20</sup> 거울 치료는 이러한 편향된 감각 재현을 뇌의 후천적 가소성을 이용하여 정상화 시킴으로써 통증을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>21-23</sup> 거울을 이용한 이러한 뇌의 후천적 가소성은 뇌의 특정 부위에서 증가된 운동신경유발전위(Motor evoked potential)의 진폭의 증가와,<sup>17,24</sup> lateral readiness potential의 증가<sup>25</sup>를 통하여 입증되었다. 또한 인공 팔을 기존 팔에 부착하여 기존 팔이 더 길어졌다는 느낌과 엄지손가락의 체성감각유발전위가 변화하였다는 보고<sup>26,27</sup>처럼 대뇌의 감각 인식은 기존의 신경학적 결손이 없는 경우에도 외부 환경에 따라 능동적으로 반응하는 것으로 알려져 있다.<sup>28</sup> 이에 저자들은 이를 응용하여 거울 치료를 통하여 만성 통증이라는 편향된 감각 수용에 통증에 비례하지 않은 자발적 움직임을 시각적으로 제공함으로써 대뇌 가소성을 유도하고 이차적으로 진통의 효과를 유도할 것이라고 예상하였다. 또한 편 마비 발생 후 마비에 대한 학습 효과로

무의식적으로 마비된 팔을 사용하지 않으려는 학습적 비 사용(learned non-use)<sup>29</sup>이 거울 치료를 통하여 개선되는 것처럼 통증에 의한 손의 학습적 비사용도 거울 치료를 통하여 개선될 수 있는 가능성이 있다.<sup>10</sup> 본 연구에서 진통과 능동적 관절 범위에서 일관된 호전은 관찰되지 않았지만, 두 척도에서 모든 환자가 호전 또는 무변화만 보였을 뿐 악화는 없었다. 또한 안정성 면에서 보면 거울 치료의 부작용과 가상현실의 부작용은 본 연구에서 관찰되지 않아, 향후 계획 중인 전향적 연구에서 환자에게 불필요한 위험의 가능성을 높일 것이라고 생각되지 않았다. 하지만 가상 현실에 대한 뇌졸중 환자와 일반인을 대상으로 한 강 등의 선행 연구에서 제시된 멀미 증후군의 가능성<sup>30</sup>과 이에 대한 좀 더 객관화된 평가법<sup>31</sup>을 사용하지 않은 것은 향후 전향적 연구에서 보완이 필요하다.

본 연구는 예비 연구로서 전향적 대조군 연구와 달리 치우침에 대한 통제가 이루어 지지 않았으며 통계학적 검증도 이루어 지지 않았기에 결과의 해석에 매우 신중함이 필요하다. 통증에 관련된 세부 평가 항목들이(VAS, PRWE-pain, MHQ-pain) 서로 상반된 현상을 보이는 것은 이러한 평가 항목들이 류마티스 관절염에서 높은 타당성을 보였던 이전 보고들을 고려 시 본 상기 제한점에서 유발되었을 가능성을 시사한다. 대부분의 평가 항목들이 호전이 없음에도 불구하고 일상생활 동작의 수행이 호전된 현상은 2명의 환자에서 관찰된 손목의 능동적 총 관절 범위의 호전만으로 설명하기 어려우며 이 또한 상기 제한점에서 기인하였을 가능성을 시사한다.

저자들은 류마티스 손목 관절염 환자에서 거울 치료를 응용한 5일 간의 가상 현실을 통하여 손에 대한 만족도가 증가되는 현상과 부작용 발현이 없음을 선행 연구를 통하여 확인하였다. 이를 바탕으로 저자들은 향후 상기 치료의 효과 검증을 위한 전향적 무작위 대조군 연구를 시행할 예정이다.

## References

- 1) Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Biol Sci.* 1996;263:377-86.
- 2) Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain.* 2009;132:1693-710.
- 3) Moseley GL. Using visual illusion to reduce at-level neuropathic pain in paraplegia. *Pain.* 2007;130:294-8.
- 4) Karmarkar A, Lieberman I. Mirror box therapy for complex regional

- pain syndrome. *Anaesthesia*. 2006;61:412-3.
- 5) Ramachandran VS, Seckel EL. Using mirror visual feedback and virtual reality to treat fibromyalgia. *Med Hypotheses*. 2010;75:495-6.
- 6) Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sutbeyaz S, Bussmann JB, Koseoglu F et al. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89:393-8.
- 7) Lee HM, Li PC, Fan SC. Delayed mirror visual feedback presented using a novel mirror therapy system enhances cortical activation in healthy adults. *J Neuroeng Rehabil*. 2015;12:56.
- 8) Waljee JF, Chung KC, Kim HM, Burns PB, Burke FD, Wilgis EF et al. Validity and responsiveness of the Michigan Hand Questionnaire in patients with rheumatoid arthritis: a multicenter, international study. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2010;62:1569-77.
- 9) Holmes NP, Crozier G, Spence C. When mirrors lie: "visual capture" of arm position impairs reaching performance. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2004;4:193-200.
- 10) Romano D, Bottini G, Maravita A. Perceptual effects of the mirror box training in normal subjects. *Restor Neurol Neurosci*. 2013; 31(4):373-86.
- 11) Chung KC, Pillsbury MS, Walters MR, Hayward RA. Reliability and validity testing of the Michigan Hand Outcomes Questionnaire. *J Hand Surg Am*. 1998;23:575-87.
- 12) Archenholtz B, Dellhag B. Validity and reliability of the instrument Performance and Satisfaction in Activities of Daily Living (PS-ADL) and its clinical applicability to adults with rheumatoid arthritis. *Scand J Occup Ther*. 2008;15:13-22.
- 13) MacDermid JC, Turgeon T, Richards RS, Beadle M, Roth JH. Patient rating of wrist pain and disability: a reliable and valid measurement tool. *J Orthop Trauma*. 1998;12:577-86.
- 14) Norkin C WJ. Measurement of joint motion: a guide to goniometry. Philadelphia, PA: Davis Company; 1995: 89-90
- 15) Darnall BD, Li H. Home-based self-delivered mirror therapy for phantom pain: a pilot study. *J Rehabil Med*. 2012;44:254-60.
- 16) Botvinick M, Cohen J. Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*. 1998;391:756.
- 17) Garry MI, Loftus A, Summers JJ. Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp Brain Res*. 2005;163:118-22.
- 18) Harris AJ. Cortical origin of pathological pain. *Lancet*. 1999; 354:1464-6.
- 19) Flor H, Elbert T, Knecht S, Wienbruch C, Pantev C, Birbaumer N et al. Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature*. 1995;375:482-4.
- 20) Flor H, Denke C, Schaefer M, Grusser S. Effect of sensory discrimination training on cortical reorganisation and phantom limb pain. *Lancet*. 2001;357:1763-4.
- 21) Maihofner C, Handwerker HO, Neundorfer B, Birklein F. Cortical reorganization during recovery from complex regional pain syndrome. *Neurology*. 2004;63:693-701.
- 22) Pleger B, Tegenthoff M, Ragert P, Forster AF, Dinse HR, Schwenkreis P et al. Sensorimotor retuning [corrected] in complex regional pain syndrome parallels pain reduction. *Ann Neurol*. 2005;57:425-9.
- 23) Kolb B, Whishaw IQ. Brain plasticity and behavior. *Annu Rev Psychol*. 1998;49:43-64.
- 24) Funase K, Tabira T, Higashi T, Liang N, Kasai T. Increased corticospinal excitability during direct observation of self-movement and indirect observation with a mirror box. *Neurosci Lett*. 2007;419:108-12.
- 25) Touzalin-Chretien P, Ehrler S, Dufour A. Dominance of vision over proprioception on motor programming: evidence from ERP. *Cereb Cortex*. 2010;20:2007-16.
- 26) Schaefer M, Flor H, Heinze HJ, Rotte M. Morphing the body: illusory feeling of an elongated arm affects somatosensory homunculus. *Neuroimage*. 2007;36:700-5.
- 27) Schaefer M, Heinze HJ, Rotte M. My third arm: shifts in topography of the somatosensory homunculus predict feeling of an artificial supernumerary arm. *Hum Brain Mapp*. 2009;30:1413-20.
- 28) Egsgaard LL, Petrini L, Christoffersen G, Arendt-Nielsen L. Cortical responses to the mirror box illusion: a high-resolution EEG study. *Exp Brain Res*. 2011;215:345-57.
- 29) Liepert J, Miltner WH, Bauder H, Sommer M, Dettmers C, Taub E et al. Motor cortex plasticity during constraint-induced movement therapy in stroke patients. *Neurosci Lett*. 1998;250:5-8.
- 30) Kang YJ, Ku J, Han K, Kim SI, Yu TW, Lee JH et al. Development and clinical trial of virtual reality-based cognitive assessment in people with stroke: preliminary study. *Cyberpsychol Behav*. 2008; 11:329-39.
- 31) Keshavarz B, Hecht H. Validating an efficient method to quantify motion sickness. *Hum Factors*. 2011;53:415-26.

Appendix.

**가상 현실의 유효성 질문 (Validation of virtual reality)**

1. 화면에 보이는 손이 내 손처럼 보이나요?  
-5(전혀 아니다), -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5(매우 그렇다)
2. 화면의 움직이는 손이 내 손처럼 보이나요? -  
-5(전혀 아니다), -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5(매우 그렇다)
3. 손이 파듯해진다고 느껴지세요?  
-5(전혀 아니다), -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5(매우 그렇다)

**재건된 가상 현실의 유효성 질문 (Validation of the reconstructed virtual reality)**

1. 화면에 보이는 손이 내 손처럼 보이나요?  
-5(전혀 아니다), -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5(매우 그렇다)
2. 화면의 움직이는 손이 내 손처럼 보이나요?  
-5(전혀 아니다), -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5(매우 그렇다)
3. 손이 파듯해진다고 느껴지세요?  
-5(전혀 아니다), -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5(매우 그렇다)