http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2015.13.7.293

# 컴퓨터 기반 가상현실 프로그램의 국내 임상재활 적용 효과: 메타분석

권재성
청주대학교 보건의료대학 작업치료학과

# Effects of Computer Based Virtual Reality Program on Clinical Rehabilitation in Korea: A Meta-analysis

**Jae-Sung Kwon**
**Department of Occupational Therapy, College of Health Science, Cheongju University**

**요 약** 본 연구에서는 국내 임상재활 현장에서 적용된 컴퓨터 기반 가상현실 프로그램의 효과를 알아보기 위하여 ICF 분류 기준을 근거하여 메타분석을 실시하였다. 국내 논문 데이터베이스에서 1995년~2014년까지 게재된 연구들 중 15편을 선정하였다. 연구의 질적 평가는 PEDro score를 사용하였고 대상 논문들의 표본수와 사전-사후 평균, 표준편차를 사용하여 메타분석을 실시하였다. 연구결과 선정된 연구는 PEDro score 6점 이상이었고 연구 대상자는 338명이었다. 효과크기 분석 결과 분석대상의 통합된 효과크기는 1.030, ICF 분류의 활동과 참여 1.120, 감각기능 1.199로 큰 효과크기를 보였고 정신기능의 효과크기는 0.557로 중간효과크기를 나타내었다. 본 연구의 결과로 임상재활 현장에서 가상현실 프로그램이 전통적인 재활 치료에 대한 대체 또는 보조적 치료 프로그램으로서의 효과가 입증되었다. 특히 ICF 분류의 활동과 참여, 신체기능의 감각기능에 대한 효과가 입증되었고 신체기능의 정신기능에 대한 효과는 통계적 근거가 미흡하였다.

**주제어** : 가상현실, 재활, 융복합, 국제 기능·장애·건강 분류 체계(ICF), 메타분석

**Abstract** Meta-analysis was conducted to examine effects of computer based virtual reality on clinical rehabilitation in Korea. The data were analyzed as the ICF categorizations. The papers used in this study were located through domestic data search engines. The fifteen studies were selected among the studies published between 1995 and 2014. The PEDro score was used for qualitative assessment. The sample size and the average and standard deviations of pre and post tests were analyzed through a meta-analysis. The PEDro scores of the selected studies were 6 points higher and 338 participants were involved. The effect size of combined data was 1.030, activities and participation 1.120, sensory function 1.199 as indicated by a “large effect size” and the effect size of mental function was 0.557 as indicated by a “medium effect size.” As a result, virtual reality program as a adjunctive therapeutic methods has proven the effect. In particular, the effects were demonstrated in activities and participation, sensory function. However there was no evidence of the effectiveness of mental function.

**Key Words :** Virtual reality, Rehabilitation, Convergence, ICF, Meta-analysis

* 본 논문은 2013-2015학년도에 청주대학교 보건의료과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구비)에 의해 연구되었음
Received 15 May 2015, Revised 20 June 2015
Accepted 20 July 2015
Corresponding Author: Jae-Sung Kwon(Cheongju University)
Email: kkoombo@cju.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

컴퓨터 기반의 가상현실(virtual reality) 프로그램은 공학기술의 발달로 인해 임상재활 현장에서 전통적인 재활치료 기술을 대체하거나 보조적인 치료기술로 적용되고 있다[1]. 특히 국내의 재활치료 현장에서는 디지털 가상현실 프로그램을 활용한 연구가 1990년대에 비하여 2000년대에 들어 두 배 이상 증가할 만큼 활성화되고 있다[2]. 이와 같이 가상현실 프로그램이 국내 임상재활 현장으로 확대 적용되는 과정을 분야별로 관찰해보면 먼저 IT 산업의 발전을 이룬 공학분야에서 관심을 가지고 연구가 시작되었고 점차 의료, 보건, 특수교육 분야로 확장되어 갔다[3].

국내외 임상재활 환경에서 가상현실 프로그램을 적용한 재활 훈련은 전통적 재활치료와 비교되며 많은 연구가 이루어졌다. 특히 가상현실 프로그램은 신경재활 분야에서 일정 수준의 효과적 이점이 있다고 보고되었다[4]. 신경재활 분야의 연구 사례를 보면 가상현실 프로그램이 뇌가소성 즉 대뇌피질의 재구조화(reorganization)를 유도한다는 것을 fMRI를 통하여 관찰하였고[5], 실제적인 상지기능 회복과 관련된 대뇌피질의 재구조화를 발견하기도 하였다[6]. 신체 재활 현장에서는 상지기능 회복을 위한 적용, 균형 및 보행기능 회복을 위한 적용 등의 사례에 사용되었고[4, 7], 신경, 신체 재활 외의 분야에서는 공포증 극복, 사회기술 및 대인관계 훈련, 자기효능감 고취, 우울증 극복 등 다양한 분야에서 적용되고 연구가 진행되고 있다[8,9,10]. 재활 시기로 보면 급성기 의료재활 현장에서 신체적 기능향상을 목적으로 가상현실이 사용되었고[11, 12], 아급성기, 만성기 재활치료는 지역사회에서 상업적 가상현실 프로그램을 사용하여 진행되었다[13].

선행 연구들을 통해 효과가 있다고 보고되는 가상현실 프로그램은 대부분 다양한 디스플레이를 통해 시각적 정보를 운동과 함께 제공하였다. 이러한 시각정보는 가상현실 프로그램을 사용하는 환자가 스스로 자신의 모습을 보고 움직임과 자세를 교정할 수 있는 장점이 있고 이러한 요인이 훈련 결과에 긍정적인 영향을 미친다[14]. 가상현실 치료는 크게 두 가지 형태로 분류될 수 있다. 하나는 자신의 신체 전체를 시각적으로 확인할 수 있는 몰입형이고 다른 하나는 신체의 일부분을 가상 화면에서 확인할 수 있는 비몰입형이다. 몰입형과 비몰입형 가상현실 훈련 간의 치료 효과의 차이는 미비하여 빈번한 연구가 이루어지지 않고 있다[14]. 가상현실 프로그램은 사용 용도에 따라 고가의 치료용 가상현실과 저가의 상업용 가상현실이 보급되어 있다. 치료용 가상현실 프로그램은 고가의 장비로 Interactive Rehabilitation and Exercise System (IREX)과 같이 일정 공간을 차지하며 의료기관에서 사용되고[11], 상업적 가상현실은 닌텐도 사의 Wii, 마이크로소프트 사의 X-Box Kinect, 소니 사의 Playstation과 같이 간단한 가정용 게임 장비만으로 작동되는 보급형 가상현실 프로그램이다. 상업적 가상현실 장비는 비용이 적게 드는 재활훈련 측면에서 주목 받고 있다[3]. 특히 상업적 가상현실 프로그램은 국내에 비교적 많이 보급되어있다. 선행연구에서는 치료용 가상현실 프로그램과 상업적 가상현실게임 프로그램 사이의 유용성 차이가 유의미하지 않다고 보고되었다[4, 13].

국내 IT 산업의 발달과 공학기술의 발달은 임상재활 현장으로 컴퓨터 기반의 가상현실 프로그램이 많이 보급되는데 긍정적인 영향을 미쳤다[3]. 그러나 국내 다양한 임상재활 분야에서 사용되는 가상현실 프로그램의 체계적인 효과성 검증은 미비한 실정이다. 국내 임상재활 현장에서 사용되는 가상현실 프로그램의 사용에 있어 체계적이고 효과성이 높은 중재의 기준을 마련하기 위하여 국내의 기존 연구를 분석, 통합하여 통계적으로 효과성을 검증하는 것이 필요한데 이를 위해서 메타분석이 효과적이다[15]. 그러므로 본 연구에서는 국내 임상재활 환경에서 적용되는 컴퓨터 기반 가상현실 프로그램의 효과성을 메타분석을 통하여 검증하고자 하였다. 특히 개인건강을 사회 생태학적으로 해석하기 위해 국제 기능·장애·건강 분류체계(International Classification of Functioning, Disability and Health, ICF)[16]의 분류를 기준으로 가상현실 프로그램의 효과성을 검증하고자 하였다.

## 2. 연구방법

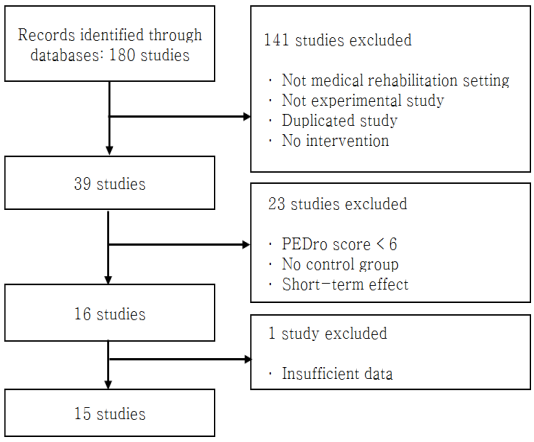
### 2.1 연구설계

본 연구는 국내 임상재활 현장에서 컴퓨터 기반 가상현실 프로그램에 대한 효과를 검증한 실험연구 논문을

수집하여 가상현실을 적용한 중재가 ICF 분류 기준에 따라 효과가 있는지 메타분석을 실시하였다. ICF 분류 기준으로는 신체 기능 및 구조(body functions and structures)와 활동과 참여(activity and participation)로 분류하였고 신체 기능 및 구조는 다시 정신기능(mental function)과 감각기능(sensory function)으로 나누어 연구들의 종속변인을 분류하고 분석하였다[16].

### 2.2 분석대상 및 자료수집 방법

자료수집을 위해 1995년부터 2014년까지 출판된 국내 학술지, 석·박사 학위 논문 모두를 포함시켰다. 검색을 위하여 학술지 원문정보서비스를 제공하는 한국과학기술정보연구원(NDSL), 한국교육학술정보원(RISS), 한국학술정보원(KISS), 누리미디어(DBPIA), ㈜학술정보원(eArticle)의 검색엔진을 사용하였고 검색된 논문의 참고문헌을 추가하여 검색하였다. 문헌검색을 위한 주제어는 '가상현실", '기능' 또는 '재활' 등을 사용하였다. 검색된 논문에 대한 선정 과정은 두 명의 연구자가 토의를 거쳐 최종 15개의 연구 논문을 선정하였다[Fig. 1].




[Fig. 1] Flow diagram of search strategy

### 2.3 대상 논문의 선정 기준

분석 대상이 된 논문의 선정을 위해 다음과 같은 기준을 사용하였다. 1) 국내 임상재활 현장에서 환자의 신체적, 정신적 재활을 위해 가상현실 프로그램을 사용한 연구, 2) 사례연구, 종설, 체계적 문헌연구나 메타분석 연구가 아닌 실험연구, 3) 무작위 실험설계를 통한 실험연구, 4) 메타분석의 효과크기 산출이 가능하도록 평균과 표준편차, 실험 대상자 수가 제시된 연구를 선정하였다.

### 2.4 질적 메타분석 방법

연구 논문의 질적 평가를 위해 두 명의 연구자가 PEDro scale의 10가지 내부 타당도 항목들을 적용하여 연구들을 질적으로 분석하였다. 연구자들의 질적 분석 내용이 일치하지 않는 경우는 토의를 통해 최종 분석 결과를 도출하였다. PEDro scale은 1~10등급으로 제시되는데, 9~10등급은 'excellent', 6~8등급은 'good', 4~5등급은 'fair', 4등급 이하는 'poor'로 분류하였다[17]. 본 연구에서는 6등급 이상의 논문을 최종적으로 선정하였다.

### 2.5 계량적 메타분석 방법

질적 메타분석을 통하여 선정된 논문을 대상으로 통합효과크기 산출을 위한 계량적 메타분석을 실시하였다. 본 연구에서는 통계적 동질성과 효과크기, 출판편의 검정을 위해 Comprehensive Meta-Analysis 3.0 (CMA-3) 프로그램을 사용하였다.

통계적 동질성 검정을 위해서는 Q 통계량을 사용하였는데, Q 통계량의 $p$ 값이 0.1보다 작으면 연구들 간에 통계적 이질성이 있다고 판단하였다[18]. 이 과정에서 동질성이 확인될 경우는 고정효과모형(fixed effect model)을 적용하였고, 동질성 가정이 만족되지 않을 경우에는 랜덤효과모형(random effect model)을 사용하였다[19].

효과크기 산출을 위해 연구논문들의 평균과 표준편차, 대상자수, F 값, $t$ 값, $p$ 값을 분석하였다. 효과크기 산출 변인은 ICF 분류 기준인 신체기능 및 구조의 정신기능, 감각기능, 활동과 참여로 분류하여 효과크기를 산출하였다. 산출된 효과크기는 Cohen이 제시한 해석기준에 따라 0.2 이하일 때는 작은 효과크기, 0.5 보다 클 경우는 중간 효과크기, 0.8 이상일 때는 큰 효과크기로 해석하였다[20]. 산출된 효과크기는 숲그림(forest plot)을 사용하여 메타분석 결과로 얻어진 결합추정치와 신뢰구간을 시각적 결과로 제시하였다.

출판 편의 검정을 위해 깔때기 점도표법(funnel plot)과 Fail-safe number 값을 사용하였다. 깔때기 점도표법은 수직축에 효과크기를 표시하고 효과크기를 중심으로 양쪽으로 점들이 균등하게 분포하고 있으면 출판 편의가 없는 것으로 판단할 수 있다[21]. Fail-safe number 값은

〈Table 1〉 Characteristics of included studies

| No. | Study | Dx | Exp / Con (n) | Age (M±SD) | Intervention | Time of intervention | Outcome measure (Classification) | PEDro score |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Kang (2011)[23] | CP | 7 | 8.91±3.31 | VR(Wii Fit) | 50ms, 3 Ss for 6 weeks | GMFM(A&P), K-TVPS-3(BFM), TIBS(BFS) | 7 |
| | | | 7 | 10.20±3.01 | Routine Activities | | | |
| 2 | Ko et al. (2012)[24] | Back Pain | 15 | 45.13±5.72 | PT+VR (Wii Sports) | 30ms, 3 Ss for 8 weeks | S&F(BFS), Balance(BFS), VAS(BFS), QoL(A&P) | 7 |
| | | | 15 | 45.27±5.48 | PT | | | |
| 3 | Kim (2002)[25] | MCI, Dem | 15 | 78.70±5.60 | VR (DOT) | 30ms, 3 Ss for 4 weeks | K-DRS(BFM), Rey-Kim-M(BFM), K-WAIS-M(BFM) | 7 |
| | | | 15 | 79.80±6.50 | Simple VAA | | | |
| 4 | Kim (2013)[26] | CVA | 8 | 54.00±10.80 | CT+VR (Wii Fits) | 30ms, 3 Ss for 6 weeks | BBS(BFS), TUG(A&P), 10mWT(A&P) | 7 |
| | | | 8 | 60.50±12.20 | CT, BVS | | | |
| 5 | Kim et al. (2013)[2] | CVA | 15 | 62.60±11.16 | UR+VR (Wii Sports) | 30ms, 3 Ss for 6 weeks | FMA(A&P), ARAT(A&P), K-WMFT(A&P), MB(A&P) | 8 |
| | | | 15 | 61.66±10.05 | UR | | | |
| 6 | Kim et al. (2010)[27] | CVA | 8 | 43.75±4.68 | PT+VR (Wii Sports) | 30ms, 5 Ss for 5 weeks | BBS(BFS), MFT(A&P) | 6 |
| | | | 6 | 51.67±10.50 | PT | | | |
| 7 | Kim et al. (2011)[28] | CVA | 12 | 50.91±9.57 | CT+VR (Wii Sports) | 40ms, 3 Ss for 12 weeks | BBS(BFS), VOSPB(BFM), SIS(A&P) | 7 |
| | | | 12 | 57.25±14.63 | CT | | | |
| 8 | Kim (2005)[26] | CVA | 12 | 52.42±10.09 | PT+VR (IREX) | 30ms, 4 Ss for 4 weeks | BBS(BFS), 10mWT(A&P) | 9 |
| | | | 12 | 51.75±7.09 | PT | | | |
| 9 | Song et al. (2012)[12] | SCI | 11 | 53.72 | PT+VR Locomat | 20ms, 5 Ss for 4 weeks | TIBS(BFS), 10mWT(A&P), 6MWT(A&P), MBI(A&P) | 7 |
| | | | 11 | 53.27 | PT | | | |
| 10 | Shin et al. (2009)[30] | CVA | 18 | 62.28±7.14 | TM+VR (Playstation2) | 30ms, 3 Ss for 6 weeks | BBS(BFS), TUG(A&P) | 6 |
| | | | 18 | 61.18±9.42 | TM | | | |
| 11 | Lee (2014)[31] | CVA | 11 | 61.18±16.40 | PT+VR (Kinect) | 1hr, 5 Ss for 6 weeks | BBS(BFS), TUG(A&P) 10mWT(A&P), GS(A&P), FMA(A&P), FIM(A&P), MBI(A&P) | 6 |
| | | | 11 | 69.27±11.62 | PT | | | |
| 12 | Lee (2012)[32] | DD | 5 | 6.20±1.09 | VR (Kinect Sports) | 30ms, 3 Ss for 7 weeks | BOT-2(A&P), K-DTVP-2(BFM) | 6 |
| | | | 5 | 6.20±1.64 | OT | | | |
| 13 | Lee (2011)[33] | Dem | 10 | 72.10±5.90 | CT+VR (Wii Sports) | 30ms, 3 Ss for 8 weeks | MMSE-K(BFM), BBS(BFS), FIM(A&P) | 8 |
| | | | 10 | 78.20±7.10 | CT | | | |
| 14 | Tack (2011)[34] | SCI | 14 | 47.71±10.54 | CT+VR (Wii Sports) | 1hr, 3 Ss for 6 weeks | MFRT(BFS), TST(BFS) | 7 |
| | | | 12 | 42.25±11.31 | CT | | | |
| 15 | Han et al. (2010)[35] | CP | 10 | 10.00±9.50 | SE+VR (Wii Fits) | 30ms, 3 Ss for 12 weeks | PBS(BFS), WeeFIM(A&P) | 6 |
| | | | 10 | 10.00±8.90 | SE | | | |

A&P: Activities and Participation, ARAT: Action Research Arm Test, BBS: Berg Balance Scale, BFM: Body Function-Mental Function, BFS: Body Function-Sensory Function, BOT-2: Bruininks-Oserestky Test of Motor Proficiency-2, BVS: Body Vibratory Stimulation, Con: Control Group, CP: Cerebral Palsy, CT: Conventional Therapy, CVA: Cerebrovascular Accident, DD: Developmental Disorder, Dem: Dementia, DOT: Dementia Overcoming Training, Exp: Experimental Group, FIM: Functional Independence Measure, FMA: Fugl-Meyer Assessment, GMFM: Gross Motor Functional Measurement, GS: Gait Speed, IREX: Interactive Rehabilitation and Exercise System, K-DRS: korean Dementia Rating Scale, K-TVPS-3: Korean version of Test of Visual Perceptual Skills 3rd Edition, K-WAIS-R: Korean Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised, K-WMFT: Korean Wolf Motror Function Test, MBI: Modified Barthel Index, MCI: Mild Cognitive Impairment, MFT: Manual Function Test, MFRT: Modified Functional Reach Test, MMSE-K: Mini Mental Status Examination-Korean version, OT: Occupational Therapy, PBS: Pediatric Balance Scale, PT: Physical Therapy, QoL: Quality of Life, Rey-Kim-M: Rey-Kim Memory Test, SCI: Spinal Cord Injury, S&F: Strength and Flaxibility, SE: Strength Exercise, SIS: Stroke Impact Scale, 6MWT: 6 Minutes Walking Test, Ss: Sessions, TIBS: Tetrax Interactive Balance System, TM: Treadmill, 10mWT: 10m Walking Test, TST: T-Shirts Test, TUG: Timed Up and Go Test, UR: Upper Rehabilitation, VAS: Visual Analog Scale, VOSPB: Visual Object and Space Perception Battery, VR: Virtual Reality, WeeFIM: Functional Independence Measure for Children

연구 결과가 유의하지 않아 출판되지 않거나 연구 대상에서 빠뜨린 논문의 수가 몇 편이 추가되면 분석된 치료효과의 유의성을 무효화할 수 있는지를 알아보는 값으로 number 값이 작고 p값이 0.05보다 크면 출판 편의가 존재한다는 것을 의미한다[22].

## 3. 연구결과

### 3.1 분석 대상 연구의 일반적 특성

본 연구의 분석 대상은 최종 15편의 연구가 선정되었고 참여한 대상자 수는 338명이었다. 연구의 질적 수준을 보면 PEDro score 6점인 연구 5편, 7점인 연구 7편, 8점

인 연구 2편, 9점인 연구가 1편이었다. 대상자의 진단에 따라 소집단으로 분류해 보면 뇌졸중이 7편으로 가장 많았고 척수손상이 2편, 치매 및 경도인지손상이 2편, 소아뇌성마비 및 발달장애가 3편, 근골격계 질환인 요통이 1편이었다. 가상현실 프로그램의 종류에 따라서는 치료용 가상현실 프로그램이 3편, 상업적 가상현실 프로그램은 12편이었다. 상업적 가상현실 프로그램에서는 닌텐도 Wii 프로그램이 9편으로 가장 많았고 마이크로소프트 사의 Xbox Kinect 프로그램 2편, 소니 사의 Playstation 2 프로그램이 1편이었다. 중재 기간은 4주~12주까지 실시하였고 회기 빈도는 주 3회~5회, 회기 시간은 30분~1시간의 범위였다. 효과크기를 산출하기 위한 종속변인은 ICF 분류 기준을 따라 신체기능 및 구조의 하위 항목인 정신기능과 감각기능, 활동과 참여의 3항목으로 분류하였다. 정신기능의 측정 항목으로는 시지각, 전반적 인지검사, 기억력 검사, 지능검사가 포함되었고 연구논문은 5편이었다. 감각기능의 측정 항목은 균형 검사, 통증 검사가 포함되었고 연구논문은 12편이었고 활동과 참여 항목으로는 일상생활동작 검사, 손기능 검사, 보행검사, 삶의 질 검사가 포함되었고 논문은 13편이었다. 선정된 모든 논문은 무작위 실험설계(RCT) 연구였다<Table 1>.

### 3.2 계량적 메타분석 결과

#### 3.2.1 통계적 동질성 검정

〈Table 2〉 Statistical heterogeneity and effect size

| | Study(n) | Effect size | | Q | *df* | p |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Total | 15 | Fixed | 0.988 | 21.699 | 14 | 0.085 |
| | | Random | 1.030 | | | |
| A&P | 13 | Fixed | 1.072 | 24.325 | 12 | 0.018 |
| | | Random | 1.120 | | | |
| BFM | 5 | Fixed | 0.557 | 0.610 | 4 | 0.962 |
| | | Random | 0.557 | | | |
| BFS | 12 | Fixed | 1.116 | 27.030 | 11 | 0.005 |
| | | Random | 1.199 | | | |

A&P: Activities and Participation, BFM: Body Function -Mental Function, BFS: Body Function -Sensory Function

연구 대상 논문들의 동질성 검정을 위한 Q값을 보면 통합적 효과에서는 21.699(*df*=14, *p*=0.085), ICF 활동과 참여 분류에서 24.325(*df*=12, *p*=0.018), 정신기능 분류에서 0.610(*df*=4, *p*=0.962), 감각기능 분류에서는 27.030(*df*=11, *p*=0.005)이었다. 이 결과를 토대로 가상현실의 효과를 정신기능 분류로 분석하기 위한 자료가 동질적이었고($p>0.1$), 나머지 결과치 분류 항목은 이질적이었다($p<0.1$). 그러므로 분석 대상의 통합적 효과와 활동과 분석 분류, 감각기능 분류는 랜덤효과모형을 사용하였고 정신기능 분류는 고정효과모형을 사용하였다<Table 2>.

#### 3.2.2 임상재활 현장에서의 가상현실 적용 효과

국내 임상재활에서 가상현실 프로그램의 적용효과를 알아보기 위해 분석대상 논문들을 통합적으로 메타분석을 실시한 결과 전체 효과크기는 1.030(신뢰도 95%, 신뢰구간 0.733~1.327)으로 '큰 효과크기'로 해석할 수 있다[Fig. 2]. 출판 편의 검정은 깔때기 점도표법에서 15개의 값들 중 하나를 제외한 14개의 값이 영역 안에 분포하고 대부분의 값들이 좌·우 대칭적인 경향을 나타냈다. Fail-safe number 값은 274($p<0.05$)로 출판 편의가 존재하지 않는 것으로 해석할 수 있다[Fig. 3].

#### 3.2.3 ICF의 활동과 참여에 미치는 효과

가상현실 프로그램이 ICF 분류 기준인 '활동과 참여'에 미치는 효과를 알아보기 위해 메타분석을 실시한 결과 전체 효과크기는 1.120(신뢰도 95%, 신뢰구간 0.743~1.497)으로 '큰 효과크기'로 해석할 수 있다[Fig.4]. 출판 편의 검정은 깔때기 점도표법에서 13개의 값들 중 두 개를 제외한 11개의 값이 영역 안에 분포하고 대부분의 값들이 좌·우 대칭적인 경향을 나타냈다. Fail-safe number 값은 222($p<0.05$)로 출판 편의가 존재하지 않는 것으로 해석할 수 있다[Fig. 5].

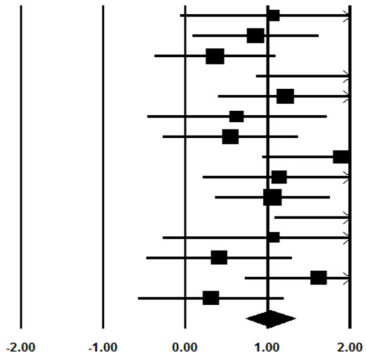
#### 3.2.4 ICF의 정신기능에 미치는 효과

가상현실 프로그램이 ICF 분류 기준인 '신체기능: 정신기능'에 미치는 효과를 알아보기 위해 메타분석을 실시한 결과 전체 효과크기는 0.557(신뢰도 95%, 신뢰구간 0.151~0.964)로 '중간 효과크기'로 해석할 수 있다[Fig.6]. 출판 편의 검정은 깔때기 점도표법에서 5개의 값들 중 모든 값이 영역 안에 분포하고 있으나 좌·우 비대칭적인 경향을 나타냈다. Fail-safe number 값은 5($p>0.05$)로 출판 편의가 존재하는 것으로 해석할 수 있다[Fig. 7].

#### 3.2.5 ICF의 감각기능에 미치는 효과

가상현실 프로그램이 ICF 분류 기준인 '신체기능: 감

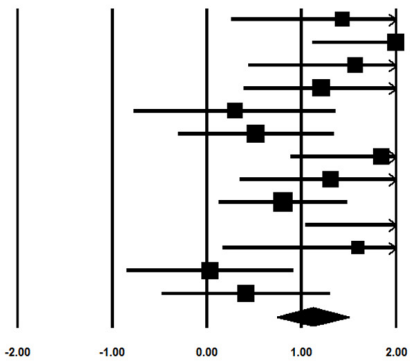
| Study name | Statistics for each study | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Std diff in means | Standard error | Variance | Lower limit | Upper limit | Z-Value | p-Value |
| Kang (2011) | 1.062 | 0.577 | 0.333 | -0.068 | 2.192 | 1.842 | 0.066 |
| Ko et al. (2012) | 0.855 | 0.391 | 0.153 | 0.089 | 1.620 | 2.188 | 0.029 |
| Kim (2002) | 0.361 | 0.375 | 0.140 | -0.373 | 1.095 | 0.963 | 0.335 |
| Kim (2013) | 2.110 | 0.639 | 0.408 | 0.857 | 3.362 | 3.301 | 0.001 |
| Kim et al. (2013) | 1.210 | 0.416 | 0.173 | 0.395 | 2.025 | 2.911 | 0.004 |
| Kim et al. (2010) | 0.627 | 0.556 | 0.310 | -0.464 | 1.717 | 1.126 | 0.260 |
| Kim et al. (2011) | 0.546 | 0.418 | 0.174 | -0.272 | 1.365 | 1.308 | 0.191 |
| Kim (2005) | 1.892 | 0.491 | 0.241 | 0.929 | 2.855 | 3.851 | 0.000 |
| Song (2012) | 1.141 | 0.474 | 0.224 | 0.212 | 2.069 | 2.408 | 0.016 |
| Shin et al. (2009) | 1.058 | 0.357 | 0.128 | 0.358 | 1.758 | 2.963 | 0.003 |
| Lee (2014) | 2.267 | 0.602 | 0.363 | 1.087 | 3.448 | 3.764 | 0.000 |
| Lee (2012) | 1.064 | 0.686 | 0.471 | -0.281 | 2.408 | 1.550 | 0.121 |
| Lee (2011) | 0.407 | 0.454 | 0.206 | -0.483 | 1.296 | 0.896 | 0.370 |
| Tack (2011) | 1.618 | 0.459 | 0.211 | 0.718 | 2.518 | 3.525 | 0.000 |
| Han et al. (2010) | 0.308 | 0.450 | 0.203 | -0.575 | 1.190 | 0.684 | 0.494 |
| | 1.030 | 0.152 | 0.023 | 0.733 | 1.327 | 6.793 | 0.000 |



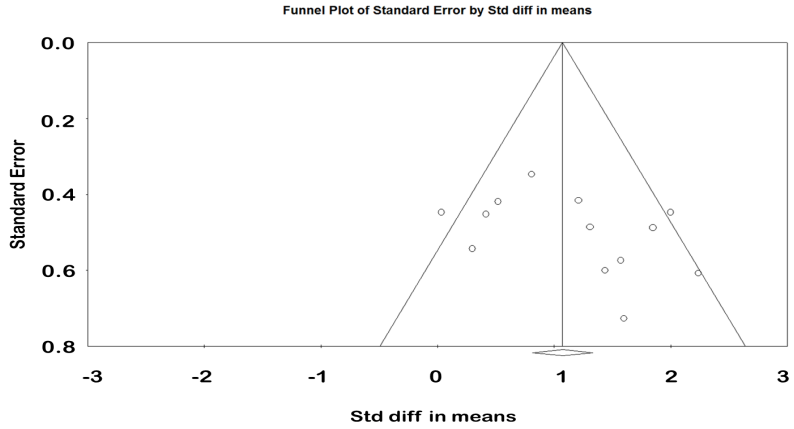

[Fig. 2] Combined effect size of virtual reality

[Fig. 3] Funnel plot for combined outcomes

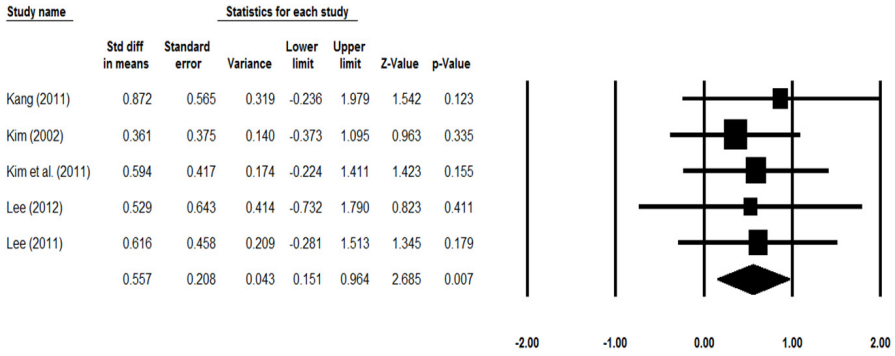
| Study name | Statistics for each study | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Std diff in means | Standard error | Variance | Lower limit | Upper limit | Z-Value | p-Value |
| Kang (2011) | 1.437 | 0.600 | 0.360 | 0.262 | 2.613 | 2.397 | 0.017 |
| Ko et al. (2012) | 1.998 | 0.447 | 0.200 | 1.121 | 2.874 | 4.469 | 0.000 |
| Kim (2013) | 1.572 | 0.574 | 0.329 | 0.448 | 2.696 | 2.740 | 0.006 |
| Kim et al. (2013) | 1.210 | 0.416 | 0.173 | 0.395 | 2.025 | 2.911 | 0.004 |
| Kim et al. (2010) | 0.299 | 0.543 | 0.295 | -0.766 | 1.363 | 0.550 | 0.582 |
| Kim et al. (2011) | 0.521 | 0.419 | 0.175 | -0.300 | 1.341 | 1.243 | 0.214 |
| Kim (2005) | 1.848 | 0.488 | 0.238 | 0.892 | 2.804 | 3.789 | 0.000 |
| Song (2012) | 1.308 | 0.485 | 0.236 | 0.356 | 2.259 | 2.694 | 0.007 |
| Shin et al. (2009) | 0.808 | 0.347 | 0.120 | 0.128 | 1.487 | 2.330 | 0.020 |
| Lee (2014) | 2.237 | 0.607 | 0.369 | 1.047 | 3.427 | 3.684 | 0.000 |
| Lee (2012) | 1.598 | 0.726 | 0.528 | 0.174 | 3.022 | 2.200 | 0.028 |
| Lee (2011) | 0.035 | 0.447 | 0.200 | -0.842 | 0.911 | 0.078 | 0.938 |
| Han et al. (2010) | 0.417 | 0.452 | 0.204 | -0.469 | 1.303 | 0.922 | 0.357 |
| | 1.120 | 0.192 | 0.037 | 0.743 | 1.497 | 5.822 | 0.000 |



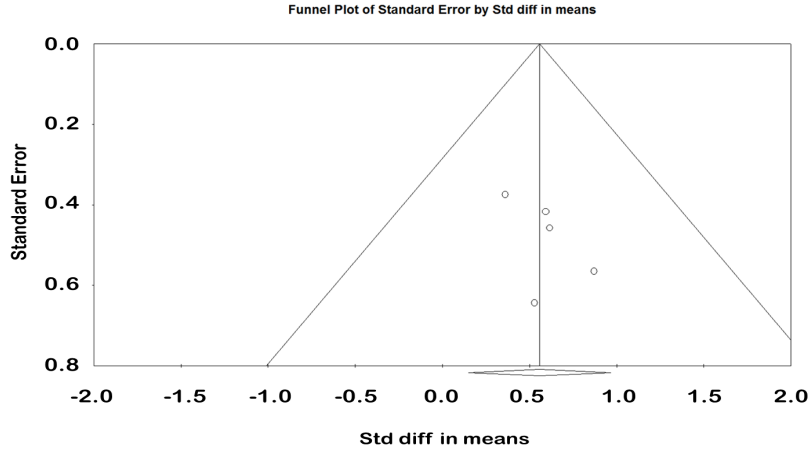

[Fig. 4] Effect size of activity and participation outcomes




[Fig. 5] Funnel plot for activity and participation outcomes

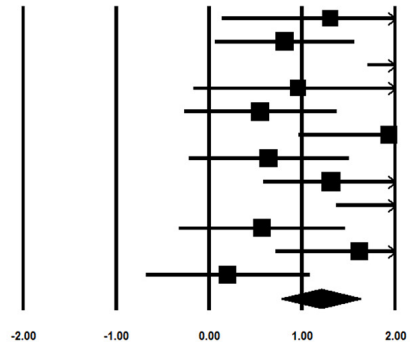



[Fig. 6] Effect sizes of mental function outcomes

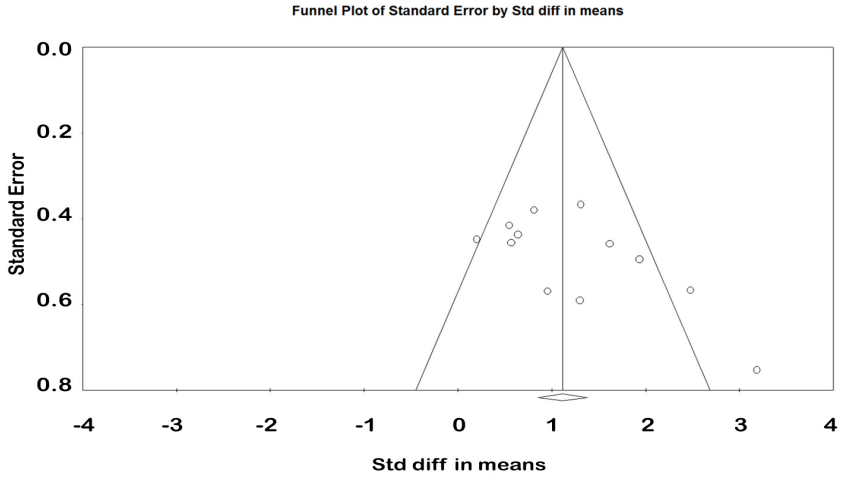



[Fig. 7] Funnel plot for mental function outcomes

| Study name | Std diff in means | Standard error | Variance | Lower limit | Upper limit | Z-Value | p-Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Statistics for each study | | | | |
| Kang (2011) | 1.302 | 0.591 | 0.349 | 0.144 | 2.459 | 2.204 | 0.028 |
| Ko et al. (2012) | 0.812 | 0.380 | 0.144 | 0.067 | 1.556 | 2.137 | 0.033 |
| Kim (2013) | 3.185 | 0.753 | 0.567 | 1.709 | 4.661 | 4.230 | 0.000 |
| Kim et al. (2010) | 0.955 | 0.569 | 0.324 | -0.161 | 2.071 | 1.677 | 0.094 |
| Kim et al. (2011) | 0.550 | 0.416 | 0.173 | -0.265 | 1.365 | 1.322 | 0.186 |
| Kim (2005) | 1.936 | 0.495 | 0.245 | 0.966 | 2.905 | 3.913 | 0.000 |
| Song (2012) | 0.640 | 0.437 | 0.191 | -0.216 | 1.497 | 1.465 | 0.143 |
| Shin et al. (2009) | 1.309 | 0.367 | 0.135 | 0.589 | 2.029 | 3.563 | 0.000 |
| Lee (2014) | 2.480 | 0.567 | 0.322 | 1.368 | 3.591 | 4.373 | 0.000 |
| Lee (2011) | 0.569 | 0.456 | 0.208 | -0.325 | 1.463 | 1.248 | 0.212 |
| Tack (2011) | 1.618 | 0.459 | 0.211 | 0.718 | 2.518 | 3.525 | 0.000 |
| Han et al. (2010) | 0.199 | 0.448 | 0.201 | -0.680 | 1.078 | 0.443 | 0.657 |
| | 1.199 | 0.216 | 0.047 | 0.775 | 1.622 | 5.549 | 0.000 |




[Fig. 8] Effect sizes of sensory function outcomes




[Fig. 9] Funnel plot for sensory function outcomes

각기능'에 미치는 효과를 알아보기 위해 메타분석을 실시한 결과 전체 효과크기는 1.199(신뢰도 95%, 신뢰구간 0.775~1.622)로 '큰 효과크기'로 해석할 수 있다[Fig.8]. 출판 편의 검정은 깔때기 점도표법에서 12개의 값들 중 세 개를 제외한 값이 영역 안에 분포하고 있고 좌·우 대칭적인 경향을 나타냈다. Fail-safe number 값은 224($p$<0.05)로 출판 편의가 존재하지 않는 것으로 해석할 수 있다[Fig. 9].

## 4. 고찰

본 연구에서는 국내 임상재활 현장에서 적용되는 컴퓨터 기반 가상현실 프로그램의 효과를 알아보기 위해 무작위 실험설계연구 15편을 선정하여 ICF의 분류기준인 신체기능의 정신기능, 감각기능, 활동과 참여로 결과를 분류하여 메타분석을 실시하였다.

국내 임상재활 현장에서 연구된 15편의 무작위 실험설계연구의 통합된 결과 분석에 따르면 전반적인 가상현실 프로그램의 적용효과는 1.030으로 '큰 효과크기'가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 최근 2000년대에 들어 가상현실 프로그램 적용 실험 연구가 1990년대에 비해 2배 이상 늘어나고 있는 추세를 반영한다[2]. 뿐만 아니라 선행 연구들에서 가상현실 적용 후 신경의 가소성 검증, 신체 기능의 유의미한 향상, 환자의 긍정적 동기부여 등

다양한 측면의 효과성 검증 연구들의 결과가 본 연구의 결과를 지지한다[5,11,13]. 또한 본 연구 결과에서 ICF 분류에 기준한 신체 기능의 감각 기능에 대한 효과도 '큰 효과크기'로 나타났는데 이러한 결과는 가상현실 훈련을 통해 환자의 신경학적 회복과 신체기능의 향상이 일어나고 있음을 충분히 반영하고 있다. 이러한 신체기능의 향상이 가능한 것은 가상현실 프로그램이 단순한 신체의 내재적 되먹임에만 의존하는 것 보다 자신의 모습을 시각적으로 확인하며 자신의 움직임 상태에 대하여 더 많은 정보를 가질 수 있다는 치료적 차별성과 장점에서 찾을 수 있을 것이다[14]. 그러므로 본 연구의 결과는 컴퓨터 기반의 가상현실 프로그램이 국내 임상재활 현장에서 전통적 재활치료를 대체하거나 보조하는 치료 프로그램으로 가능하다는 것을 시사하고 있다. 그러나 신경 재활과 신체 재활 이외의 사회성 기술 습득이나 공포증 극복, 우울증 극복 등의 사회관계 기술에 대한 연구는 최종 분석 대상에 포함되지 않았는데 지속적인 질 좋은 실험연구가 시행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 국내에서 처음으로 가상현실의 적용효과를 ICF 분류 기준에 따라 결과를 나누어 메타분석을 실시하였다. 이러한 시도는 개인의 건강에 대한 사회 생태학적 측면을 알아보기 위함이다. 연구 결과에서 이미 보았듯이 ICF 활동과 참여 영역에 대한 가상현실 훈련의 효과크기가 1.120으로 '큰 효과크기'를 나타내었다. 이와 같은 결과는 국외 뇌졸중 환자를 대상으로 한 가상현실 효과 검증 메타분석의 결과와 다소 차이가 있다[4]. 선행연구자들은 뇌졸중 재활에서 가상현실 훈련이 ICF 분류의 활동 영역에 대한 효과가 '중간 효과크기'라고 보고하면서 뇌졸중 환자가 발병 후 다양한 치료활동으로 회복되는 양상을 고려한다면 충분한 근거라고 볼 수 없음을 고찰하였다. 이에 반해 본 연구에 '큰 효과크기'로 결과가 나온 원인을 분석해 보면, 국내 임상재활의 대상자를 신경계 환자로 제한하지 않았고 대부분의 중재 방식이 기존의 전통적 치료에 추가적으로 가상현실 훈련을 실시하였기 때문으로 볼 수 있다. 또한 가상현실 훈련의 활동 특성 상 역동적으로 가상 환경과 상호 작용하고 지속적으로 목적 있는 활동에 참여 시키는 요인 또한 ICF의 활동과 참여 영역에 긍정적 영향을 미쳤을 것이다. 이와 같은 시도는 이후 환자가 사회 복귀 후 건강하게 활동에 참여하는 생활에 기여하는 바가 클 것이다.

국내 임상재활 현장에서 적용되는 가상현실 프로그램의 종류는 국외에서 적용되는 유형과도 차이를 보였다. 최근 국외 뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실의 효과성을 분석한 메타분석에서는 상업적 가상현실을 활용한 대상 논문의 수가 적어 누락이나 출판 편의가 존재할 가능성을 시사했다[4]. 그러나 국내 임상재활 연구논문을 분석한 본 연구에서는 치료적 가상현실 프로그램 적용연구가 3편, 상업적 가상현실 프로그램의 적용 연구가 12편으로 국외 선행 연구와는 상반된 양상을 보였다. 이와 같은 양상은 국내 임상재활 현장에서 고가이면서 공간을 차지하는 치료용 가상현실 보다 저렴하고 공간을 덜 차지하며 치료적 효과를 기대할 수 있는 상업적 가상현실 장비가 더욱 많이 보급되었기 때문이다. 또한 국내 IT 산업의 발달로 인해 이미 지역사회에서 상업적 가상현실 게임에 대한 접촉이 많고 이러한 경험이 임상재활 현장에서의 상업적 가상현실 프로그램의 도입에 긍정적 영향을 미쳤을 것이다.

본 연구의 제한점은 진단에 따른 소집단으로 분류하는 무작위 실험설계 논문 수가 적어 진단에 따른 효과 분석을 하지 못하였다는 것과 가상현실의 종류에 따른 효과크기를 비교하지 못하였다는 것이다. 또한 검색 주제어 선정에 대한 타당성을 제시하지 못한 점과 ICF 분류의 정신기능 영역은 대상 논문 수 가 적어 효과크기를 분석하기에 충분하지 못하였다.

## 5. 결론

본 연구에서는 국내 임상재활 현장에서 적용되는 컴퓨터 기반 가상현실 프로그램의 효과를 알아보기 위해 ICF 분류에 근거하여 메타분석을 실시하였다. 그 결과 재활치료 현장에서 전통적인 재활 치료에 대한 대체나 보조적 치료 프로그램으로서의 효과가 입증되었다. 특히 국내 임상재활 분야에서는 ICF 분류의 활동과 참여, 신체기능의 감각기능에 대한 효과기 입증되었고 신체기능의 정신기능에 대한 효과는 통계적 근거가 미흡하였다. 차후 가상현실 프로그램에 대한 광범위한 효과 검증이 이루어지려면 진단에 따른 체계적인 문헌 연구가 이루어져야 하고 신경, 신체 재활 이외의 영역에 대한 가상현실 훈련 효과를 검증하는 무작위 실험설계 연구들이 더욱 필요하다.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the research grant of Cheongju University in 2013.

## REFERENCES

[1] G. Saposnik, & M. Levin, Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians. Stroke; a journal of cerebral circulation, Vol. 42, No. 5, pp. 1380-1386, 2011.

[2] S. H. Kim, H. G. Kim, & J. H. Lee, Effect of Virtual Reality Based Exercise Program on the Upper Extremity Function and Activities of Daily Living in Stroke Patients. Journal of Rehabilitation Research, Vol. 17, No. 2, pp. 373-391, 2013.

[3] M. J. Kim, Research Trends in Rehabilitation Program for disabled applying Virtual Reality Technology in Korea. Journal of Digital Convergence, Vol. 13, No. 2, pp. 381-391, 2015.

[4] K. R. Lohse, C. G. Hilderman, K. L. Cheung, S. Tatla, & H. F. Van der Loos, Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. PloS one, Vol. 9, No. 3, pp. e93318, 2014.

[5] S. H. You, S. H. Jang, Y. H. Kim, M. Hallett, S. H. Ahn, Y. H. Kwon, et al., Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study. Stroke; a journal of cerebral circulation, Vol. 36, No. 6, pp. 1166-1171, 2005.

[6] S. H. Jang, S. H. You, M. Hallett, Y. W. Cho, C. M. Park, S. H. Cho, et al., Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. Archives of physical medicine and rehabilitation, Vol. 86, No. 11, pp. 2218-2223, 2005.

[7] M. K. Holden, Virtual environments for motor rehabilitation: review. Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society, Vol. 8, No. 3, pp. 187-211; discussion 212-219, 2005.

[8] H. A. Oh, The effects of virtual reality leisure activity on leisure satisfaction, self-efficacy and disability acceptance in a sample of spinal cord injury patients. Master dissertation, Yonsei University, 2009.

[9] J. Y. Park, J. H. Ku, S. W. Cho, Y. C. Jung, & J. J. Kim, A Study on the Application of Coping Skill Training Using Virtual Reality for Alcoholics. Mental Health & Social Work, Vol. 34, No. 4, pp. 56-90, 2010.

[10] K. E. Shin, Effect of Virtual Reality Game on Old Patient's Depression, Relationship and Life Satisfaction. Master dissertation, DongShin University, 2013.

[11] J. S. Kwon, M. J. Park, I. J. Yoon, & S. H. Park, Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: a double-blind randomized clinical trial. NeuroRehabilitation, Vol. 31, No. 4, pp. 379-385, 2012.

[12] M. S. Song, T. W. Kang, H. J. Noh, & D. H. Bang, Effects of Robot-Assist Training Using Virtual Reality Program on Gait Ability in Patient with Acute Spinal Cord Injury. Journal of Special Education & Rehabilitation Science, Vol. 51, No. 3, pp. 347-362, 2012.

[13] G. Yavuzer, A. Senel, M. B. Atay, & H. J. Stam, "Playstation eyetoy games" improve upper extremity-related motor functioning in subacute stroke: a randomized controlled clinical trial. European journal of physical and rehabilitation medicine, Vol. 44, No. 3, pp. 237-244, 2008.

[14] L. F. Lucca, Virtual reality and motor rehabilitation of the upper limb after stroke: a generation of progress? Journal of rehabilitation medicine, Vol. 41, No. 12, pp. 1003-1010, 2009.

[15] S. S. Oh, Meta-analysis: Theory and practive. Seoul: Konkuk University Press, 2002.

[16] World Health Organization, International Classification of Functioning, Disability and Health(ICF). Geneva: WHO, 2001.

[17] A. M. Moseley, R. D. Herbert, C. Sherrington, & C. G. Maher, Evidence for physiotherapy practice: a survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). The Australian journal of physiotherapy, Vol. 48, No. 1, pp. 43-49, 2002.

[18] R. Rosenthal, & D. B. Rubin, Comparing Effect Size of Independent Studies. Psychological Bulletin, Vol. 92, No. 2, pp. 500-504, 1982.

[19] M. Borenstein, L. V. Hedges, J. P. Higgins, & H. R. Rothstein, Introduction to Meta-Analysis. New York, NY: Wiley, 2011.

[20] J. Cohen, Statistical Power for the Social Sciences. Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum and Associates, 1988.

[21] J. A. Sterne, & M. Egger, Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: guidelines on choice of axis. Journal of clinical epidemiology, Vol. 54, No. 10, pp. 1046-1055, 2001.

[22] R. Rosenthal, Combining Probabilities and the File Drawer Problem Evaluation in Education, Vol. 4, pp. 18-21, 1980.

[23] Y. S. Kang, Influence of Virtual Reality-Based Exercise Program on Functional Mobility, Visual Perceptual Ability, and Balance Ability in Students with Cerebral Palsy Journal of Exercise Rehabilitation, Vol. 7, No. 4, pp. 79-89, 2011.

[24] D. S. Ko, D. I. Jung, & S. H. Lee, Physical Functions of Industrial Workers with Chronic Low Back Pain and Changes in Health-related Quality of Life according to Virtual Reality Exercise Program. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 13, No. 10, pp. 4564-4571, 2012.

[25] M. Y. Kim, The Effect of Cognitive Training Based on Virtual Reality (VR) Program for the Elderly. Ph.D. dissertation, Yonsei University, 2002.

[26] S. J. Kim, The Effect of Virtual Reality Training Using Nintendo Wii Fit on Balance and Walking Ability of the Stroke Patient. Master dissertation, Korea National Sport University, 2013.

[27] E. K. Kim, J. H. Kang, & H. M. Lee, Effects of Virtual Reality Based Game on Balance and Upper Extremity Function in Chronic Stroke Patients. Journal of Special Education & Rehabilitation Science, Vol. 49, No. 3, pp. 131-149, 2010.

[28] J. H. Kim, M. H. Oh, J. S. Lee, & h. S. Ahn, The Effects of Training Using Virtual Reality Games on Stroke Patient's Functional Recovery. The Journal of Korean Society of Occupational Therapy, Vol. 19, No. 3, pp. 101-114, 2011.

[29] J. H. Kim, Effects of Virtual Reality Program on Balance, Gait and Brain Activation Patterns in Stroke Patient. Ph.D. dissertation, Daegu University, 2005.

[30] W. S. Shin, & S. M. Lee, Effects of Rehabilitation Exercise Using Virtual Reality on Functional Recovery in the Persons with Stroke. Journal of Special Education & Rehabilitation Science, Vol. 48, No. 3, pp. 49-64, 2009.

[31] D. k. Lee, The Effects of Virtual Reality Training Using Xbox Kinect on Balance, Gait and Function Recovery in Stroke Patient. Master dissertation, Sahmyook University, 2014.

[32] M. J. Lee, Effects of Virtual Reality Applied Therapy Which is Based on Kinect Base System to Visual Perception Development Disabled School Age Children. Master dissertation, Daegu University, 2012.

[33] J. H. Lee, Influence of Virtual Reality Games on Cognition, Balance and Function in Dementia Patients. Master dissertation, Nambu University, 2011.

[34] S. J. Tack, The Effect of Virtual Reality Training Using a Video Game for Sitting Balance with Spinal Cord Injury Patient. Master dissertation, Sahmyook University, 2011.

[35] J. H. Han, & J. Y. Ko, Evaluation of Balance and

Activities of Daily Living in Children with Spastic Cerebral Palsy using Virtual Reality Program with Electronic Games. Journal of the Korea Contents Association, Vol. 10, No. 6, pp. 480-488, 2010.

**권 재 성(Kwon, Jae Sung)**

- 2013년 2월 : 연세대학교 대학원 작업치료학(박사)
- 2013년 9월 ~ 현재 : 청주대학교 보건의료대학 작업치료학과 교수
- 관심분야 : 신경계 작업치료, 인지재활
- E-Mail : kkoombo@cju.ac.kr