

가상현실기반 재활프로그램이 뇌졸중환자의 균형에 미치는 영향 : 국내연구에 대한 메타분석

노정석

한서대학교 물리치료학과

The Effect of Virtual Reality Based Rehabilitation Program on Balance of Patient with Stroke: A Meta-analysis of Studies in Korea

Jung-suk Roh

Department of Physical Therapy, Hanseo University

ABSTRACT

Purpose : The aims of this study was to conduct a systematic literature review with meta-analysis to investigate the effect of virtual reality based rehabilitation program on balance of patient with stroke in Korean studies. **Method** : The studies for analysis were searched in electronic databases(Research Information Sharing Service; RISS, Korean Studies Information Service; KISS, DBpia, e-articles, National Assembly Library). The key words for search were 'virtual reality', 'stroke', and 'balance' and only randomized controlled trials and clinical controlled trials were included. Of 40 studies identified in the search, 20 studies met the criteria of this study and included in this meta-analysis. **Result** : The results were as follows: 1) The overall effect size of virtual reality based rehabilitation program was 0.557(95% critical interval; 0.340~0.774). 2) In the analysis of sub-categorical variables, effect size was as follows; the commercial game type(0.621) > virtual environment type(0.335); the dynamic balance measurement(0.750) > static balance measurement(0.226); randomized controlled trial(0.653) > clinical controlled trial(0.275); and thesis type(0.706) > article of journal type(0.339). 3) In the analysis of sub-continuous variables, as time of program(per session) increased, the balance increased($p < 0.05$). **Conclusion** : The results of this study showed that virtual reality based rehabilitation program moderately improves the balance of stroke patient. Further studies are recommended to investigate the effect of sub-variables related to virtual reality programs on motor functions of patient with stroke.

Key words : Virtual reality, Stroke, Balance.

교신저자: 노정석

주소: 31962 충남 서산시 해미면 한서1로 46 한서대학교 물리치료학과, 전화: 041-660-1385, E-mail: rrohjs@hanseo.ac.kr

I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관의 파열이나 폐쇄로 뇌혈류의 장애가 발생하여 뇌조직이 손상됨으로서 운동, 감각, 지각, 인지능력에 장애가 발생하는 질병을 말한다(Dijkerman 등, 2004). 뇌졸중은 국내 사망원인 중 3위에 해당하며(통계청 2014), 50세 이상 인구에서 2013년도 4.7%, 2014년도 3.7%, 2015년도 4.0%의 유병률을 보이고 있는 만성질환이다(보건복지부국민건강통계 2015). 고령화와 함께 뇌졸중의 위험요소인 고혈압, 당뇨, 이상지질혈증, 비만 등의 관련질환들이 증가함에 따라 뇌졸중의 발생은 더욱 증가할 것으로 예상된다(Hong 등, 2013).

뇌졸중 발병 후 운동 및 감각장애, 인지 및 정서장애, 언어장애 등의 문제를 경험하게 되며(Duncan 등, 2002; Hochstenbach 등, 2005), 뇌졸중으로 인한 장애는 균형능력의 저하, 자세동요의 증가, 체중부하의 비대칭, 체중이동능력의 손상, 자세조절기능의 감소와 같은 기능적인 문제들의 원인이 된다(Horstmann 등, 2009). 이러한 문제들은 발병 후 장기적으로 환자의 기능에 영향을 주어 일상생활동작의 수행에 제한을 가져온다(Trombly 와 Radomski, 2002).

뇌졸중환자의 균형능력의 장애는 시각, 고유수용성 감각, 전정감각의 입력 및 통합의 문제, 그리고 감각 정보와 운동명령간의 부조화로 인해 발생한다(이승민, 2010; Barclay-Goddard 등, 2004). 균형능력의 저하는 다양한 환경에서 안정적인 자세를 유지하는데 어려움을 가져오며, 이로 인해 기능적 활동과 일상생활을 수행하는데 어려움이 발생한다(김중희와 김중선, 2005). 따라서 뇌졸중환자의 독립적인 일상생활과 기능적활동의 향상을 위해서는 무엇보다도 자세조절 능력과 균형능력의 향상이 재활프로그램의 중요한 목표가 되어야 한다(Patterson 등, 2007).

뇌졸중환자의 균형능력을 향상시키기 위한 접근방법으로 2000년대 부터 가상현실(virtual reality)를 적용한 치료방법들이 국내임상현장에서 적용되기 시작했

다. 가상현실 프로그램은 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어를 이용한 가상현실기기, 상업용 게임기기 등을 이용하여 환자의 움직임을 카메라로 인식한 후, 모니터나 스크린 상의 가상환경에서 환자의 움직임을 구현함으로써 환자가 실제와 같은 환경에서 움직임을 경험하도록 만든 시뮬레이션 시스템이다. 가상현실 프로그램은 실제상황과 비슷한 환경을 제공함으로써 환자에게 시공간적인 자극을 줄 수 있고, 되먹임을 통한 환경과의 직접적인 상호작용을 통해 효과적인 운동학습을 유도해낼 수 있다(Zhang 등, 2001). 또한 다양한 환경에서 다양한 과제를 수행하게 함으로써 흥미와 동기를 유발하는 장점을 가지고 있다(Baram 등, 2010; Flynn 등, 2007, Rand 등, 2004).

임상에서 뇌졸중환자에 대한 가상현실프로그램의 적용이 증가하면서 2000년대 후반부터 국내에서도 뇌졸중환자에 대한 가상현실훈련의 효과에 대한 연구들이 발표되기 시작하였다. 가상현실훈련이 뇌졸중 환자의 상지 기능, 일상생활에 미치는 효과(권재성과 양노열, 2013; 김성호 등 2013; 송귀빈과 박은초, 2016; 유두한 등, 2014; 이정아 등, 2013), 균형, 보행에 미치는 효과(김정희 등, 2011; 이동엽과 신원섭, 2013; 이병희 등, 2012; 천성규 등, 2015;)에 대한 연구들이 시행되었다. 연구에 따라 다양한 가상현실프로그램을 사용하였으며, 다양한 변수들이 종속변수로 사용되었다. 이렇게 다양한 연구의 효과들을 종합적으로 판단하기 위해서는 각각의 연구결과들을 통계적으로 분석하여 종합적이고 체계적으로 살펴보기는 것이 필요하다.

메타분석은 동일한 주제에 대한 다양한 선행 연구 결과들을 체계적이고 계량적으로 분석하는 종합적인 분석방법이다(황성동, 2016). 본 연구에서는 뇌졸중환자에 게 적용한 가상현실프로그램이 환자의 균형능력에 미치는 영향을 메타분석을 통해 종합적이고 체계적으로 분석하고자 하였다. 이를 위해 논문을 선정기준에 따라 수집한 후 분석하여 전체 효과크기(effect size)를 계산하고, 각 연구에서 사용된 하위변수들의 수준에 따른 각각의 효과크기와 회귀계수를 계산하여

하위변수들의 영향을 분석하였다. 본 연구의 목적은 1) 가상현실프로그램이 균형에 미치는 전체효과크기를 구하고, 2) 하위변수로서 범주형변수(가상현실방식, 측정변수, 연구설계유형, 출판유형)에 따른 효과크기를 구하고, 3) 하위변수로서 연속형변수(연령, 1회치료시간, 주당치료횟수, 치료기간, 총치료시간)와 효과크기와의 관련성을 분석하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 분석대상 논문의 선정

메타분석에 대상이 되는 논문을 선정하기 위하여 국내에서 발표된 2000년 1월부터 2016년 12월 사이의 논문을 검색하였다. 검색방법은 온라인 학술 데이터베이스 검색방법을 사용하였다. 검색된 데이터베이스는 한국교육학술정보원의 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service; RISS), 한국 학술정보의 학회지 원문서비스(Korean Studies information service; KISS), 누리미디어의 DBpia, 학술교육원의 e-articles, 국회도서관 검색서비스이었다. 검색어로 ‘가상현실’, ‘뇌졸중’, ‘균형’을 사용하여 검색한 결과 총 40편의 논문이 검색되었다. 이 논문들 중 대조군이 없는 연구, 단일시점조사연구, 질적 방법론연구, 중복 게재된 연구, 원문을 구할 수 없는 연구, 메타분석에 필요한 통계량이 제시되지 않은 연구는 제외하였다. 그 결과 20편의 논문이 선정되어 분석에 사용되었다. 분석에 사용된 논문의 일반적 특성은 표 1과 같다.

2. 자료의 정리

연구자와 1명의 대학원생이 선정된 논문을 검토하여 분석에 사용될 자료를 코딩하였다. 효과크기를 계산하기 위해 각 논문에 제시된 실험군과 대조군의 평균, 표준편차, 연구대상자수를 코딩하였으며, 하위변수 중 범주형 변수의 영향을 분석하기 위해 연구에 사용된 가상현실방식, 측정변수, 출판유형, 연구설계의

유형을 코딩하였고 연속형 변수로는 연령, 1회 치료시간, 주당치료횟수, 치료기간을 코딩하였다. 코딩 과정에서 두 명의 코딩자간의 의견이 다른 경우는 협의를 통해 해결하였으며, 불일치하는 경우 물리치료전공 교수 1인의 검토를 통해 합의하였다.

3. 자료분석

가상현실기반 재활치료가 뇌졸중환자의 균형에 미치는 영향을 알아보기 위한 효과크기(effect size)를 계산하기 위해 두 집단 사전-사후검사 연구모형을 선정하였다. 효과크기의 유형으로는 교정된 표준화된 평균차이(corrected standardized mean difference)의 통계량인 Hedges' g 를 사용하였다. Bernard와 Borokhovski (2009)는 메타분석에 포함된 연구들의 표본의 수에 차이가 존재하는 경우에는 이를 교정해주는 Hedges' g 를 사용할 것을 조언하였다. 또한 각 연구의 표본의 수를 고려하여 전체의 효과크기를 계산하기 위하여 각 연구의 효과크기에 가중치를 적용하였다.

각 연구 간의 동질성을 확인하기 위해 동질성 검사를 실시하였으며, 검사결과 연구 간의 효과크기가 이질적인 것으로 확인되었다(표 2; $Q=133.670$, $I^2=68.579$, $p<0.001$). 효과크기의 이질성은 각 연구의 효과크기의 분포의 크기를 의미하는 것으로 I^2 이 효과크기의 이질성을 나타내는 대표적인 통계량이다. I^2 은 총 분산에 대한 실제분산의 비율로서 그 값이 50 이상이고, 유의확률이 0.10보다 작은 경우 이질성이 있다고 판단을 내린다(Higgins & Green, 2011). 본 연구에서는 이질성 통계량인 I^2 이 68.579이고 유의확률이 <0.001 으로 각 연구들의 효과크기 간에 이질성이 있음을 보여준다. 각 연구들의 동질성이 확보되지 못하여 효과크기를 계산하는 분석모델로서 랜덤효과모형(random-effect model)을 사용하였다. 메타분석에 사용한 분석프로그램으로는 미국 브라운대학의 근거기반의학연구소에서 제공하는 공개 소프트웨어인 OpenMeta를 사용하였다.

표 2. 동질성검사결과

Q ^a	T ² ^b	I ² ^c	p-value
133.670	0.344	68.579	<0.001

^aobserved weighted sum of squares, ^bbetween-studies variance, ^cproportion of true variance

III. 연구결과

1. 전체효과크기

가상현실기반 재활프로그램이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 전체 효과크기는 0.557이었으며 95% 신뢰구간은 0.340 ~ 0.774 이었다(표 3). 이 효과크기는 중간크기의 효과크기(0.2-0.8)로서 가상현실기반 재활프로그램이 뇌졸중환자의 균형에 중간크기의 효과가 있음을 의미한다(Cohen, 1988).

표 3. 랜덤효과모형에 의한 효과크기

효과크기	95% 신뢰구간	표준오차	p-value
0.557	0.340 ~ 0.774	0.111	<0.001

2. 범주형 변수에 대한 분석

각 연구들에 포함된 하위변수들 중 범주형 변수인 가상현실방식, 측정변수, 연구설계유형, 출판유형의 영향을 분석하였다. 가상현실방식은 게임방식(Wii;Nintendo, Japan: X-Box;MS soft, USA: Play station2;Sony, Japan)과 가상현실환경방식(Head Mounted Display;HMD, 대양 E&C, Korea: International Rehabilitation Exercise System;IREX, JesterTech Inc., Canada: BioRescue;RM Ingenierie, France: Virtual walk DVD;Isis Visuals, Netherland.), 가상현실기반발목운동 프로그램)으로 구분하였고, 측정변수는 정적균형(COG동요변수, 체중분포, one leg standing test;OLST)과 동적균형(berg balance scale;BBS, timed up & go test;TUG, functional reach test;FRT)으로 구분하였다.

연구설계유형은 대조군이 있는 임상대조군연구(Randomized Controlled Trial;RCT)와 무작위임상대조군연구(Controlled Clinical Trial;CCT)로 구분하였고, 출판유형은 학술지와 학위논문으로 구분하여 효과크기를 분석하였다. 가상현실방식의 종류에 따른 효과크기는 게임방식(0.621, p<0.001), 가상현실환경방식(0.335)의 순이었고, 측정변수에 따른 효과크기는 동적균형(0.750, p<0.001), 정적균형(0.226)의 순이었다. 연구설계에 따른 효과크기는 RCT(0.653, p<0.001)가 CCT(0.0275)보다 컸으며, 출판유형에 따른 효과크기는 학위논문(0.706, p<0.001)이 학술지(0.339)보다 크게 나타났다(표 4).

3. 연속형 변수에 대한 분석

하위변수들 중 연속형 변수인 연령, 1회 치료시간, 주당 치료횟수, 치료기간, 총치료시간(1회 치료시간×주당치료횟수×치료기간)들과 효과크기의 관련성을 알아보기 위해 메타회귀분석을 실시하였다. 분석결과 1회 치료시간, 총치료시간이 증가할수록 효과크기가 증가하였으며(p<0.05), 연령, 주당 치료횟수, 치료기간은 유의한 관련성이 없었다(표 5).

IV. 논의

가상현실기반 재활프로그램은 환자들이 가상의 현실에서 기능적 과제들을 강도 높게 반복훈련하게 함으로써 재활의 효과를 증진시키는 접근방법이다(Kwakkell 등, 2004; Merians, 2002). 가상현실 기반 재활프로그램을 통해 뇌졸중환자들은 안전한 환경에서 실시간으로 과제를 수행하고 결과에 반응함으로써 다양한 인체기능의 향상 효과를 보고 있다(Imam과 Jarus, 2014; Sposnik과 Levin, 2011)

본 연구에서는 뇌졸중환자의 균형능력에 대한 가상현실기반 재활프로그램의 효과를 체계적으로 분석하기 위해 국내에서 발표된 논문을 대상으로 메타분석을 실시하였다. 선정된 20개의 논문을 분석한 결과 전체 효과크기가 0.557(95% 신뢰구간 0.340 - 0.774)이었

다. Cohen(1988)은 효과크기를 작은 효과크기(0.2 이하), 중간효과크기(0.2~0.8), 큰 효과크기(0.8 이상)로 구분하였다. 본 연구의 전체효과크기 0.557은 중간효과크기에 해당하는 것으로 가상현실기반 재활프로그램을 적용한 실험군의 평균이 대조군의 평균보다 0.557표준편차만큼 차이가 있음을 의미한다.

일반재활프로그램과 다르게 가상현실기반 재활프로그램이 갖는 차별성은 1) 높은 수준의 반복성, 2) 훈련환경의 다양성, 3) 다양하고 증가된 피드백의 제공, 4) 동기 및 흥미 유발이라고 할 수 있다(de Rooij 등, 2015). 높은 수준의 반복적인 훈련은 효과적인 운동학습의 기초가 되며(French 등, 2007), 다양한 훈련환경은 학습자로 하여금 새로운 환경에 대한 적응성을 향상시킨다(Imam과 Jarus, 2014). 가상현실기반 재활프로그램에서는 환자 개인의 특성과 요구에 맞게 운동의 강도와 난이도를 다양하게 조절할 수 있어 다양한 환경의 제공을 통해 최적의 학습효과를 이끌어 낼 수 있다(Merians 등, 2002). 가상현실기반 재활프로그램을 통해 제공되는 피드백의 양은 실제의 환경에서 제공되는 것보다 더 많은 양이 제공된다. 이 피드백들은 외적인 피드백(extrinsic feedback), 증강피드백(augmented feedback)으로서, 결과에 대한 지식(knowledge of result), 수행에 대한 지식(knowledge of performance)의 형태로 제공되어 운동에 대한 학습효과를 증진시킨다(Holden, 2005; Subramanian 등, 2010; Winstein, 1991). 또한 가상현실기반 재활프로그램에서 제공되는 피드백들은 시각, 청각, 촉각피드백의 다양한 형태로 제공되며 특히 시각적피드백이 뇌졸중환자의 균형향상에 효과적이다(Walker 등, 2016; Barclay-Goddard 등, 2004). 가상현실기반 재활프로그램은 환자들의 흥미와 동기를 유발시킴으로서, 훈련에 더욱 집중하게 해준다(Sveistrup, 2006). Llorens 등(2015)은 가상현실기반 재활프로그램이 뇌졸중환자의 동기를 증가시킴을 연구를 통해 보고하였다.

각 연구들에 포함된 하위변수들 중 범주형 변수인 가상현실방식, 측정변수, 연구설계유형, 출판유형의 영향을 분석하였다. 가상현실방식의 종류에 따른 효과크기는 게임방식(0.621, $p<0.001$), 가상현실환경방식

(0.335)의 순이었다. 게임방식의 가상현실은 환자의 움직임을 인식하여 바로 실시간으로 시각, 청각적으로 피드백을 제공하지만, 가상현실환경방식의 기기들은 환자의 움직임에 대한 피드백이 부족하였고, 일부 기기는 전혀 피드백을 제공하지 않았다. 이러한 피드백의 질과 양의 차이가 게임방식의 가상현실이 더 큰 효과크기를 보이는 요인이라고 생각한다.

측정변수에 따른 효과크기는 동적균형(0.750, $p<0.001$)이 정적균형(0.226)보다 컸다. 측정변수로서 동적균형을 측정하는 방법으로 berg balance scale, timed up & go test, functional reach test 등이 있었다. 이러한 검사들은 동적인 상황(걷기, 체중이동, 자세이동, 방향전환 등)에서의 환자의 균형능력을 측정하는 것으로 실제 가상현실기반 재활프로그램에서 시행하는 훈련동작들과 유사한 부분이 많았다. 따라서 훈련동작 자체가 동적인 움직임이므로 정적균형보다는 동적균형에서 더 큰 효과크기를 보였다고 생각한다.

연구설계에 따른 효과크기는 RCT의 효과크기(0.653, $p<0.001$)가 CCT의 효과크기(0.275)보다 컸다. RCT는 연구대상자의 무작위 배치를 통해 실험군과 대조군간의 동질성을 확보한 상태에서 처치의 효과를 검증하는 연구설계방법으로 CCT보다 더욱 객관적이고 과학적인 연구설계방법이기 때문에 더 큰 효과크기를 보였다고 생각한다. 출판유형에 따른 효과크기는 학위논문의 효과크기(0.706, $p<0.001$)가 학술지의 효과크기(0.339, $p=0.03$)보다 크게 나타났다. 이는 학술지 논문보다 학위논문이 논문의 의미나 유의성에 대한 요구가 더 큰 것이 영향을 주었으리라 생각한다.

하위변수들 중 연속형 변수인 연령, 1회 치료시간, 주당 치료횟수, 치료기간, 총치료시간(1회 치료시간×주당치료횟수×치료기간)들과 효과크기의 관련성을 알아보기 위해 메타회귀분석을 실시한 결과 1회 치료시간(0.139, $p=0.016$), 총 치료시간(0.001, $p=0.045$)이 증가할수록 효과크기가 증가하였으나 회귀계수가 크지 않았다. 연령, 1회 치료시간, 주당 치료횟수, 치료기간은 유의한 관련성이 없었다.

뇌졸중 환자에 대한 가상현실기반 재활프로그램의 효과에 대한 국내의 연구들은 균형, 보행능력, 상지기

능, 우울감 등의 다양한 변수에 초점을 맞추어 시행되었다. 본 연구에서는 이 변수들 중에 균형을 선정하여 분석을 실시하였다. 이는 대부분의 연구들에서 균형을 모든 기능들의 기초적인 요소로서 중요하게 생각하였고, 균형을 기본적으로 측정하였기 때문이다. 향후의 연구에서는 균형외의 다양한 변수들에 대한 연구들도 이루어져야 할 것이다.

실험군에서 가상현실프로그램과 더불어 동반된 치료의 형태, 대조군에서의 실시한 치료방법, 뇌졸중이 원인, 환측, 유병기간 등의 다양한 변수들이 가상현실프로그램의 효과에 영향을 줄 수 있는 변수들이라고 생각되었으나, 연구마다 해당 변수들이 모두 서술되어 있는 것이 아니었고, 서술되어 있는 논문들에서도 명확한 설명이 되어 있지 않아, 하위변수로 범주화가 가능한 연구의 수가 제한적이었다. 메타분석에서도 개별연구와 마찬가지로 충분한 수의 연구가 있을 때 분석결과가 더 의미가 있다(Borenstein et al., 2009). 향후 가상현실프로그램에 대한 더 많은 연구결과들이 축적된다면, 다양한 하위변수들이 가상현실프로그램의 효과에 미치는 영향에 대하여 더욱 세밀하고 체계적인 분석이 가능할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 뇌졸중환자의 균형능력에 대한 가상현실기반 재활프로그램의 효과를 체계적으로 분석하기 위해 국내에서 발표된 논문을 대상으로 메타분석을 실시하였다. 선정된 20개의 논문을 분석한 결과 전체 효과크기가 0.557(95% 신뢰구간 0.340 - 0.774)로 중간크기의 효과크기를 보여주었다. 각 연구들에 포함된 하위변수들 중 범주형 변수인 가상현실방식, 측정변수, 연구설계유형, 출판유형의 영향을 분석하였다. 가상현실방식의 종류에 따른 효과크기는 게임방식이 가상현실환경제공방식보다 컸고, 측정변수에 따른 효과크기는 동적균형이 정적균형보다 컸다. 연구설계에 따른 효과크기는 RCT의 효과크기가 CCT의 효과크기보다 컸고 출판유형에 따른 효과크기는 학위논문이 학술지보다 크게 나타났다. 하위변수들 중 연

속형 변수인 연령, 1회 치료시간, 주당 치료횟수, 치료기간, 총치료시간(1회 치료시간×주당치료횟수×치료기간)들과 효과크기의 관련성을 알아보기 위해 메타회귀분석을 실시한 결과 1회 치료시간과 총 치료시간이 증가할수록 효과크기가 증가하였으나 영향은 크지 않았다.

참고문헌

- 2014 사망원인통계. 통계청.
- 2015 국민건강통계. 보건복지부.
- 김성호, 김형근, 이제혁. 가상현실기반 운동프로그램이 뇌졸중환자의 상지기능과 일상생활동작에 미치는 영향. 재활복지. 2013;17(2):373-391.
- 유두한, 홍덕기, 최성렬. 가상현실을 이용한 과제훈련이 뇌졸중환자의 상지기능과 일상생활활동에 미치는 영향. 재활복지. 2014;18(2):289-308.
- 송귀빈, 박은초. 과제지향적 상지운동과 가상현실 훈련이 뇌졸중 환자의 상지기능과 균형, 우울감에 미치는 영향 비교. 대한물리의학회지. 2016;11 (1):115-125.
- 권재성, 양노열. 작업치료 임상에서 뇌졸중환자의 상지기능 향상을 위한 가상현실 치료의 유용성에 관한 고찰. 신경재활치료과학. 2013;1(2):35-40.
- 이정아, 황수진, 송창순. 가정중심 가상현실이 만성뇌졸중 환자의 팔운동기능에 미치는 영향. 한국산학기술학회논문지. 2013.;11(10):3826-3832.
- 이병희, 정은정, 이수현. 가상현실기반 근전도 유발 기능적 전기자극치료가 뇌졸중환자의 근긴장도 및 보행능력에 미치는 영향. 재활복지. 2012;16(3):361-378.
- 천성규, 고태성, 이형진. 트레드밀 보행훈련시 거울과 가상현실기반 이용이 뇌졸중환자의 보행에 미치는 효과. 대한치료과학회지. 2015;7(1):68-73.
- 이동엽, 신원섭. 가상현실을 이용한 재활운동이 뇌졸중 환자의 보행시 에너지 소모에 미치는 효과. 한국산학기술학회논문지. 2013;11(10).

- 3826-3832.
- 김정희, 이종수, 이수현 등. Wii-FitTM을 이용한 가상 현실 운동프로그램이 뇌졸중환자의 균형 및 보행능력에 미치는 영향. *한방재활의학과학회지*. 2011;21(2):227-238.
- 김중휘, 김중선. 가상현실프로그램이 만성뇌졸중환자의 선자세 균형에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*. 2005;17(3):351-367.
- 이승민. 사시간 협응운동프로그램이 뇌졸중환자의 운동기능 회복과 일상생활활동에 미치는 영향. *한국발육발달학회지*. 2010;19(3):199-205.
- 황성동. Free software를 활용한 메타분석. 대구: 경북대학교 출판부;2016.p.13.
- Baram Y, Aharon-Peretz J, Lenger R. Virtual reality feedback for gait improvement in patients with idiopathic senile gait disorders and patients with history of stroke, *J Am Geriatr Soc*. 2010;58(1):191-192.
- Barclay-Goddard R, Stevenson T, Poluha W, et al. Force platform feedback for standing balance training after stroke. *The Cochrane Database Syst Rev*. 2004;18(4):CD004129.
- Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, et al. *Introduction to Meta-analysis*. UK: John Wiley & Sons Ltd.;2009.
- de Rooij IJM, van de Port IGL, Meijer JWG. Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta-analysis. *Phys Ther*. 2016;96(12):1905-1918.
- Dijkerman HC, Ietswart M, Jhonston M, et al. Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clinic Rehab*. 2004;18(5):538-549.
- Duncan PW, Horner RD, Reker DM, et al. Adherence to postacute rehabilitation guidelines is associated with functional recovery in stroke. *Stroke*. 2002;33(1):167-177.
- Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: A case report. *J Neurol Phys Ther*. 2007;31(4):180-189.
- French G, Thomas LH, Leathley MJ, et al. Sensorimotor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery poststroke? *Neurorehabil Neural Repair*. 2006;20(2):252-267.
- Hochstenbach J, Pregatano G, and Mulder T. Patients and relatives reports of disturbances 9 months after stroke: Subjective changes in physical function, cognition, emotion, and behavior, *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(8):1587-1593.
- Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyber Psychol Behav*. 2005;8(3):187-211.
- Hong KS, Bang OY, Kang DW, et al. Stroke statistics in Korea: Part I. Epidemiology and risk factors: A report from the Korean stroke society and clinical research center for stroke. *J stroke*. 2013;15(1):2-20.
- Horstmann S, Koziol JA, Martinez-Torres F, et al. Sonographic monitoring of mass effect in stroke patients treated with hypothermia. Correlation with intracranial pressure and matrix metalloproteinase 2 and 9 expression. *J Neurol Sci*. 2009;276(1-2):75-77.
- Imam B, Jarus T. Virtual reality rehabilitation from social cognitive and motor learning theoretical perspectives in stroke population., *Rehabil Res Pract*. 2014;2014:ID594540.
- Kwakkel G, Van Peppen R, Wagenaar R, et al. Effects of augmented exercisetherapy time after stroke. A meta-analysis. *Stroke*. 2004;35(11):1-11.
- Lloréns R, Noé E, Colomer C, et al. Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96(3):418-425.

- Merians A, Jack D, Boian R, et al. Virtual reality augmented rehabilitation for patients following stroke
Phys Ther. 2002;82(9):898-915.
- Patterson, SL, Forrester LW, Rodgers MM, et al. Determinants of walking function after stroke: Differences by deficit severity. Arch Phys Med Rehabil. 2007;88(1):115-119.
- Rand D, Kizony R, Weiss PL. Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony Playstation II Eyetoy. International conference on disability, virtual reality and associated technologies. 2004;12(6):1-15.
- Saposnik G, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: A meta-analysis and implications for clinicians. Stroke. 2011;42(2):1380-1386
- Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality. J Neuroeng Rehabil. 2004;1(1):10.
- Trombly CA, Radomski MV. Occupational therapy for physical dysfunction. 5th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins;2002.
- Winstein CJ. Knowledge of results and motor learning: implications for physical therapy. Phy Ther. 1991;71(2):140-149.
- Subramanian SK, Massie CL, Malcolm MP, et al. Does provision of extrinsic feedback result in improved motor learning in the upper limb poststroke? A systematic review of the evidence, Neurorehabil Neural Repair, 2010;24(2):113-124.
- Zhang L, Abreu BC, Masel B, et al. Virtual reality in the assessment of selected cognitive function after brain injury. Am J Phys M Rehabil. 2001;80(8):597-604

논문접수일(Date Received) : 2017년 5월 2일
논문수정일(Date Revised) : 2017년 6월 2일
논문게재승인일(Date Accepted) : 2017년 6월 8일

표 1. 선정논문의 일반적 특성

저자	대상자		연령	가상현실방식	측정변수	총 치료 시간(분)	출판유형	연구 설계
	실험군	대조군						
허서윤 등(2016)	31	29		가상현실게임(Wii)	FRT ^a , TUG ^b	300	학술지	CCT ^c
이병희 등(2012)	5	5	58	HMD ^d	COG동요거리와 면적	240	학술지	CCT
신영일과 임호용(2007)	10	10		IREX ^e	COG동요거리	720	학술지	CCT
송귀빈과 박은초(2015)	20	20	52	가상현실게임(X-Box 360 Kinect)	COG동요한계	1800	학술지	RCT ^f
이도균(2014)	11	11	65	가상현실게임(X-Box 360 Kinect)	BBS ^g , TUG	900	학위논문	RCT
최돈모(2012)	13	12	50	가상현실게임(Wii)	BBS, TUG	540	학위논문	RCT
김상준(2013)	8	8	57	가상현실게임(Wii)	BBS, TUG, 체중분포	540	학위논문	CCT
이현민(2013)	10	10	59	가상현실게임(Wii)	OLST ^h , TUG,	450	학술지	RCT
정효주(2011)	15	15	54	가상현실게임(Wii)	BBS, COG동요거리 및 면적	540	학위논문	RCT
염창호(2012)	10	10	71	가상현실기반발목운동	TUG	900	학위논문	RCT
신원섭과 송창호(2009)	22	20	61	가상현실게임(Play station2)	COG동요거리	540	학술지	RCT
김은경 등(2010)	8	6	47	가상현실게임(Wii)	BBS	750	학술지	RCT
박은초(2012)	15	15	54	가상현실게임(Wii)	BBS, TUG, COG동요거리와 면적, 체중분포	720	학위논문	RCT
김용남과 이동규(2013)	9	9	67	가상현실게임(Wii)	BBS	540	학술지	RCT
김주홍 등(2011)	12	12	53	가상현실게임(Wii)	BBS	1440	학술지	RCT
김정희 등(2011)	12	10	57	가상현실게임(Wii)	FRT, Functional gait assessment	600	학술지	CCT
김중휘(2005)	12	12	52	IREX	BBS, COG동요거리와 면적, 체중분포	480	학위논문	RCT
고영경(2012)	32	32		가상현실게임(Wii)	BBS	600	학위논문	CCT
이도현(2012)	20	20	57	가상현실게임(Wii)	BBS, TUG	1200	학위논문	RCT
이황재(2014)	20	18	56	Virtual walk DVD	BBS, TUG	875	학위논문	RCT

^afunctional reach test, ^btime up & go test, ^ccontrolled clinical trials;대조군이 있는 임상연구, ^dhead mounted display;머리착용형 가상현실기기, ^einternational rehabilitation and exercise system, ^frandomized controlled trials, ^gberg balance scale, ^hhone-leg standing test,

표 4. 범주형 변수에 따른 효과크기

변수	수준	효과크기	95% 신뢰구간	표준오차	p-value
가상현실방식	게임방식	0.621	0.374 ~ 0.868	0.126	<0.001
	가상현실환경방식	0.335	-0.145 ~ 0.815	0.245	0.171
측정변수	정적균형	0.226	-0.210 ~ 0.662	0.222	0.310
	동적균형	0.750	0.563 ~ 0.937	0.096	<0.001
연구설계유형	CCT ^a	0.275	-0.155 ~ 0.705	0.219	0.210
	RCT ^b	0.653	0.399 ~ 0.907	0.130	<0.001
출판유형	학술지	0.339	0.032 ~ 0.646	0.156	0.030
	학위논문	0.706	0.412 ~ 1.00	0.150	<0.001

^acontrolled clinical trials;대조군이 있는 임상연구, ^brandomized controlled trials;무작위대조군임상연구.

표 5. 연속형 변수에 대한 메타회귀분석

변수	회귀계수	95% 신뢰구간	표준오차	p-value
연령(세)	0.051	-0.023 ~ 0.126	0.038	0.176
1회 치료시간(분)	0.139	0.027 ~ 0.252	0.058	0.016
주당치료횟수(회)	-0.086	-0.459 ~ 0.288	0.190	0.653
치료기간(주)	0.002	-0.163 ~ 0.167	0.084	0.982
총 치료시간(분)	0.001	0.000 ~ 0.001	<0.001	0.045