

수중운동치료가 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 효과 : 국내연구의 메타분석

이동진¹ · 조성현^{2*}

¹광주보건대학교 물리치료과, ^{2*}남부대학교 물리치료학과

The Effect of Aquatic Exercise Therapy on Balance in Patients with Chronic Stroke : Meta-Analysis of Studies in Korea

Lee Dongjin, PT, Ph.D¹ · Cho Sunghyoun, PT, Ph.D^{2*}

¹Dept. of Physical Therapy, Gwangju Health University

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Nambu University

Abstract

Purpose : This meta-analysis was aimed at guiding future research in stroke treatment and to provide real-world data relating to the effects of aquatic exercise therapy on balance in patients with chronic stroke.

Methods : We performed a meta-analysis comprising 22 studies involving aquatic exercise therapy performed between 2006 and 2017. A meta-analysis software program was used to calculate the mean effect size, effect size by intervention, and effect size by outcome. We also performed a meta-regression analysis and an analysis of publishing bias.

Results : The mean effect size was 0.563. The effect size by outcome was observed to be the largest for the functional reach test, followed by the Berg balance scale, balance equipment, the Timed Up and Go test and one leg standing. Meta-regression analysis showed that effect size increased with an increase in the duration, number, length of exercise session.

Conclusion : Aquatic exercise therapy appears to show a moderate effect on balance in patients with chronic stroke. A meta-analysis is warranted for further research to determine the effects of aquatic exercise on walking, muscle strength, and range of motion.

Key Words : aquatic exercise therapy, balance, stroke, meta-analysis

*교신저자 : 조성현, shcho@nambu.ac.kr

논문접수일 : 2018년 3월 12일 | 수정일 : 2018년 4월 24일 | 게재승인일 : 2018년 5월 4일

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(No. NRF-2017R1C1B5076499).

이 논문은 2018년도 남부대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

I. 서론

수중운동은 물의 고유 특성인 정수압, 부력, 밀도, 마찰, 점성저항, 온도 등의 장점을 이용해 환자의 안전성을 고려한 후에 치료목적으로 다양하게 사용되고 있다 (Bandy & Sanders, 2001). 수중운동은 아쿠아에어로빅스, 아쿠아로빅, 아쿠아 치료, 수중에어로빅스, 아쿠아틱피트니스, 수중 보행 등 다양한 수심의 풀에서 행해지는 모든 운동을 포함한 개념이며, 미국의 관절염 협회에서 1970년대 중반에 레크레이션 수중운동 프로그램 개발을 시작하여 이를 공식화하면서 널리 보급하기 시작하였다 (김종임 등, 1997). 수중운동은 기능적 제한을 가진 환자들에게 개인적으로 알맞은 특별한 재활 환경을 제공할 수 있으며, 물의 저항을 통한 근력 운동과 더불어 상, 하지 및 몸통 운동을 통한 균형의 향상은 지상운동을 적절하게 수중운동으로 변형시켜 사용할 수 있다(Brody & Hall, 1999).

수중운동치료는 물의 다양한 유체역학적 특성에 의해 지상에서 일어날 수 없는 움직임을 두려움 없이 수행할 수 있는 장점을 가지고 적용하는 치료적 중재이다(김태열 등, 2000). 수중운동치료 중 할리윅 기법, 왓츠 기법, 바드라가즈링 기법이 관심을 끌면서 여러 방면의 수중 치료 방법이 소개되고, 소수이지만 의료기관 및 사회복지시설에서 수중치료 시설을 갖추고 임상적으로 적용이 이루어지고 있다(박기덕과 강승호, 2007). 수중운동치료 방법 중 할리윅 기법(Haliwick method)은 부력 보조기구를 사용하지 않고 물의 부양력과 물결, 와류의 흐름을 조작하여 회전효과를 환자에게 적용하며 이를 통해 관절 역학적 반응을 촉진시키고 자세안정성을 얻을 수 있는 훈련방법이라 하였다(김태열 등, 1998; Long 등, 1996). 왓츠 기법(Watsu method)은 따뜻한 물의 환경에서 물에서 수행하는 지압의 원리를 이용하여 신체의 에너지선을 따라 스트레칭하는 것으로, 중추신경계의 장애로 인한 신경근 마비증세와 근긴장도를 낮추어 주며 관절의 가동력을 향상시켜주는 이완이 탁월한 요법이다 (Faull, 2005; Chon 등, 2009). 바드라가즈링 기법(Bad ragaz ring method: BRRM)은 고유수용성신경근촉진법 패턴을 적용한 치료 기법으로 나선형과 대각선 패턴을 사

용하여 고유수용기를 자극함으로써 신경근 조절과 기능을 향상시키는 운동치료 방법이다(Klein 등, 2002).

뇌졸중 환자들은 뇌 기능 손상으로 인한 근육 위축, 고유수용성 감각 소실, 비정상적 근육 움직임 패턴과 자세 불균형을 동반한다(Peurala 등, 2007). 또한 뇌졸중 환자의 균형 상실은 다양한 요인들에 의해 영향을 받기 때문에 치료에 많은 어려움이 따른다(Horak, 1997). 수중운동치료는 부력, 점성, 표면장력 등 수중에서 신체에 직접적인 영향을 미치는 물의 물리적 특성을 이용하며, 물의 특성으로 인해 체중으로 인한 관절의 부하를 줄여주고 3차원적인 움직임이 가능해진다(Ruoti 등, 1997). 수중운동치료는 모든 능동 운동에서 저항을 만들어내며, 지상에서 하기 어려운 운동 패턴의 경험을 가능하게 해준다 (Becker, 2009; Getz 등, 2012). 만성 뇌졸중 환자에게 상지, 하지, 몸통 등에 물의 저항, 부력 등을 통한 수중운동 치료가 균형, 보행의 손상이 있는 환자들에게 좋은 효과를 보였다고 하였고(Lee 등, 2010), Park 등(2015)도 수중운동치료가 뇌졸중 환자에게 운동과 감각을 자극을 제공하여 정적, 동적 균형 향상에 효과적임을 확인하였다.

편마비 환자 26명을 대상으로 수중운동과 보바스 치료를 6주 간 주 3회, 40분간 실시한 결과, 두 그룹 모두에서 균형이 향상되었음을 보고하였다(남형천, 2006). Lee 등(2017)의 연구에서도 뇌졸중 환자에게 수중 트레드밀 운동을 통하여 BBS의 의미 있는 향상 효과를 보았다고 하였다. 그러나 Chu 등(2004)은 8주 간 주 3회씩 60분간 수중운동치료를 뇌졸중 환자에게 실시한 결과, BBS는 수치상 증가의 경향은 보이지만, 균형 향상에 통계적 유의성은 보이지 않았다고 하였다. 이렇듯 선행 연구의 균형 결과들이 학자들마다 조금씩 다른 결과가 나온 점을 감안하여 선행 연구 자료들을 통계적으로 분석한 후 균형에 효과가 있는지에 대한 결과자료를 제시할 필요가 있다.

하지만, 국내에서는 뇌졸중 환자에게 수중운동치료를 실시한 후 균형에 미치는 영향과 관련하여 효과크기 분석을 통해 제시된 논문은 없는 실정이다. 그리하여 본 연구에서는 수중운동치료가 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향에 대하여 메타분석을 실시함으로써 수중운동치료의 효과성에 대한 객관적인 자료를 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 설계

본 연구는 수중운동치료를 실시하여 뇌졸중 환자의 균형 향상에 대해 연구한 개별적인 연구들의 결과를 가지고 각 효과크기를 사용하여 체계적이고 종합적으로 수중운동치료를 효과의 효과를 알아보기 위한 메타분석 연구이다.

2. 연구 대상 선정 기준

본 연구는 국내 수중운동치료가 뇌졸중 환자의 균형에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구논문들을 분석하였다. 먼저 연구논문을 PICO 기준에 의거하여 검색하였다. 본 연구에서는 수중운동치료를 이용하여 실험을 최소 4주에서 12주 이하로 실시하여 중재 전후의 사전-사후 측정이 이루어지고, 구체적인 통계적 수치로 중재 효과를 제시한 논문들을 선정하였다. 즉, 질적연구, 종설 등 연구 설계가 본 연구에 부합하지 않은 연구는 배제하였다. 효과 크기의 변환이 가능한 평균, 표준편차, 표준수 등 통계 수치가 나온 논문을 분석대상으로 선정하였다. 중재를 적용하지 않은 연구, 효과크기가 계산되지 않는 연구, 포스터 연구는 선정 대상에서 제외하였다.

3. 자료 검색 및 선정 과정

자료의 검색은 전자 검색사이트인 학술연구정보(<http://www.riss.kr>), DBpia (<http://dbpia.com>), KISS(<http://kiss.ksudy.com>), NDSL (<http://scholar.ndsl.kr>), 교보소콜라(<http://scholar.kyobobook.co.kr>), 뉴논문(<http://newnonmun.com>), 국립중앙도서관(<http://www.nl.go.kr>), 학술교육원(<http://www.earticle.net>)에서 실시하였다. 메타분석 연구는 2006년 1월부터 2017년 5월까지 뇌졸중 환자를 대상으로 수중운동치료를 적용한 논문을 대상으로 검색하였다.

검색 주제는 “수중”, “뇌졸중”, “편마비” 단어를 사용하였다. 1차 단계에서 “수중” 키워드로 검색하여 학술연구정보에서 학위 2233개, 학회지 3381개가 검색되어

총 5614개가 검색되었고, 나머지 검색사이트를 통하여 총 3878개가 검색되었다. 그 다음 “뇌졸중”, “편마비” 키워드 조합을 통해 최종 120개의 학회지와 118개의 학위 논문을 검색하여 총 238편의 논문을 선정하였다. 2차 단계에서 중복된 논문 128개를 제거하여 110편을 간추렸으며, 3차 단계에서 노인, 아동, 백서, 하지관절 장애인을 대상으로 한 논문 18편을 제거하여 92편을 선정하였다. 4차 단계에서 수치 오류, 메타분석에 적합하지 않는 논문 30개를 제외시켜 총 62편을 추출하였다. 마지막 5차 단계에서 FRT(Functional reach test), TUG(Timed up and go test), BBS(Berg balance scale), OLS(One leg standing), 장비를 사용한 균형 도구(Balance equipment)를 통해 측정된 균형 관련 논문 22편을 최종 확정하였고, 교수 2인이 논문 전문을 중심으로 엄밀히 검토하였다.

4. 논문의 질 평가

본 연구의 선정기준에 부합한 최종 22개의 논문을 대상으로 체계적인 오류로 결과나 추정이 참값으로부터 벗어나거나, 중재 효과를 과소 또는 과다 추정하게 할 수 있는 오류를 최소화하여 연구 결과의 타당성을 높이기 위해 질 평가를 하였다(박완주 등, 2015). 선정된 논문에 대한 질 평가는 문헌고찰과 다수의 메타분석의 경험이 있는 물리치료학과 교수 2인이 의견도출 과정에 대하여 다시 엄격히 검토한 후에 충분히 차이점에 대해서 논의를 한 후 2인의 연구자가 모두 동의할 경우 결론을 내렸다(한미화와 이경희, 2017). 평가도구는 연구 주제와 개념 정의와 타당성, 중재 방법, 대조군의 처치 시간, 횟수, 무작위 할당, 실험군과 대조군의 처치, 변수의 측정법, 통계적 분석 방법 및 보고 등 2012년에 Scottish Intercollegiate Guideline Network (SIGN)에서 개발한 비무작위 실험설계 평가목록을 참고하여 체계적으로 고찰하였다(박완주 등, 2015).

5. 코딩 및 자료 분석

연구대상으로 선정된 총 22편의 연구가 갖고 있는 참여자의 특성 및 개입방법에 대한 특성들에 대한 정보를 추출하여 코딩의 준거분석틀에 따라 자료를 코딩하였다

(김은영 등, 2016). 이는 각 연구가 가지고 있는 속성에 대한 설명과 효과크기의 이질성에 대한 분석의 근거를 삼기 위한 것이다. 또한 각 연구에서 제시하고 있는 사전, 사후 평균, 표준편차, 표본크기에 대한 정보를 별도로 취합하였다.

모든 연구 결과에 대해 효과크기는 다수의 연구가 표본크기가 크지 않다는 점을 고려하여 교정된 표준화 평균효과크기(corrected standardized mean difference)인 Hedges's g를 산출하였으며, 95 % 신뢰수준(Confidence Interval, CI)을 계산하였고, 각 효과크기의 가중치는 분산의 역수를 이용하였다(Borenstein 등, 2009). 효과크기 분석을 위하여 메타분석 전용 프로그램인 Comprehensive Meta-Analysis(CMA 3.0)를 이용하였으며, 평균효과크기는 각 연구의 연구방법, 표본, 중재 등이 서로 다양하다는 점을 인정하여 무선평형(random-effects model)을 적용하여 산출하였다(김아린과 양인숙, 2017). 효과크기의 통계적 이질성(heterogeneity)을 평가하기 위해서 우선 forest plot을 통해 시각적으로 살펴보았다. 그리고 전체

관찰된 분산인 Q값을 산출하여 χ^2 검증을 하였으며, 보다 구체적으로 전체 관찰된 분산에 대한 실제 분산, 연구 간 분산 비율을 나타내는 I^2 값을 산출하였다(한미화와 이정희, 2017).

각 연구가 보여주는 효과크기의 이질성에 대한 추가적인 설명을 위해 연구 수준의 특성, 즉 조절변수의 속성에 따라 메타 ANOVA와 메타회귀분석을 활용하여 조절효과분석을 실시하였다(박완주 등, 2015). 최종적으로 전체 연구 결과의 타당성을 위해 출간오류분석을 실시하여 연구 결과의 타당성을 검증하였다(김은영 등, 2016).

III. 연구 결과

1. 연구의 선정 과정

앞서 연구 방법에서 설명한대로 연구의 선정과정은 모

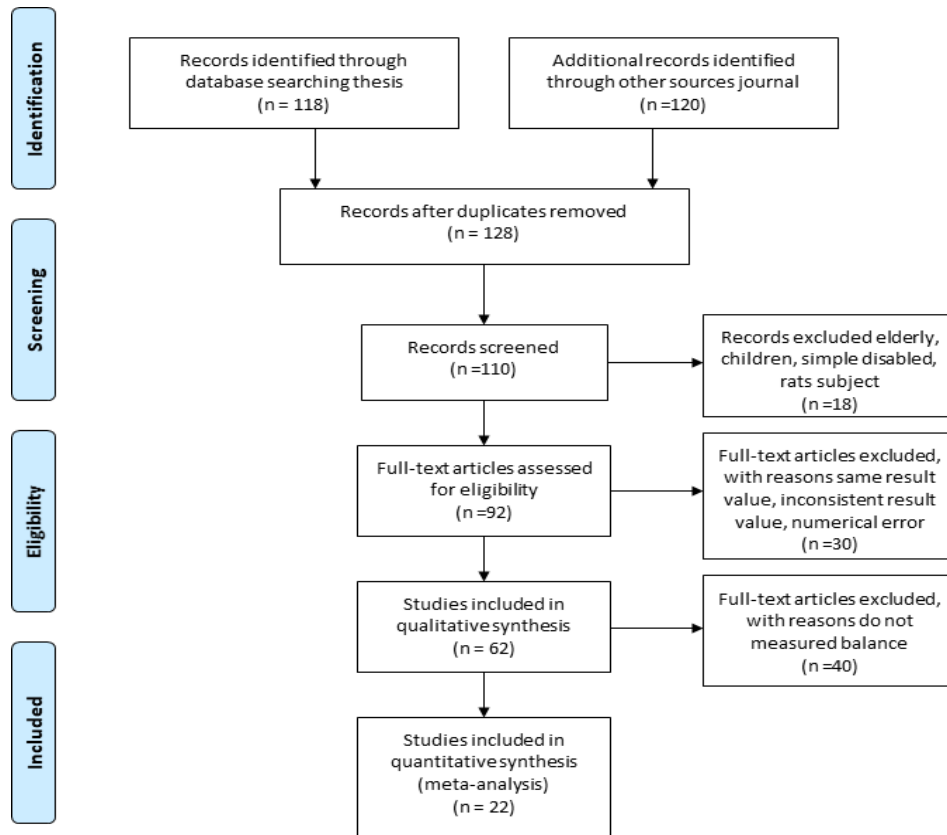


그림 1. 논문 선택 과정도

두 단계로 이루어졌으며, 1단계에서 각종 데이터베이스를 활용하여 총 238편이 검색되었고, 2단계에서 중복된 문헌을 제외한 후 남은 논문의 수는 128편이었다(박완주 등, 2015). 그리고 3단계에서 대상자가 뇌졸중 기준으로 그에 해당하지 않는 연구들을 모두 제외하여 총 92편이 선정되었으며, 수치 오류, 메타분석에 적합하지 않은 30편을 제외하여 총 62편을 추출하였다. 마지막 제 4단계에서 논문에 대한 전문을 엄밀하게 읽고 검토하여 균형에 관한 중재연구 기준에 부합하는 총 22편의 연구논문을 최종적으로 선정하였다(신현희 등, 2016)(그림 1).

2. 선정된 연구의 특성

분석에 선정된 총 22편 연구논문의 특성을 분석하여 정리하였다(표 1). 내용으로는 저자, 출판연도, 출간유형, 연구 설계 유형, 대상자 수, 중재 방법, 중재 적용시간, 적용횟수 및 기간, 측정 도구로 구성하였다.

분석 대상 22편 논문의 발표연도는 2006년부터 2016년까지 고루 분포되어 있으며, 2010년도를 기준으로 9편이 2010년도까지 작성된 논문이고 13편이 2011년도부터 2016년도까지 작성된 논문이다. 대상자는 뇌경색 또는 뇌출혈을 유발한 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 실험군만 있는 논문이 2편, 나머지 20편은 실험군과 대조군으로 분류하여 실험을 진행하였다. 무작위 분류가 되어있는 논문은 11편, 유사 실험으로 진행된 논문은 11편 이었다.

전체 대상자 수는 논문 당 최소 12명에서 최대 64명으로 20명이하인 경우 12편, 21명에서 40명이하인 경우 7편, 41명에서 64명인 경우 3편으로 총 589명이었다. 구체적인 수중운동치료의 유형 중 논문 2편에서만 할리워를 통한 단일 중재가 이루어졌으며, 나머지 20편에서는 수중과제, 수중운동, 장애물, 트레드밀, 할리워와 와츠, PNF를 응용한 아쿠아 프로그램, 워터보드, 키보드 등의 장비를 활용한 수중재활운동 프로그램으로 구성되어 실제 중재는 거의 하나 이상 복합적으로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 프로그램 적용시간은 30~40분으로 구성된 논문이 9편이었고, 그 다음으로 50~60분이 12편이었으며, 시간 중재가 없는 논문이 1편이 있었다. 중재횟수는 12~18회인 경우 7편, 19~48회인 경우 14편, 72회인 경우

1편이었다. 중재기간은 4~6주가 10편, 8~12주가 11편, 24주가 1편이었다. 평가항목은 크게 BBS (Berg balance scale), 눈뜨고, 눈감고 한쪽다리 들고 시간을 측정한 OLS(One leg standing) 와 TUG(Time up and go test), FRT(Functional reach test), 균형 장비(Balance equipment)를 활용하여 X, Y speed, sway length, area를 측정한 총 5개 변수 항목으로 나뉘었다. BBS를 측정한 논문은 11편, OLS를 측정한 논문은 4편, TUG를 측정한 논문은 10편, FRT를 측정한 논문은 7편, 장비를 활용한 논문은 8편이었다.

3. 선정된 연구에 대한 질 검증

앞서 언급한대로 선정된 연구에 대한 질 검증은 SIGN에서 개발한 평가목록을 참고하여 각 문항에 대해 ‘잘 수행됨’, ‘적절하게 수행됨’, ‘빈약하게 수행됨’, ‘다루어지지 않음’, ‘보고되지 않음’, ‘적용 불가능함’의 6단계로 평가하였다(박완주 등, 2015). 연구논문 모두 연구 주제와 개념정의는 명확하게 기술되었고, 측정도구는 신뢰도와 타당도가 확보된 것을 모두 사용하였으며, 각 군의 중재 시간, 방법과 횟수 등은 그룹에서 모두 분석되었고, 분석 시에는 통계적 분석방법을 사용하였다(신현희 등, 2016). 따라서 10편 모두 모두 동질성 조건을 갖춘 것으로 보고하였다. 논문의 질 평가를 위한 필수항목이 모두 잘 또는 적절하게 수행되었을 경우에는 ‘++’(일부 미 충족된 부분으로 인해 결론이 바뀌지 않을 것이라고 확신한다)로, 일부항목이 불충분할 경우는 ‘+’(부적절하거나 미 충족된 기준에 의해 결론이 바뀔 것 같지 않다)로, 대부분 충족되지 않았을 경우는 ‘-’(연구의 결론이 바뀔 가능성이 매우 높다)로 판정 하였다(박진희와 배선형, 2012). 선정된 논문에 대한 전체 질 평가 결과 10편이 ‘++’로, 12편 이 ‘+’로 판정되었다. 따라서 선정된 논문의 질적 수준은 검증 결과 연구의 결론이 바뀔 가능성이 없는 것으로 평가되었다(한미화와 이경희, 2017).

표 1. 분석 대상 연구의 특성

저자	유형	무작위	특성		수중운동치료 증재					종속변인에 의한 결과 측정				Quality assessment					
			실험군	통제군	유형	기간	횟수	시간	Berg balance scale	One leg standing	Time up and go	Functional reach test	Balance equipment						
Jung JH, 2016	학위	○	20	20	수중운동(상하지)	8	24	40						○	○	○	○	○	++
Lee DJ, 2009	학위	×	17	15	수중과제운동	12	36	50											+
Son NH, 2013	학위	×	10	10	수중운동(아쿠아로빅, 조깅)	12	36	50											+
Park JS, 2009	학위	×	22	22	수중운동(균형판, 누들)	6	18	35											+
Han SK, 2012	학위	○	31	31	수중고유용성(수중스텝)	6	18	50											++
Jung JH, 2012	학위	○	15	15	수중장애물	12	36	40											++
Yang HJ, 2016	학위	○	10	10	수중트레드밀	4	12	30											++
Bae DJ, 2015	학위	○	12	12	할리워	6	18	×											+
Nam HC, 2006	학위	×	13	13	수중치료(할리워, 외즈)	6	18	40											+
Park JS, 2012	학위	○	32	32	수중운동(수중스텝)	6	30	50											++
Kim HJ, 2015	학위	○	10	9	수중보행	8	40	30											++
Kwon HM, 2010	학위	○	6	6	수중물리치료(할리워, 장애물)	6	18	30											++
Lee & Kim, 2008	학회지	×	17	15	수중재활운동(할리워)	12	24	60											+
Kim SH 등, 2014	학회지	○	6	6	수중 PNF	6	30	30											++
Lee & Kang, 2009	학회지	×	8	10	수중재활운동(할리워)	12	24	60											+
Lee TH 등, 2012	학회지	×	10	10	수치료(할리워)	6	30	40											+
Cho & Cho, 2013	학회지	×	9	10	수중재활운동(아쿠아, PNF)	8	32	60											+
Lee & Kang, 2010	학회지	×	8	8	수중보행(아쿠아, PNF)	12	36	60											+
Chung EJ 등, 2014	학회지	○	15	15	수중운동(윈터보드, 키보드)	6	18	60											++
Cho & Jung, 2013	학회지	○	12	10	수중재활운동(아쿠아, PNF)	12	48	60											++
Lee & Lee, 2008	학회지	×	13	0	수중재활운동(과제)	24	72	60											+
Song & Kim, 2009	학회지	×	14	0	수중재활운동(공놀이)	10	30	60											+

4. 수중운동치료의 효과크기

선정된 연구 22편을 대상으로 두 집단의 사전·사후 차이의 평균, 차이의 표준편차, 표본크기를 이용하여 교정된 표준화된 평균차이 즉, Hedges's g를 산출한 결과를 forest plot으로 제시하였다(김은영 등, 2016; 박완주 등, 2015). 먼저 전체 연구의 평균효과크기는 Hedges's g=0.563(95 % CI: 0.411~ 0.716)로 나타나 중간크기의 효과크기를 보이며 통계적으로 유의하게 나타났다(그림 2). 이는 Cohen이 제시한 누적표준화 분포인 U3로 나타내면 비교집단의 평균이 50 %일 때 실험집단의 평균은 비교집단의 약 69 %에 해당되는 것으로 해석할 수 있다(Cohen, 1988). 그리고 Rosenthal과 Rubin(1982)이 제시한 실험 집단과 비교집단의 성공률을 비교하는 Bionomial Effect Size Display(BESD)로 나타내면(Rosenthal & Rubin, 1982), 비교집단의 성공률이 38 %인 반면 실험집단의 성공률은 62 %라고 말할 수 있다. 따라서 수중운동치료의 효과는 중간크기의 것으로 해석할 수 있겠다. 그리고 전체 효과크기의 이질성은 총 분산에서 연구 간 분산이 차지하는 비율인 $I^2=2.84\%$ ($Q=21.615, p=.422$)로 나타나 낮은 크기의 이질성을 보이는 것을 알 수 있다(Higgins & Green, 2011).

이어서 수중운동치료의 평가항목별에 대한 하위 결과 변수별로 분석해보면, 먼저 BBS의 경우 Hedges's g=0.592(95 % CI: 0.372~0.812)로 나타나 효과크기가 중

간크기의 것으로 나타났으며, 이질성은 총 분산에서 연구 간 분산이 차지하는 비율인 $I^2=0\%$ ($Q=7.984, p=.630$)로 나타나 이질성이 없는 것으로 나타났다. FRT의 경우 Hedges's g=0.665(95 % CI: -0.248~ 1.083)로 효과크기가 중간크기의 것으로 나타났으며, 그 이질성은 총 분산에서 연구 간 분산이 차지하는 비율인 $I^2=55.7\%$ ($Q=13.553, p=.035$)로 나타나 중간크기의 이질성을 보였다. OLS의 경우 Hedges's g =0.437(95 % CI: 0.076~0.798)로 나타나 역시 효과크기는 중간크기인 것으로 나타났으며, 그 이질성은 총 분산에서 연구 간 분산이 차지하는 비율인 $I^2=12.5\%$ ($Q=3.427, p=.330$)로 나타나 작은 크기의 이질성을 보였다. TUG의 경우 Hedges's g=0.458(95 % CI: 0.249~0.667)로 나타나 효과크기가 작은 것으로 나타났으며, 그 이질성은 총 분산에서 연구 간 분산이 차지하는 비율인 $I^2=0\%$ ($Q=9.730, p=.465$)로 나타나 중간크기의 이질성을 보였다. 균형장비의 경우 Hedges's g=0.577(95 % CI: 0.204~0.950)로 나타나 효과크기가 중간크기의 것으로 나타났으며, 그 이질성은 총 분산에서 연구 간 분산이 차지하는 비율인 $I^2=63.2\%$ ($Q=19.040, p=.008$)로 나타나 이질성은 없는 것으로 나타났다. 이상에서 볼 때 5가지 하위 결과의 효과 크기가 모두 유의하기는 하나, 각 결과 값이 변수에 따라 차이가 나는 것으로 나타났다(Cohen, 1988). 이 중 FRT의 효과크기가 .665로 가장 크게 나타났고 이어서 BBS, 균형 장비, TUG, OLS의 순으로 나타났다(그림. 2~7).

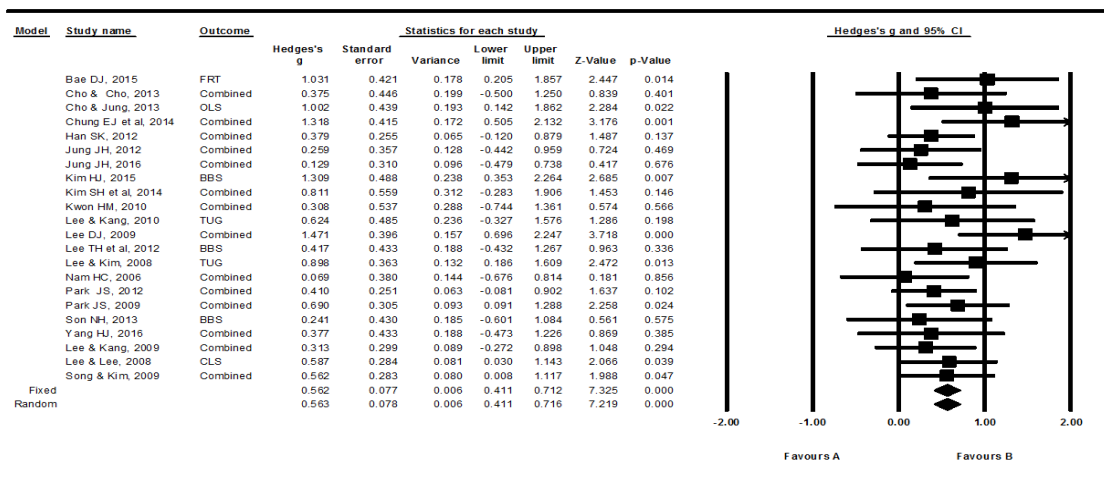


그림 2. 수중운동치료 후 전체 균형에 대한 숲 그림

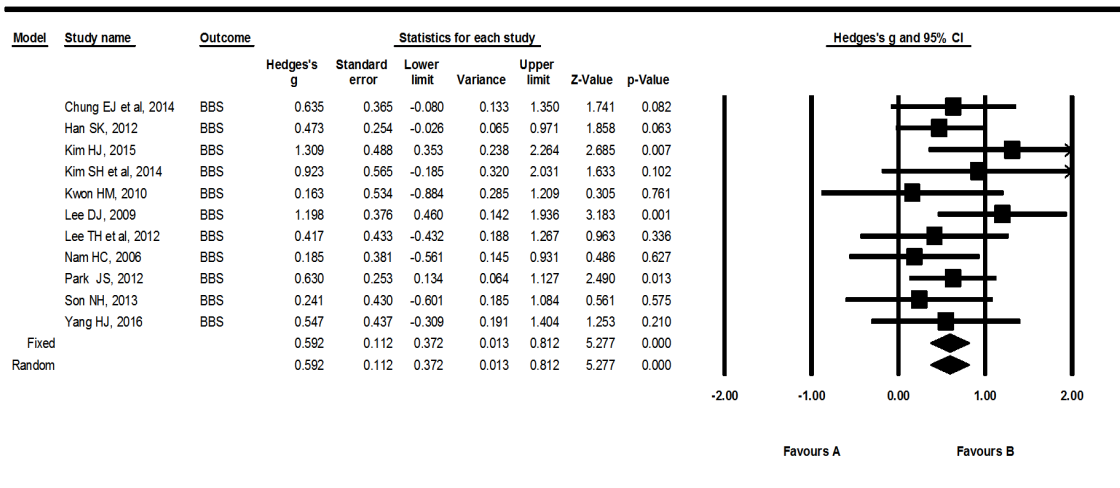


그림 3. 수중운동치료 후 Berg Balance Scale에 대한 숲 그림

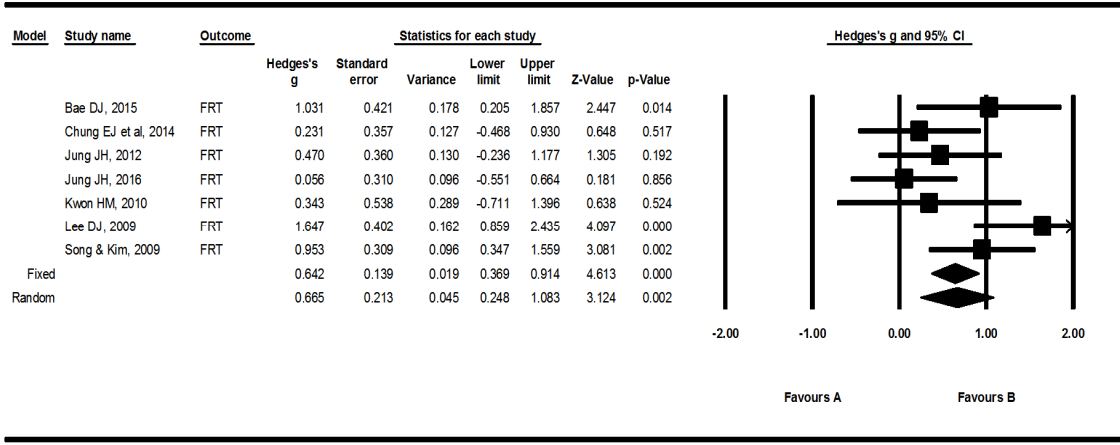


그림 4. 수중운동치료 후 Functional Reach Test에 대한 숲 그림

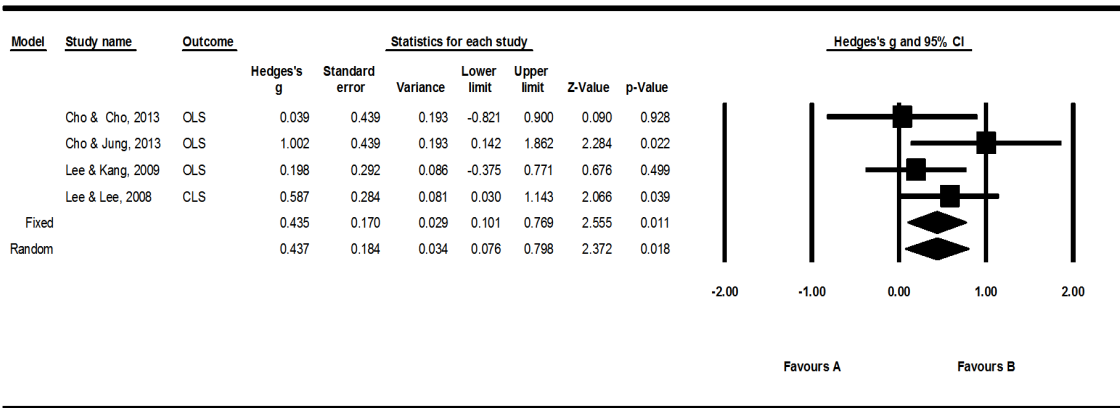


그림 5. 수중운동치료 후 One Leg Standing에 대한 숲 그림

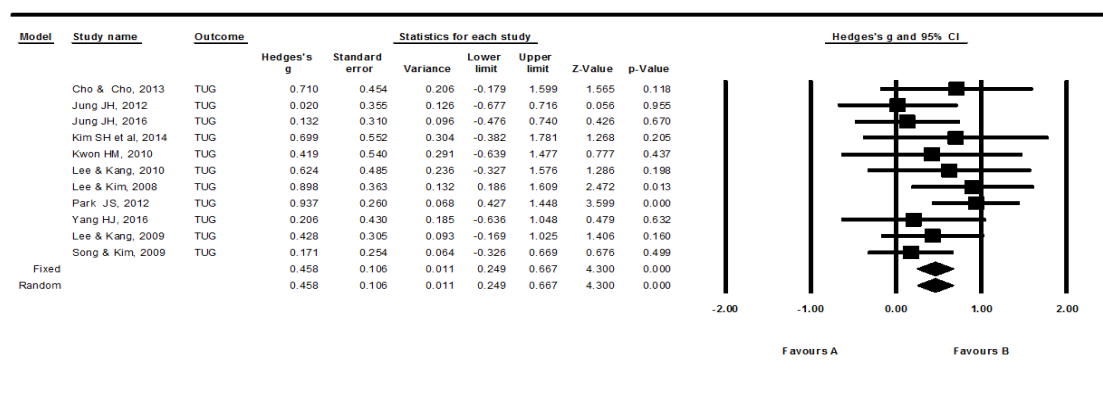


그림 6. 수중운동치료 후 Time Up and Go에 대한 숲 그림

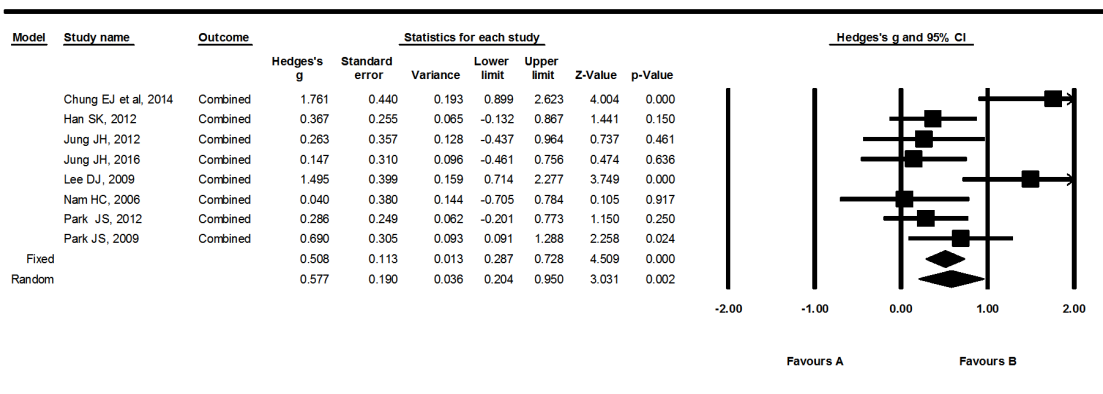


그림 7. 수중운동치료 후 균형 장비에 대한 숲 그림

5. 효과크기의 이질성 검증: 조절효과 분석

앞서 제시한 바와 같이 전체 평균효과크기는 Hedges's $g=0.563$ (95 % CI: 0.411~0.716)로 나타났으며 그 이질성은 Higgins와 Green이 제시하는 작은 정도의 이질성 (moderate heterogeneity, 25 % 이하)의 범위에 속하는 것으로 나타났다($I^2=2.84$ %, $Q=21.615$, $p=.422$)(Higgins & Green, 2011). 따라서 본 연구에서 각 연구 간 효과크기가 서로 다른 배경, 즉 효과크기 이질성의 배경에 대한 탐색적 설명이 필요하다고 판단하였다(한미화와 이경희, 2017). 그래서 우선 연구 수준의 변수인 연구 설계유형, 출간유형을 조절변수(moderators)로 하여 메타 ANOVA를 실시하였다(박완주 등, 2015).

먼저, RCT(Randomized Controlled Trials) 집단과 NRCT(Non Randomized Controlled Trials) 집단을 비교하

면 RCT 집단의 경우 효과크기가 0.563, NRCT 집단의 경우 0.570로 나타나 NRCT 집단의 효과크기가 더 큰 것으로 나타났지만 두 집단 간의 Q값, 즉 $Q_b=0.002$ ($df=1$, $p=.967$)로 나타나 두 집단 간의 효과크기 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다(신현희 등, 2016). 그리고 학위논문(Thesis)과 학술지논문(Journal)간의 효과크기의 차이 분석에서, 학위논문의 경우 0.501, 학술지논문의 경우 효과크기가 0.648로 나타나 학술지 집단의 효과크기가 더 큰 것으로 나타났지만, 두 집단 간의 Q값, 즉 $Q_b=0.858$ ($df=1$, $p=.354$)로 나타나 학술지논문 집단과 학위논문 집단 간에는 효과크기의 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다(박완주 등, 2015) (표 2).

그리고 본 연구의 특성 중 연속변수에 해당되는 수중운동치료의 중재 기간(duration of session), 중재 회기 횟

수(number of session), 매회 중재 시간(length of session)을 조절변수로 하여 효과크기의 이질성을 설명하기 위해 메타회귀분석을 실시하였다(박완주 등, 2015; 신현희 등, 2016)(그림 8~10). 먼저, 효과크기와 중재기간의 회귀분석 결과, 중재기간이 길수록 효과크기는 증가하지만 통계적으로 유의하지는 않았다($Z= 0.56$, 95 % CI: $-0.023\sim0.042$). 중재 횟수에 대한 회귀분석 결과는 중재 횟수가 많을수록 효과크기는 증가하지만 통계적으로 유

의하지는 않은 것으로($Z=0.85$, 95 % CI: $-0.006\sim0.015$) 나타났다(그림 8~10). 그리고 수중운동치료의 중재 시간에 따른 효과크기의 회귀분석 결과, 중재 시간이 길수록 효과크기는 증가하지만 통계적으로 유의하지는 않았으며($Z= 0.78$, 95 % CI: $-0.009\sim0.021$), 따라서 이러한 변수 외에 본 연구에서 포함하고 있지 않은 또 다른 연구간 특성 변수에 의해 각 연구의 효과크기의 차이를 설명할 수 있는 여지가 있다고 하겠다(Borenstein 등, 2009).

표 2. 연구 디자인과 출판 형태에 따른 메타ANOVA

Category	Subgroup	k	Hedges's g	95 % CI		Z(p)	I ² (%)	Q _b (p)
				Lower limit	Upper limit			
Study design	NRCT	11	0.570	0.351	0.789	5.097 (<0.001)	0.000	0.002 (.967)
	RCT	11	0.563	0.336	0.790	4.864 (<0.001)	17.045	
Publication type	Thesis	12	0.501	0.298	0.704	5.406 (<0.001)	25.880	0.858 (.354)
	Journal	10	0.648	0.413	0.883	4.838 (<0.001)	0.000	

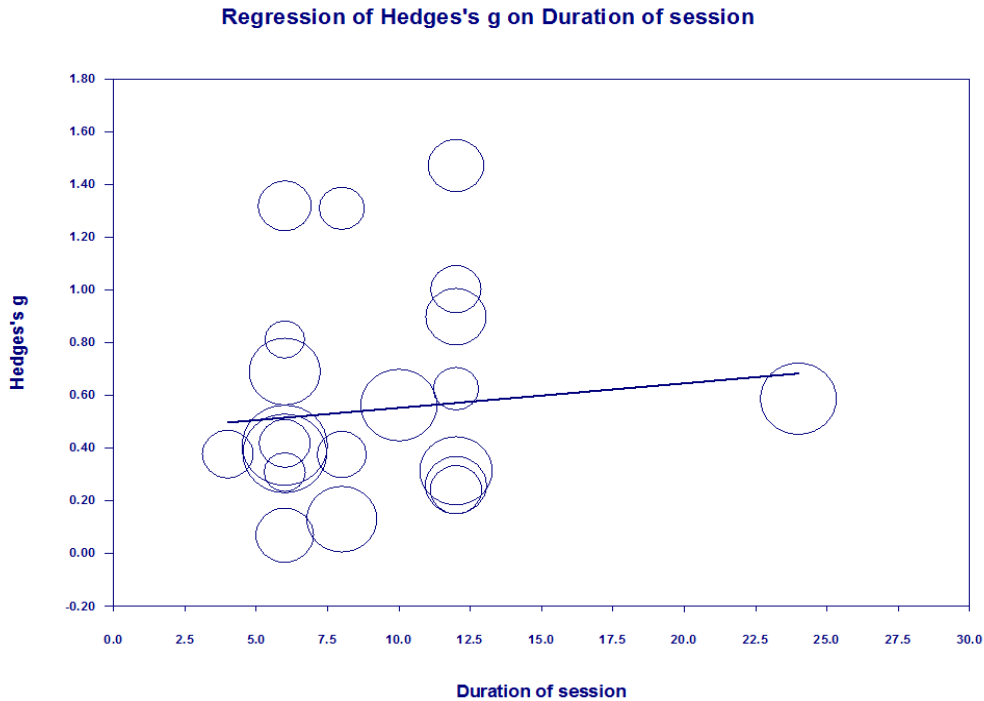


그림 8. 중재 기간에 대한 Hedges's g 회귀분석

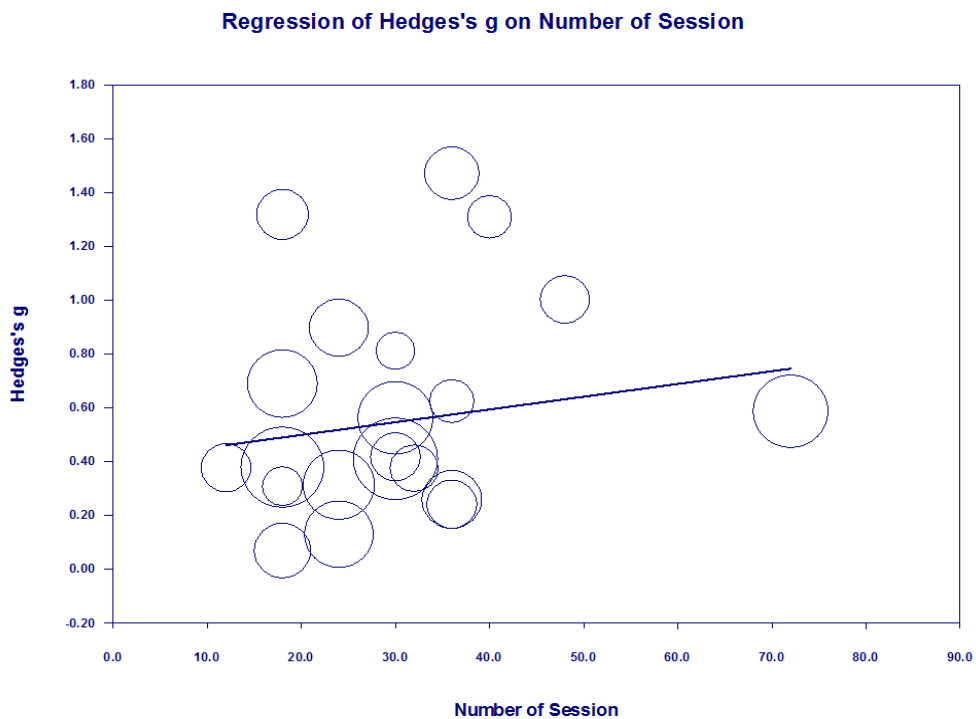


그림 9. 중재 회기 횟수에 대한 Hedges's g 회귀분석

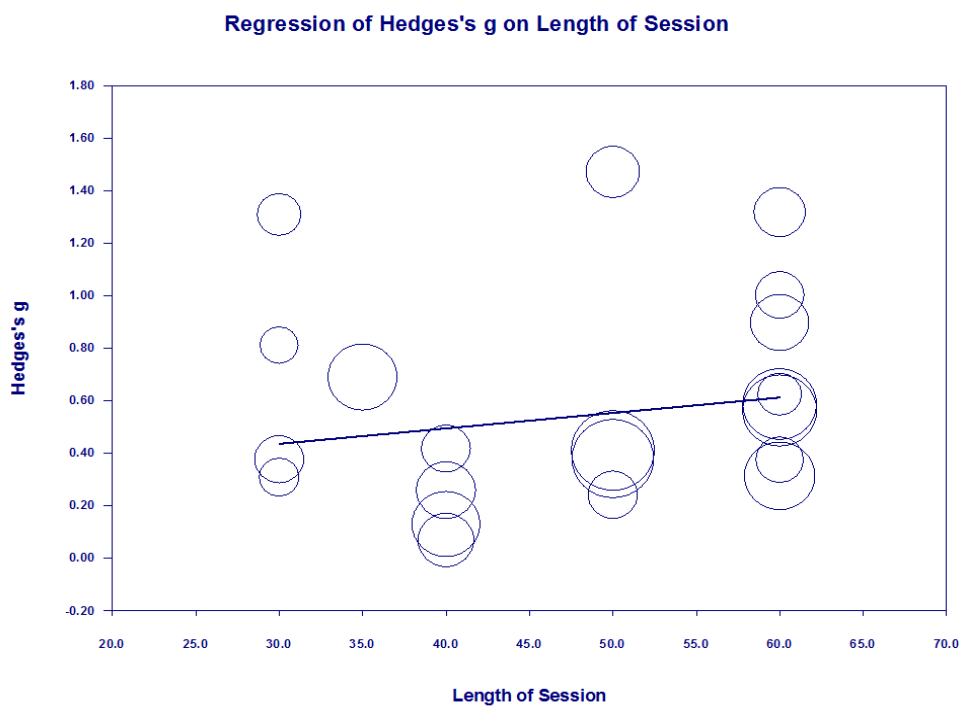
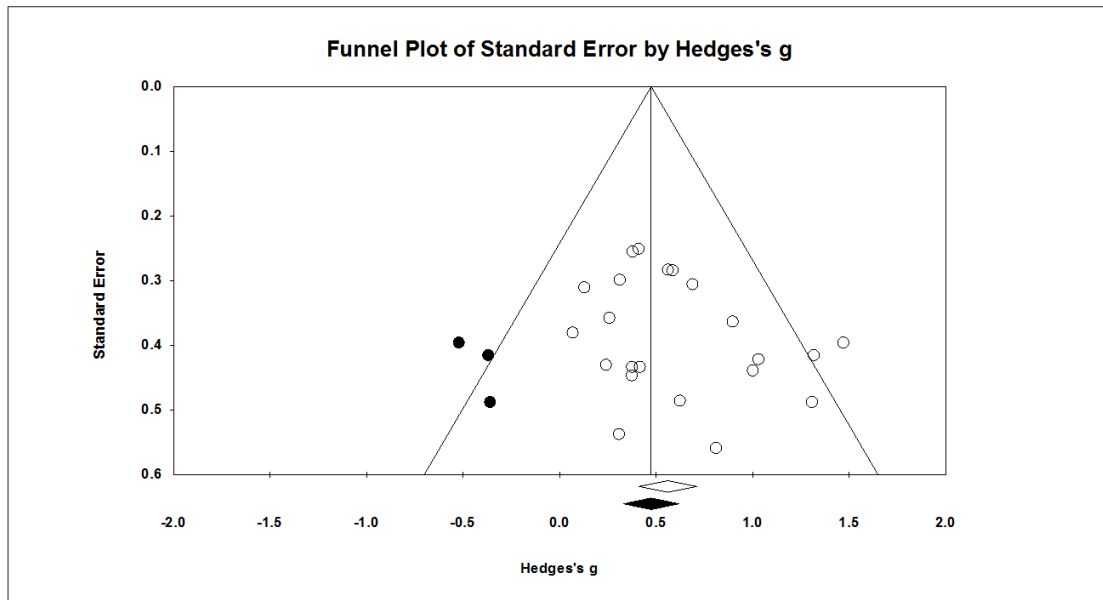


그림 10. 매회 중재 시간에 대한 Hedges's g 회귀분석

6. 출간오류 분석

연구 결과의 타당성을 검증하기 위한 출간오류 분석 (publication bias analysis)에서 일반적으로 권장되고 있는 funnel plot 분석을 통해 먼저 그 오류를 확인하고자 하였다(Borenstein 등, 2009). 그림 11에서 보는 것처럼 효과크기가 시각적으로 좌우 대칭이 아님을 쉽게 확인할 수 있다(한미화와 이경희, 2017). 이를 보다 객관적으로 검증하기 위해 출간오류에 대한 통계적 분석방법인 Egger 등이 제시한 효과크기와 표준오차의 관계에 대해 회귀분석(Egger's regression test)을 실시하였다(Egger 등, 1997). 그 결과, bias=1.459(t=1.609, df=20, p>.05)로 나타나 통계

적 분석의 결과, 출간오류가 있으나 유의하지 않은 것을 알 수 있다. 그리고 전통적 방식의 fail-safe N을 분석한 결과, 안전성 계수 Nfs=300으로 나타나 신뢰성을 보여주고 있음을 알 수 있다(신현희 등, 2016). 마지막으로 출간오류가 의심되는 경우 그 심각성을 검증하는 방법으로 흔히 제안되는 Duval과 Tweedie의 trim-and-fill 방법을 활용하여 다시 분석하였다(Duval & Tweedie, 2000). 이 방법은 먼저, 기존 funnel plot에서 대칭이 되지 않은 효과크기들을 제거한 후(trim), 남은 효과크기들로만 새로운 평균 효과크기를 산출하고, 이어서 새 평균효과크기를 중심으로 좌우 대칭이 되도록 누락되었다고 가정 하는 연구들로 채우는(fill) 방법이다(Borenstein 등, 2009). 이



A. Hedges's g의 정확도 깔대기

Duval and Tweedie's trim and fill

	Fixed Effects			Random Effects			Q Value
	Studies Trimmed	Point Estimate	Lower Limit Upper Limit	Point Estimate	Lower Limit Upper Limit		
Observed values		0.56168	0.41139 0.71197	0.56350	0.41051 0.71648	21.61452	
Adjusted values	3	0.47486	0.33133 0.61839	0.48107	0.30007 0.66208	36.28937	

B. Trim and fill method에 의한 보정효과크기

그림 11. 출판 오류 분석 결과

trim-and-fill 방법을 적용하게 되면 그림 11에서 보는 것처럼 그림의 왼쪽에 3개의 효과크기가 채워졌으며, 보정된(adjusted) 평균효과크기는 0.481로 산출되어 관찰된 평균효과크기 0.563보다 조금 감소된 것을 알 수 있다(한미화와 이경희, 2017). 하지만 보정된 평균효과크기의 95% 신뢰구간이 0.300에서 0.662로 나타나 여전히 통계적으로 유의함을 알 수 있다(박완주 등, 2015).

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 국내에서 발표된 수중운동치료의 효과를 계량적으로 종합 분석하여 프로그램의 특성과 효과의 객관적 유용성을 판단하여 근거 기반의 실천적 및 학문적 기초자료를 제공하고자 시도되었다(한미화와 이경희, 2017). 2006년 1월부터 2017년 5월까지 국내에서 수행된 수중치료 효과에 대한 연구 238편의 논문이 1차 검색되었으나, 배제기준들을 적용하고 선정기준에 최종적으로 적합한 논문은 학위논문 12편, 학술연구논문 10편의 총 22편이 본 연구의 메타분석 대상에 포함되었다(박완주 등, 2015). 연구논문의 특성에서 연구 대상자는 뇌경색 또는 뇌출혈을 유발한 만성뇌졸중 환자를 연구 대상으로 하였고 실험군과 대조군은 각 그룹의 최소 표본 수는 최소 6명에서 최대 31명까지로 전체표본수가 13명에서 많게는 62명까지 파악되었다. 뇌졸중 환자에게 수행된 수중운동치료의 구체적인 중재유형은 논문 2편에서만 할리워를 통한 단일 중재가 이루어졌으며, 나머지 20편에서는 수중과제, 수중운동, 장애물, 트레드밀, 할리워와 와츠, PNF를 응용한 아쿠아 프로그램, 워터보드, 키보드 등의 장비를 활용한 수중재활운동 프로그램으로 복합으로 구성되어 있었다.

수중운동치료는 물의 저항, 부력 등을 이용해 균형, 근력 향상 등에서도 탁월한 효과를 보인다고 하였고(남형천, 2006), 관절의 위치감각 등 고유수용성 향상을 통하여 균형과 보행에 탁월한 효과를 보인다고 하였다(박정서, 2009). 이러한 근거를 바탕으로 BBS, OLS, TUG, FRT, 균형 장비의 항목에서의 결과변수로 구분하고, 수중치료를 중재변수로 구분하여 중재효과를 비교분석하

였다.

뇌졸중 환자를 대상으로 연구한 논문들의 결과 값을 총 분석한 결과 평균효과의 크기는 $g=0.563$ 으로 중간 크기의 효과크기를 보이며 통계적으로 유의한 효과를 보였다. 이러한 결과는 수중운동치료가 뇌졸중 환자의 균형향상에 긍정적인 효과를 미친다는 것을 나타낸다. 평가항목을 하위범주로 나누어 분석한 결과 FRT의 효과크기가 0.665로 가장 크고, BBS(0.592), 균형 장비(0.577), TUG(0.458), OLS(0.437) 순으로 나타났다. 본 연구에서 수행된 총 22편의 국내 수중 운동 중재 논문의 전체 평균 효과크기($g=0.563$)는 Cohen(1988)의 기준에 의하면 중간정도 효과크기에 해당된다. 즉, 수중치료가 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향에 중간이상의 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 해석할 수 있다.

효과크기의 이질성 검증에서 RCT 집단과 NRCT 집단의 비교에서 NRCT 집단에서 효과 크기가 0.570으로 RCT 집단에서 0.563보다 더 크게 나타났지만 효과크기의 차이는 유의한 차이를 보이지 않았다.

본 연구는 중재 기간, 중재 시간, 중재 횟수에 대한 메타회귀분석을 시행하였고 통계적으로 유의하지 않았다. 그러나 중재 기간과 중재 시간이 길수록 효과가 크고, 중재 횟수가 많을수록 효과가 큰 것으로 나타났다. 그러나 한정적인 기간 내 출판된 연구논문 중 검색엔진을 사용하여 수집된 연구만을 대상으로 하여 미발표된 연구논문이 제외되어 발생할 수 있는 출간 오류의 가능성이 있다는 제한점이 있다(박완주 등, 2015; 한미화와 이경희, 2017). 하지만 funnel plot 분석을 통한 출간오류 분석에서 $bias=1.459(t=1.609, df=20, p>.05)$ 로 나타나 통계적 분석의 결과, 출간오류가 있으나 유의하지 않은 것을 알 수 있었다. 따라서 이 결과는 본 연구에서 포함된 연구에 출간오류가 없다고 말할 수는 없지만 전체 연구 결과를 반복할 정도의 심각한 오류는 아니라고 말할 수 있다(박완주 등, 2015; 김경진 등, 2016). 또한 국내 여러 학문 분야에서 실시된 수중치료가 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 효과를 정량적으로 분석하고, 임상적 근거를 제시하기 위해 처음 시도된 연구라는 점과 수중운동치료의 비교 연구에 바탕이 될 수 있는 자료를 마련하였다는 점에서 학문적 의의가 있다고 생각한다.

메타분석은 개별적 연구 결과를 계량적으로 통합하여

체계적으로 분석함으로써 일반화할 수 있는 종합 결과를 찾고, 불필요한 반복연구를 지양하고 임상적 의사결정을 하는데 합리적이고 타당한 근거를 제공할 수 있다(박완주 등, 2015). 따라서 본 연구는 향후 만성 뇌졸중 환자의 수중 운동을 위한 연구디자인 시 표준 기준을 제시하고, 다른 연구자들이 범할 수 있는 오류를 피할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것이다. 또한, 반복되는 연구 방법의 실수나 의미 없는 반복 연구를 줄일 수 있으며, 선행 연구자들이 겪은 문제를 해결할 수 있는 방안이나 연구 방향을 제시해 줄 수 있을 것이다(박완주 등, 2015). 아직까지 국내에서는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 수중운동치료의 효과를 분석한 무작위배정 실험연구 수가 비교적 적어 효과크기의 동질성 검정과 효과크기에 대한 확증적인 분석 결과를 얻기에는 제한이 있다(김아린과 양인숙, 2017). 따라서 만성 뇌졸중 환자를 위한 수중운동치료 프로그램을 지속적으로 개발하여야 하며, 수중운동치료의 중요성을 확립시켜야 한다.

향후 연구에서는 수중운동치료를 통한 뇌졸중 환자에게 미치는 영향 이외에 다른 환자를 대상으로 한 수중운동치료의 효과를 검토할 필요가 있다. 또한 종속변수를 보행, 심폐근력, 관절가동범위 등 수중운동치료를 통해 관찰되어지는 다양한 하위변수에 대한 효과에 대한 검증도 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 2006년에서 2017년까지 국내에서 발표된 뇌졸중 환자를 대상으로 한 수중운동치료논문 22편을 대상으로 메타분석을 실시하였다. 본 연구의 결과, 평균 효과의 크기는 $g=0.563$ 으로 중간크기의 효과크기를 보이며 통계적으로 유의한 효과를 보였다. 평가항목을 하위범주로 나누어 분석한 결과 FRT의 효과크기가 0.665로 가장 크고, BBS(0.592), 균형 장비(0.577), TUG(0.458), OLS(0.437) 크기 순서대로 나타났다. 본 연구 결과는 여러 임상 현장에서 만성 뇌졸중 환자의 표준화된 수중운동치료의 학문적 근거자료를 제시하고, 나아가 보건교육의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 본 연구를

국내뿐만이 아닌 해외 논문들과의 비교자료로써 활용되기를 기대한다.

참고문헌

김경진, 홍해숙, 박완주 등(2016). 국내 중년기 비만 여성의 생리적 지표에 대한 복부비만관리프로그램의 효과: 메타분석. 대한비만학회지, 25(3), 138-149.

김아린, 양인숙(2017). 운동중재가 심혈관질환자의 혈관 내피전구세포에 미치는 영향: 체계적 문헌고찰. 한국산학기술학회논문지, 18(4), 366-379.

김은영, 황성동, 김은주(2016). 치매 환자의 문제행동을 위한 자극지향적 중재의 효과 연구: 체계적 고찰과 메타분석. 대한간호학회지, 46(4), 475-489.

김종임, 강현숙, 최희정 등(1997). 수중 운동 프로그램이 퇴행성 관절염 환자의 통증, 신체지수, 자기효능 및 삶의 질에 미치는 영향. 류마티스 건강학회지, 4(1), 15-25.

김태열, 김계엽, Lambeck J(2000). 류마티스 관절염의 수중치료. 대한물리치료학회지, 12(3), 407-414.

김태열, 윤희중, Lambeck J(1998). 할리워 치료. 대한물리치료사학회지, 5(3), 9-15.

박기덕, 강승호(2007). 수중재활운동 프로그램적용이 40대 Cerebro Vascular Accident (CVA)환자의 유연성과 보행시간에 미치는 영향. 한국사회체육학회지, 29, 375-385.

박완주, 박신정, 황성동(2015). 한국 학령기 ADHD 아동을 위한 인지행동중재의 효과 연구. 한국간호과학회지, 45(1), 169-182.

박진희, 배선형(2012). 유방암 환자에서 화학요법이 인지 기능에 미치는 영향에 대한 메타분석. 대한간호학회지, 42(5), 644-658.

신현희, 신영희, 김가은(2016). 산전우울 임부를 위한 인지행동치료 프로그램의 효과: 체계적 문헌고찰 및 메타분석. 한국산학기술학회논문지, 17(11), 271-284.

한미화, 이경희(2017). 간호대학생을 위한 의사소통 능력 증진 프로그램의 효과: 체계적 문헌고찰 및 메타분

- 석. 한국간호교육학회지, 23(1), 15-26.
- Bae DJ(2015). Effect of aquatic therapy for pulmonary function and balance ability in the persons with stroke. Yongin University, Master's Thesis.
- Bandy WD, Sanders B(2001). Therapeutic exercise: techniques for intervention. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, pp.295-331.
- Becker BE(2009). Aquatic therapy: scientific foundation and clinical rehabilitation applications. Phys Med Rehabil, 1(9), 859-872.
- Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, et al(2009). Introduction to meta-analysis. West Sussex, UK, John Wiley & Sons, Ltd.
- Brody LT, Hall CM(1999). Therapeutic exercise: Moving toward function. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, pp.286-301.
- Cho WJ, Cho HC(2013). Effects of 8-week aqua therapy and treadmill walking exercise on daily physical fitness and inflammatory markers in stroke hemiplegia patients. Journal of Sport and Leisure Studies, 52(2), 851-860.
- Cho WJ, Jung HY(2013). Effects of the aquatic rehabilitation exercise program on physical fitness and blood lipid in stroke hemiplegic. Korean J Sports Sci, 22(1), 973-983.
- Chon SC, Oh DW, Shim JH(2009). Watsu approach for improving spasticity and ambulatory function in hemiparetic patients with stroke. Physiother Res Int, 14(2), 128-136.
- Chu KS, Eng JJ, Dawson AS, et al(2004). Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with chronic stroke: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil, 85(6), 870-874.
- Chung EJ, Lee JY, Jung JH(2014). The effect of sensory training in aqua and land on the balance of chronic stroke patients. Journal of the Korean Data Analysis Society, 16(2), 961-972.
- Cohen J(1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Duval S, Tweedie R(2000). A nonparametric "trim and fill" method of accounting for publication bias in meta-analysis. J Am Stat Assoc, 95(449), 89-98.
- Egger M, Smith GD, Schneider M, et al(1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. BMJ, 315(7109), 629-634.
- Faull K(2005). A pilot study of the comparative effectiveness of two water-based treatments for fibromyalgia syndrome: Watsu and Aix massage. Journal of Bodywork and Movement Therapies, 9(3), 202-210.
- Getz M, Hutzler Y, Vermeer A, et al(2012). The effect of aquatic and land-based training on the metabolic cost of walking and motor performance in children with cerebral palsy: A pilot study. International Scholarly Research Network Rehabilitation. doi:10.5402/2012/657979.
- Han SK(2012). Comparison of effects of proprioceptive exercise program in aqua and land on the balance of chronic stroke patients. Eulji University, Master's Thesis.
- Higgins JPT, Green S(2011). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1.0 [Internet]. London, The Cochrane Collaboration.
- Horak FB(1997). Clinical assessment of balance disorders. Gait Posture, 6(1), 76-84.
- Jung JH(2016). The effects of upper-lower functional training in underwater on balance and pulmonary function of chronic stroke. Daegu University, Doctoral Thesis.
- Jung JH(2012). The effect of obstacle training in water for chronic stroke patients for balance. Daegu University, Master's Thesis.
- Kim HJ(2015). Effects of progressive underwater gait training for balance, gait and endurance in patient with stroke. Sahmyook University, Master's Thesis.
- Kim SH, Lee DK, Kim EK(2014). Effect of aquatic exercise on balance and depression of stroke patients, J Korean Soc Phys Ther, 26(2), 104-109.

- Klein DA, Stone WJ, Phillips WT, et al(2002). PNF training and physical function in assisted-living older adults. *J Aging Phys Act*, 10(4), 476-488.
- Kwon HM(2010). The effect of balance control and vestibular function by an aquatic rotation control and the obstacle avoidance underwater with hemiplegia patients. Dongshin University, Master's Thesis.
- Lee DJ(2009). A study on effect of task-related training in water and on land for chronic stroke patient for a balance, functional performance and the quality of the life. Sahmyook University, Doctoral Thesis.
- Lee DJ, Ko TS, Cho YM(2010) Effects on static and dynamic balance of task-oriented training for patients in water or on land. *J Phys Ther Sci*, 22(3), 331-336.
- Lee JD, Lee HK(2008). Effect of aquatic rehabilitation exercise on stroke patients' body composition, physical fitness and cardiorespiratory function profiles, *Korean J Sports Sci*, 17(3), 647-655.
- Lee ME, Jo GY, Do HK, et al(2017). Efficacy of aquatic treadmill training on gait symmetry and balance in subacute stroke patients. *Ann Rehabil Med*, 41(3), 376-386.
- Lee TH, Kim SY, Kim JP, et al(2012). The effect of therapeutic intervention by aquatic physical therapy on stroke patient. *Korean Acad Clin Electrophysiol*, 10(2), 15-21.
- Lee YH, Kang SJ(2009). Effects of aquatic rehabilitation exercise with land rehabilitation exercise on physical fitness for activities of daily living and range of motion of low limbs in chronic hemiplegia. *Journal of Adapted Physical Activity*, 17(2), 121-141.
- Lee YH, Kang SJ(2010). Effects of 12-week aquatic gait and land exercises on gait capacity in hemiplegia disable. *Korean J Phys Educ*, 49(1), 457-464.
- Lee YH, Kim JH(2008). The effects of aquatic rehabilitation exercise on relation factors of gait in hemiplegic male disabled after CVA. *Korean Society Adapted Physical Activity and Exercise*, 16(4), 39-54.
- Long KA, Lee EJ, Swank SA(1996). Effects of deep water exercise on aerobic capacity in older women. *Med Sci Sports Exerc*, 28(5), 210-216.
- Nam HC(2006). Effect of aquatic therapy for functional restoration in the persons with chronic stroke. Daegu University. Doctoral Thesis.
- Park BS, Noh JW, Kim MY, et al(2015). The effects of aquatic trunk exercise on gait and muscle activity in stroke patients: a randomized controlled pilot study. *J Phys Ther Sci*, 27(11), 3549-3553.
- Park JS(2009). Comparison of the effects of exercise in water and land on the rehabilitation of chronic stroke patients. Eulji University, Master's Thesis.
- Park JS(2012). The effects of proprioceptive stimulation exercise in aqua on sense, motor ability and stress of hemiplegia patients. Daegu University, Doctoral Thesis.
- Peurala SH, Konoen P, Pitkanen K, et al(2007). Postural instability in patients with chronic stroke. *Restor Neurol Neurosci*, 25(2), 101-108.
- Rosenthal R, Rubin DB(1982). A simple, general purpose display of magnitude of experimental effect. *J Educ Psychol*, 74(2), 166-169.
- Ruoti RG, Moris DM, Cole AJ(1997). Aquatic rehabilitation. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins.
- Son NH(2013). The impact of aquatic and ground exercise on balance and walking abilities in stroke patients. Yongin University. Master's Thesis.
- Song JM, Kim SM(2009). The effect of aquatic exercise on the improvement of physical and pulmonary function after stroke. *J Korean Soc Phys Ther*, 21(2), 15-22.
- Yang HJ(2016). Effects of the underwater treadmill gait training on gait, balance and pulmonary function in stroke patients. Daejeon University, Master's Thesis.