

## 뇌성마비 아동의 수중 중재가 관절가동범위와 대동작기능 및 균형에 미치는 효과 : 메타분석

최기복<sup>1</sup> · 조성현<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>남부대학교 일반대학원 통합의학과 학생, <sup>2\*</sup>남부대학교 물리치료학과 교수

### Effects of Aquatic Intervention on Range of Motion, Gross Motor Function and Balance in the Children with Cerebral Palsy : Meta-Analysis

Choi Kibok, PT<sup>1</sup> · Cho Sunghyoun, PT, Ph.D<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Medical Sciences, Graduate School of Nambu University, Student

<sup>2\*</sup>Dept. of Physical Therapy, Nambu University, Professor

#### Abstract

**Purpose:** This meta-analysis aimed to analyze to the effects of aquatic exercise programs in children with cerebral palsy and identify directions for future research.

**Methods:** A systematic search based on the PRISMA guidelines was undertaken for studies conducted between 2006 and 2018 on aquatic exercise programs in children with cerebral palsy. A total of 10 studies were selected according to the inclusion criteria. The methodological quality was assessed using the Risk of Bias Tool for Randomized Controlled Trials (RoB) and Risk-of-Bias Assessment Tool for Non-randomized Studies (RoBANS). A meta-analysis software (CMA 3.0) was used to calculate the mean effect size, effect size by intervention (Halliwick and Watsu Aquatic methods), and effect size by outcome.

**Results:** The mean effect size was 0.457. The effect size by intervention was largest for the Halliwick method, followed by the Watsu method. The effect size by outcome was largest for range of motion, followed by the gross motor function measure, the Pediatric Berg Balance Scale, and the Modified Ashworth Scale. Meta-regression analysis showed effect size increased when sample size, number of sessions, and length of sessions increased.

**Conclusion:** The results show that aquatic exercise programs have a positive effect on children with cerebral palsy. Therefore, it is necessary to develop a guideline that recommends the appropriate intervention and the identifies the direction of future studies on aquatic exercise programs.

---

**Key Words** : aquatic exercise, cerebral palsy, halliwick, meta-analysis, watsu

\*교신저자 : 조성현, shcho@nambu.ac.kr

논문접수일 : 2019년 6월 19일 | 수정일 : 2019년 7월 11일 | 게재승인일 : 2019년 8월 2일

※ 이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2017R1C1B5076499).

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 필요성

뇌성마비란 뇌손상에 의해서 출생 전, 출생 시 또는 출생 후에 발생하는 영구적이고 비진행적인 마비성 신경운동장애를 말한다(Lee, 2015). 뇌의 기능이 소실됨으로써 신체의 움직임과 자세에 비정상적인 근긴장도가 발생하여 근력 약화, 운동조절기능 및 균형감각 감소가 발생하고 인지, 행동장애, 의사소통 결여, 시각 및 청각 등에 동반된 기능이상을 보이는 장애이다(Oliveira 등, 2014). 또한 뇌성마비는 미성숙한 뇌의 결합과 관련된 자세와 움직임의 장애가 나타나는 비진행성 질환이다(Lim, 2006).

뇌성마비 아동들은 시간이 경과함에 따라 자기 자신만의 독특한 자세나 움직임들을 갖는데, 외재적으로는 자신이 처해있는 환경에 반응하여 변화하고, 내재적으로는 자기 자신이 갖고 있는 신경학 발달의 정도와 자신들이 경험했던 어떤 환경에 응하는 정도에 따라 다양한 차이를 보인다(Song, 2003). 특히 뇌성마비 아동에게 중추신경의 발달이 지연되면 기능적인 동작의 제약과 근력 약화와 근육의 불균형의 움직임으로 인해 결국 과도한 골반경사를 만들며, 체간의 불안정성을 가중시킨다(Park & Shin, 2011).

지금까지 뇌성마비 아동을 위한 여러 가지 치료프로그램 등이 개발되어 임상에서 활용되고 있다. 지상에서 실시하는 신경발달 치료로는 고유수용성 신경근 촉진법(Galea, 2012), 정위반응과 평형반응을 촉진하는 보바스 치료법(Knox와 Evans, 2002; Novak 등, 2013), 반사운동을 이용하여 경직을 감소시키는 보이타 치료법(Jóźwiak과 Podogrodzki, 2010)이 있다. 그러나 뇌성마비 아동들이 성장함에 따라 물리치료만으로는 점차 진행되는 근골격계의 복합적인 문제를 해소하기에는 어려움이 있다(Kim, 2007). 이에 따라 신체의 기능적 운동조절과 운동학습을 위한 운동 중재 방법으로써 수중운동 방법에 대한 관심이 확대되고 있는 실정이다(Kang & Bae, 2012).

수중운동치료는 지상에서 수행하는 운동 중재 방법과 비교했을 때, 물이 가지는 특성으로 인하여 더 안전하고

효율적인 수준의 중재를 하게 해준다(Kelly & Darrah, 2005). 운동 시에 낙상의 두려움과 급성 손상의 가능성을 줄여 낮은 위험성의 운동 환경을 만들어주므로 수중 환경에서의 운동이 가장 안전하다(Jung, 2015; Park, 2009). 또한 수중에서는 부력으로 인하여 중력의 영향을 감소시키게 되므로 인하여 관절에 가해지는 부하가 줄어들어 관절 손상의 위험성을 줄여준다(Kelly & Darrah, 2005). 신체의 불균형, 행동 조절의 문제 등으로 지상에서는 체계적인 공간 안에서의 규칙적인 운동을 수행하기 어려운 장애 아동들이 물의 특성인 부력과 물의 저항 등을 이용해 신체 조절을 스스로 체험하고 경험할 수 있게 해준다(Han, 2010). 즉 수중에서의 움직임은 신체가 어떻게 움직여지는가를 느끼게 하며 자신의 움직임을 통하여 신체균형, 신체도식, 협응 및 운동감각 등을 촉진한다(Kim, 2010).

그 외 부력기구를 이용하여 대상의 신체를 완전히 물에 띄워 하지에 대한 체중 부하를 최소화 한 상태에서 Watsu를 기반으로 한 수중운동치료를 적용하여 경직형 뇌성마비아동의 운동기능과 균형능력을 향상시켰다(Kim, 2015). 또한 32 °C의 수온에서 Lambeck와 Stanat이 제시한 수중회전조절 프로그램으로 Halliwick 10 point program을 바탕으로 구성된 운동 프로그램을 적용하여 경직형 뇌성마비 아동의 운동기능과 균형에 긍정적인 영향을 미쳤다고 보고하였다(Kang & Bae, 2012).

수중운동에 대한 선행 연구를 살펴보면, 3세의 영아에게 제공된 수중운동치료는 동작기능과 운동발달에 긍정적인 영향을 주었다고 보고하였다(Salem & Gropack, 2010). 또한 6주간의 수중운동을 경직형 뇌성마비아동에게 적용 후 균형능력을 K-PBS로 평가한 결과, 실험군에서 평균 3.30점 증가하여 수중운동 프로그램 적용 후에 균형능력이 유의하게 향상됨을 보였다(p<.01)(Kim, 2015). Thorpe 등(2005)은 10주 간의 수중 저항 운동이 뇌성마비 아동의 균형능력을 향상시켰다고 하였다. 또한 5세 양하지 마비 아동에게 실시한 수중운동이 근력과 균형능력, 보행 패턴과 활동 시 에너지 소비 효율에 긍정적인 영향을 주었다(Retarekar 등, 2009). 그리고 수중재활프로그램을 통하여 직접적, 간접적으로 뇌성마비 아동의 운동 능력에 대한 영향을 분석한 선행 연구에서 Halliwick 기법을 이용한 수중운동프로그램이 8명 아동

의 ADL 기능을 93 % 정도 향상시키는 것으로 나타났다(Cunha 등, 1996).

이러한 이유로 근력 강화와 경직의 감소에 효과적이고, 심리적인 안정뿐만 아니라 새로운 경험에 따른 흥미를 유발시켜 오랜 시간 운동에 적극적으로 참여할 수 있는 것이 수중치료가 생각된다(Lee, 2006). 지금까지의 연구물을 토대로 뇌성마비치료법 중 수중운동이 많은 이점을 가지고 있으나, 메타분석을 통한 효과검증은 제대로 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구는 메타분석을 통해 뇌성마비 아동의 수중운동중재프로그램의 효과에 대한 논문들을 체계적으로 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 2006년 이후부터 2018년까지 수중운동 중재기법을 적용한 국내 연구 중 뇌성마비 아동들을 대상으로 한 결과들을 토대로 메타분석을 수행하고자 한다. 구체적으로 수중운동 중재 프로그램의 전체 효과크기와 여러 개의 하위결과에 대한 효과크기를 분석하고 비교하여, 수중운동 종류, 운동 기간, 운동 횟수, 전체 운동 기간 등의 여러 가지의 자세한 특성들을 파악하고자 한다. 또한 수중운동 프로그램 개발을 위한 학문적 기초 자료 등을 제시하고, 추후에 수중운동 중재 연구에 대한 지침을 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 문헌 검색 및 자료 추출

자료 선정 과정은 4단계를 거쳤으며, 그 중 1차 단계에서는 2006년 12월부터 2018년 12월까지 국내에서 수중운동프로그램을 적용한 학술지 논문과 석·박사학위 논문을 검색하였다. 본 연구에서 사용된 검색어는 수중운동치료가 표현되는 용어와 유의어 및 관련용어를 확인하였다. 그리고 각 데이터베이스의 검색 민감도를 위해 ‘수중재활’, ‘수중물리치료’, ‘수중운동’ 등의 주요 핵심 용어를 서로 다양하게 조합하여 관련문헌을 검색하였다. 해당 문헌을 검색하기 위해 일차적으로 국내학술논문전자 검색사이트인 학술연구정보서비스, DBpia, Kiss, NDSL, 교보쇼콜라, 뉴논문, 국립중앙도서관, 학술

교육원의 학술연구정보를 활용하여 물리치료학, 재활치료학, 스포츠 재활학, 특수체육교육학 분야의 논문을 검색하였다.

### 2. 문헌 선택

본 연구의 대상자(P)는 국내 만 5세 이상 15세 미만 학령기 뇌성마비 아동을 연구 대상으로 하였으며, 연구 대상자 수가 5명 이상인 논문으로 한정하였다. 중재개입 방법은(I)은 수중운동프로그램으로서 학령기 뇌성마비 아동의 주 증상에 대한 모든 유형의 수중운동치료 중재기법을 적용한 논문을 선정 대상으로 하였다. 또한, 비교집단(C)으로는 수중운동 중재를 받지 않는 비중재, 일반 물리치료집단을 대조군으로 설정하였다. 그리고 종속변수인 중재결과(O)는 뇌성마비의 일차적 증상인 근육 긴장, 경직성 마비, 불수의적 운동, 경련, 인지 기능 장애와 일차적 증상으로 기인한 중요한 문제들에 대해 수중운동 중재기법이 어떠한 영향을 미쳤는지 모두 알아보기 위해 특정한 중재결과만을 선정하지 않고 다양한 항목들을 분석하였다. 연구 설계로는 무작위 배정이 이루어진 실험조사 설계와 무작위배정이 이루어지지 않는 실험조사 설계로 한정하였다. 비교집단이 있는 유사 실험조사 설계로 한정하였다.

본 연구에서는 간략한 수중운동프로그램과 일반적인 수중운동프로그램을 모두 감안하여 운동 횟수가 6회 이상인 수중운동프로그램을 선정 기준으로 정하였다. 또한 대상자 선정기준을 정할 때 수중운동프로그램을 실험치료 최소 8회 이상 실시하여 중재 전후의 사전·사후 측정이 이루어졌으며, 중재 효과를 구체적인 통계적 수치로 제시한 논문들로 선정하였다. 즉, 질적 연구, 종설 등 연구 설계가 본 연구기준에 부합되지 않는 연구는 배제하였고, 평균, 표준편차, 95 % 신뢰구간, 표본 수, t값 등 효과크기의 변환이 가능한 통계치 등을 밝히고 있는 논문을 분석대상으로 선정하였다.

### 3. 자료 추출

국내학술지논문은 675편, 학위논문은 546편으로 총 1221편이 도출되었다. 2차 단계에서는 1,221편의 문헌을 제목, 연도, 저자를 중심으로 일일이 대조하였다. 2명의

연구자가 컴퓨터의 검색기능을 활용하여 데이터베이스에서의 중복과 학위논문과 학술지논문의 중복논문을 제외하고 최종적으로 986편을 선별하였다. 문헌 선정 3차 단계에서는 연구 대상을 뇌성마비 아동으로 제한하여, 뇌성마비를 가진 청소년, 편마비 등은 제외시켰다. 따라서 총 986편의 논문 중 뇌성마비를 대상으로 하지 않은 961편을 제외하여 25편을 추출하였다. 4차 단계에서는 2명의 연구자가 수중운동프로그램의 선정기준을 보다 엄밀히 검토하였다.

논문의 주제가 연구목적에 부합하지 않거나, 논문의 결과 값이 중복되거나 또는 메타분석에 사용할 형식에 맞지 않거나, 대상자가 5명이 되지 않는 논문이 제외되었다. 따라서 최종적으로 분석 대상논문은 선정기준에 부합하는 10편의 논문을 선정하였다. 이 과정에서 연구자 간 의견불일치가 있는 경우는 상후 논의 하에 결정하였으며, 합의되지 않는 경우는 제3자 개입의 원칙을 정하였으나 연구자 간 특별한 이견 없이 진행되었다(Fig 1).

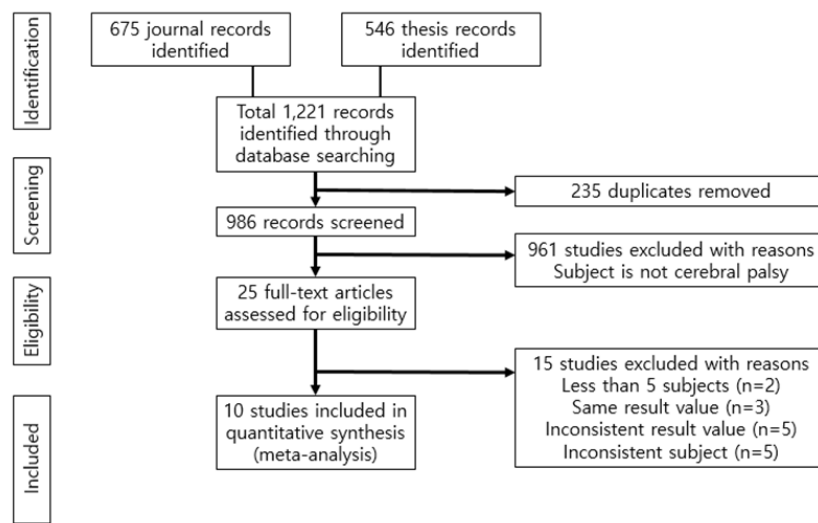


Fig 1. Flowchart of the study selection process

#### 4. 자료 합성

본 연구에 연구 대상으로 선정된 총 10편의 연구가 갖는 특성, 즉 참여자의 특성 및 개입방법에 대한 특성들에 대한 정보를 추출하여 코딩의 준거분석틀에 따라 자료를 코딩하였다. 모든 연구 결과에 대해 효과크기는 다수의 연구가 표본크기가 그다지 크지 않다는 점을 인식하여 교정된 표준화된 평균효과크기(corrected standardized mean difference), 즉 Hedges's g를 산출하였으며, 95 % 신뢰수준(Confidence Intervals; CI)을 계산하였고, 각 효과크기의 가중치(weight)는 분산의 역수(inverse of variance)를 이용하였다(Park 등, 2015). 그리고 효과크기의 분석을 위해서 메타분석 전용 프로그램인 Comprehensive meta-Analysis(CMA 3.0)를 활용하였으며, 평균효과크기

는 각 연구의 연구 방법, 표본, 개입방법 등이 서로 다양하다는 점을 인정하여 무선효과모형을 적용하여 산출하였다.

효과크기의 통계적 이질성을 평가하기 위해서는 forest plot을 통해 시각적으로 살펴보았다.  $I^2$ 값은 총 효과크기의 분산에 대한 실제 분산의 비율을 의미하며, 25 %이면 작은 이질성으로, 50 %이면 중간크기의 이질성으로, 75 % 이상이면 이질성이 매우 큰 것으로 해석한다(Higgins & Green, 2011). 각 연구가 보여주는 효과크기의 이질성에 대한 추가적인 설명을 위해 연구 수준의 특성, 즉 조절변수의 속성에 따라 메타회귀분석을 활용하여 조절효과분석을 실시하였다. 그리고 최종적으로 전체 연구 결과의 타당성을 위해 출판 오류 분석을 실시하여 연구 결과의 타당성을 검증하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 선정된 연구의 특성

메타분석 연구에 선정된 총 10편의 연구논문에 대한 특성을 분석하여 정리하였다. 대상자의 연령대는 5~15세의 뇌성마비 아동이다. 전체 대상자 수는 최소 5명에서 최대 30명으로 10명이하인 경우 2편, 11명에서 20명이하인 경우 6편, 21명에서 30명인 경우 2편으로 총 175명이었다. 구체적인 수중운동 유형 중 한 가지 중재방법을 적용한 논문은 8개, 두 가지 이상의 중재를 함께 실시한 논문은 2개로 나타났으며, 대상자에게 적용된 수중운동 유형은 총 10가지이었다. 구체적으로 보면 할리윅 기법(Halliwick) 3편, 왓츠 기법(Wastu) 3편, 연구자들 각각의 임의의 기법을 사용한 논문 4편으로 나타났다. 프로그램 적용시간은 30~40분이 6편으로 가장 많았으며, 그 다음으로 50~60분이 3편, 45분이 1편씩으로 나타났다. 중재 횟수는 8~12회인 경우 4편, 18~36회인 경우 4편, 96~144회인 경우 2편이었다. 평가항목은 크게 GMFM, PBS, MAS, ROM, 체간조절 5개로 나뉘었으며, 그 이외에 두

편 이상의 논문에서 나오지 않은 평가 항목 16개로 나타났다. GMFM, PBS, MAS, ROM같은 경우 동일한 도구로 측정하였고, 체간조절능력 같은 경우 2가지, 그 이외에 16개의 평가 항목 같은 경우 총 10가지 도구로 측정하였다. 종속변수는 중재별로 Halliwick, Watsu 2개와 평가별로 GMFM, PBS, MAS, ROM, 체간조절 5개로 나뉘었으며, 그 이외 두 편이상의 논문에서 나오지 않은 종속변수는 중재별 4개, 평가별 16개로 따로 분류해 결과 값을 도출해내지는 않았다.

#### 2. 분석대상 논문의 질 평가

연구방법의 질 평가 도구로서는 RCT 연구는 Cochrane group이 개발한 Risk of Bias (RoB) 도구, NRCT 연구는 Risk of Bias Assessment tool for Non-randomized Study (RoBANS) 도구를 사용하였다. RoB와 RoBANS 도구 각 항목에 대하여 비뚤림 위험이 ‘높음(high)’, ‘낮음(low)’, ‘불확실(uncertain)’의 세 가지로, 낮음은 해당항목에 대해 비뚤림의 가능성이 낮음, 높음은 비뚤림 가능성을 높음, 불확실(uncertain risk of bias)은 비뚤림에 대한 위험을 판단하기 어려운 경우로 해석된다(Table 1, 2).

Table 1. Methodological evaluation of RCT study using RoB tool

Study	Random sequence generation	Allocation concealment	Blinding of participants	Blinding of outcome assessment	Incomplete outcome	Selective reporting
Kang & Bae, 2012	Unclear	Unclear	High	High	High	Low
Hong, 2015	Low	Low	High	High	Low	Low

Table 2. Methodological evaluation of NRCT study using RoBANS tool

Study	Selection of participants	Confounding variables	Measurement of intervention	Blinding of outcome assessment	Incomplete outcome data	Selective reporting
Kim, 2007	Low	Low	Low	High	Low	Low
Chung, 2007	Low	Low	Low	High	Low	High
Choi, 2009	Low	Low	Low	High	Low	Low
Kim & Yun, 2012	Low	Low	Low	High	Low	High
Lee et al., 2014	Low	Low	Low	High	Low	Low
Kim & Lee, 2015_a	Low	Low	High	High	Low	Low
Kim, 2015_b	Low	Low	Low	High	Low	Low
Kim, 2017	Low	Low	Low	High	Low	Low

3. 수중운동프로그램의 효과크기

1) 수중운동프로그램의 전체 효과크기

최종 선정된 10편의 논문을 이용하여 수중운동프로그램의 전체 평균효과크기는 Hedges's  $g=0.457(95\% \text{ CI} : 0.25\sim0.66)$ 로 중간크기를 보이며, 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 이질성은  $I^2=0\%$ ( $Q=4.30$ )로 이질성이 없는 것으로 나타났다(Fig 2).

2) 할리워과 왓츠 수중운동프로그램의 효과크기

측정한 할리워 수중운동프로그램의 효과크기는 Hedges's  $g=0.538(95\% \text{ CI} : 0.17\sim0.91)$ 로 중간크기를 보이며, 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 이질성은  $I^2=0\%$ ( $Q=0.59$ )로 나타나 이질성이 없는 것으로 나타났다(Fig 3).

측정한 왓츠 수중운동프로그램의 효과크기는 Hedges's  $g=0.505(95\% \text{ CI} : 0.01\sim1.00)$ 로 중간크기를 보이며, 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 이질성은  $I^2=27.87\%$ ( $Q=2.77$ )로 작은 크기의 이질성이 있는 것으로 나타났다(Fig 4).

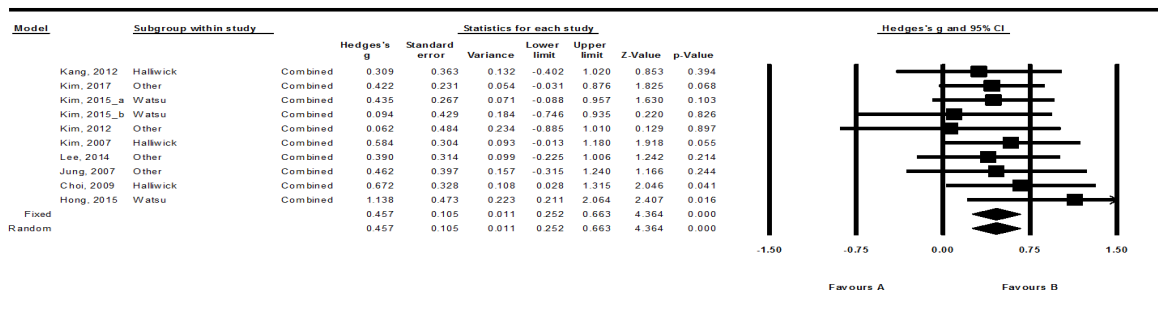


Fig 2. Forest plots for overall effect size after aquatic exercise

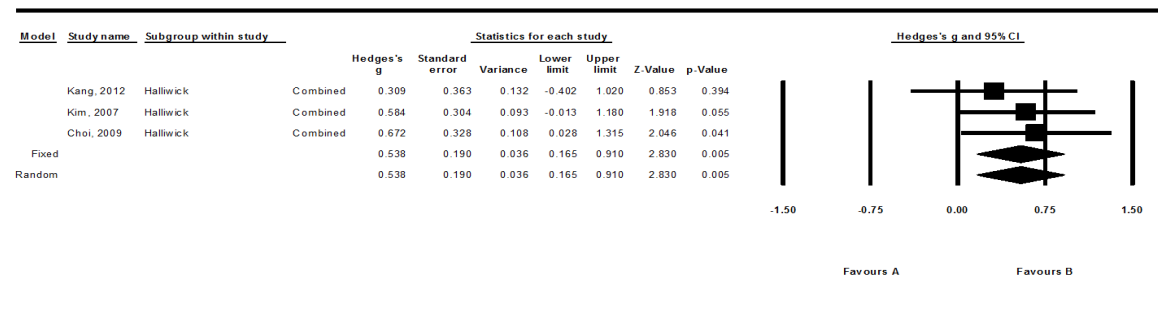


Fig 3. Forest plots for overall effect size after halliwick aquatic exercise

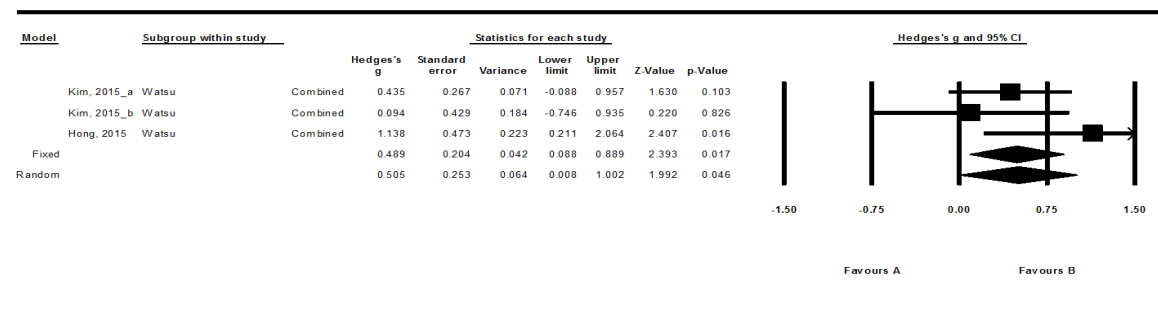


Fig 4. Forest plots for overall effect size after watsu aquatic exercise

#### 4. 종속변인에 대한 효과크기 비교

측정한 수중운동프로그램이 뇌성마비 환자에게 미치는 GMFM의 효과크기는 Hedges's  $g = 0.294$ (95 % CI : -0.00~0.59)로 작은 크기를 보이며, 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > .05$ ). 이질성은  $I^2 = 0$  % ( $Q = 2.04$ )로 나타나 이질성이 없는 것으로 나타났다.

측정한 수중운동프로그램이 뇌성마비 환자에게 미치는 PBS의 효과크기는 Hedges's  $g = 0.191$ (95 % CI : -0.18~0.56)로 작은 크기를 보이며, 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > .05$ ). 이질성은  $I^2 = 0$  % ( $Q = 0.32$ )로 나타나 이질성이 없는 것으로 나타났다.

측정한 수중운동프로그램이 뇌성마비 환자에게 미치는 MAS의 효과크기는 Hedges's  $g = -0.265$ (95 % CI : -0.75~0.22)의 작은 크기를 보이며, 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > .05$ ). 이질성은  $I^2 = 0$  % ( $Q = 1.07$ )로 나타나 이질성이 없는 것으로 나타났다.

측정한 수중운동프로그램이 뇌성마비 환자에게 미치는 ROM의 효과크기는 Hedges's  $g = 0.854$ (95 % CI : 0.35~1.36)로 큰 크기를 보이며, 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 이질성은  $I^2 = 0$  % ( $Q = 1.01$ )로 나타나 이질성이 없는 것으로 나타났다.

#### 5. 조절변수 별 메타 ANOVA 결과

RCT의 경우 0.616, NRCT의 효과크기의 경우 0.433로 RCT 집단의 효과크기가 크게 나타났지만 두 집단 간의  $Q_b = 0.35$ ( $df = 1, p = 0.55$ )로 나타나 두 집단 간의 효과크기 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 학위논문의 경우 0.478로, 학술지의 효과크기는 0.352로 나타나 학위논문의 효과크기가 크게 나타났지만 두 집단 간의  $Q_b = 0.35$ ( $df = 1, p = 0.56$ )로 나타나 통계적으로 유의하지 않았다(Table 4).

Table 4. Meta-ANOVA results by moderator variable

Category	Subgroup	k	Hedges's g	95 % CI		Z (p)	I <sup>2</sup> (%)	Q <sub>b</sub>
				Lower limit	Upper limit			
Study design	NRCT	8	0.433	0.212	0.653	3.849 ( $p < .05$ )	0	2.011
	RCT	2	0.616	0.052	1.181	2.142 ( $p < .05$ )	48.25	1.932
Publication type	Journal	4	0.352	0.025	0.678	2.112 ( $p < .05$ )	0	0.483
	Thesis	6	0.478	0.214	0.742	3.547 ( $p < .05$ )	0	3.918

#### 6. 조절변수별 메타 회귀분석 결과

본 연구의 특성 중 환자의 표본크기, 중재횟수, 매회 중재시간, 중재기간을 조절변수로 하여 효과크기의 이질성을 설명하기 위해 메타 회귀분석을 실시하였다. 먼저, 표본크기에 대한 회귀분석 결과, 표본크기가 클수록 효과크기는 증가하지만 통계적으로 유의하지 않았다( $Z = 0.23, 95$  % CI : -0.04~0.05)(Fig 5). 중재기간에 대한 회귀분석 결과, 중재기간이 늘어날수록 효과크기는 감소

하지만 통계적으로 유의하지 않았다( $Z = -0.39, 95$  % CI : -0.10~0.07)(Fig 6). 중재횟수에 대한 회귀분석 결과, 중재횟수가 증가할수록 효과크기도 증가하지만 통계적으로 유의하지 않았다( $Z = 0.39, 95$  % CI : -0.02~0.03)(Fig 7). 마지막으로 매회 중재시간에 대한 회귀분석 결과, 매회 중재시간이 증가할수록 효과크기는 증가하지만 통계적으로 유의하지 않았다( $Z = -0.62, 95$  % CI : -0.02~0.04)(Fig 8).

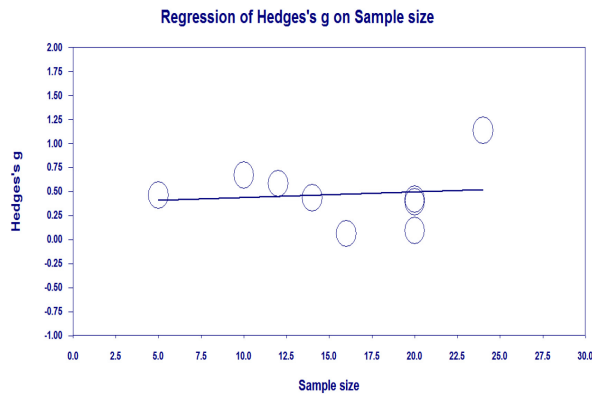


Fig 5. Regression analysis of Hedges' s g by sample size

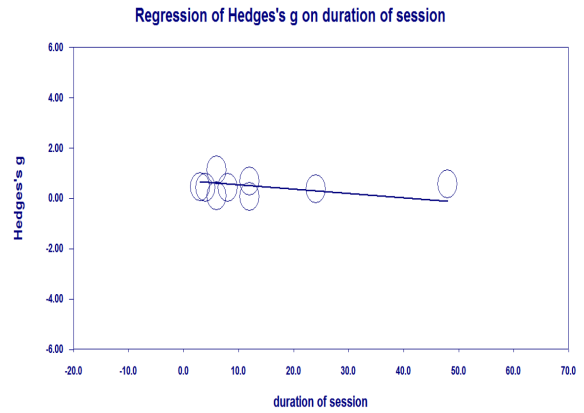


Fig 6. Regression analysis of Hedges' s g by duration of session

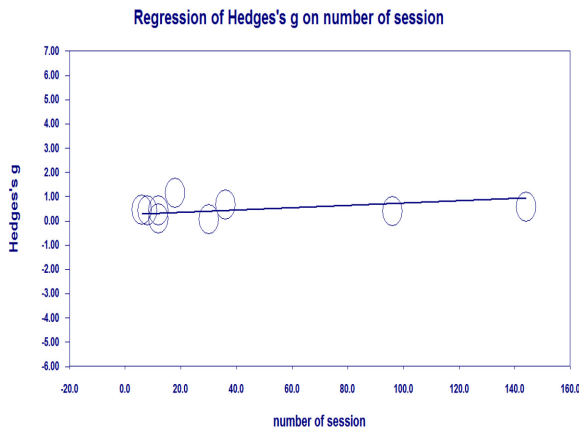


Fig 7. Regression analysis of Hedges' s g by number of session

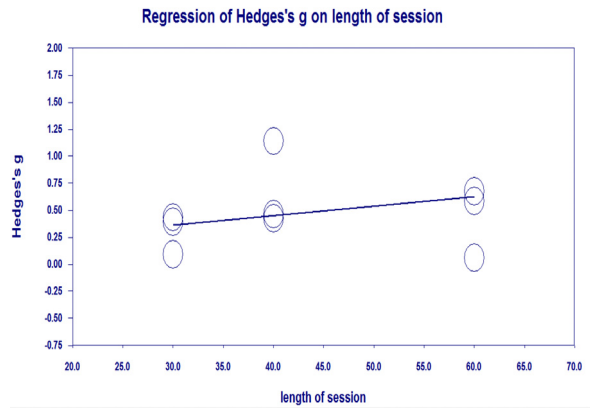


Fig 8. Regression analysis of Hedges' s g by length of session

### 7. 출판 오류 분석

출판 오류가 없는 경우에는 종합된 효과크기를 중심으로 대칭을 이루지만, 출판 오류가 있을 경우에는 표본수가 많은 연구들에 비해 대다수의 표본수가 작은 연구들은 그래프의 평균의 아래쪽 오른쪽에 몰려있는 형태를 나타낸다. 본 연구의 출판 오류 검사 결과는 효과크기를 중심으로 양쪽이 비교적 대칭을 이루는 것으로 보이며 출판 오류가 없는 것으로 판단할 수 있다(Fig 9).

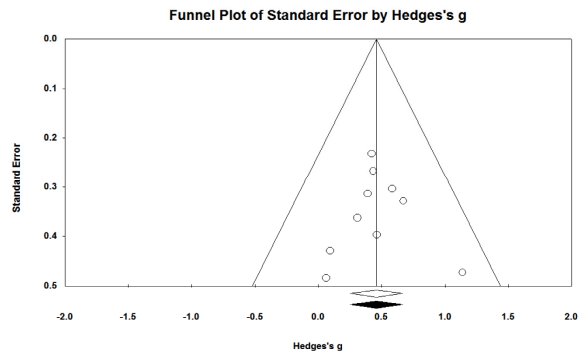


Fig 9. Funnel plot for publication bias



## IV. 고 찰

뇌성마비 환자에서 수중운동은 신경근 촉진과 근력 향상, 지구력 향상, 관절가동범위 증가, 근육 이완, 근재 교육, 균형감각과 안정성의 증진에 효과적이라고 알려져 있다(Kang & Bae, 2012). 본 연구는 2006년 이후 국내에서 발표된 뇌성마비 아동을 위한 수중운동프로그램의 효과를 계량적으로 종합 분석하여 근거기반의 실천적 및 학문적 기초자료를 제공하고자 시도되었다. 이러한 수중운동의 효과들과 연관성을 고려하여 GMFM, K-PBS, MAS, ROM을 결과변수로 구분하고, 수중운동 중재 방법 중 비교적 많이 쓰이는 Halliwick, Watsu를 중재변수로 구분하여 중재효과를 비교분석하였다.

본 연구가 선정한 논문들에서 수중운동 중재 결과를 측정하기 위해 사용된 척도는 모두 21가지로 이 중 본 연구에서는 2가지 이하의 도구로 측정한 결과들만을 따로 결과변수로서 결과 값을 분석하였다. 다음 GMFM, K-PBS, ROM, MAS가 그에 해당하며, GMFM의 경우는 대근육 운동 기능 검사(Gross motor function measure; GMFM)가 사용되었다. PBS의 경우 아동균형척도(Pediatric balance scale; PBS)가 사용되었다. MAS의 경우 수정된 경직평가 척도(Modified ashworth scale; MAS)가 사용되었으며, ROM의 경우 각도계(Goniometer)가 사용되었다.

뇌성마비아동을 대상으로 수중운동 중재 방법을 적용한 연구들을 전체적으로 분석한 결과 평균효과크기는  $g=0.457$ 로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 이러한 결과 값은 수중운동 중재가 뇌성마비 아동에게 긍정적인 영향을 보인다는 것을 나타낸다. 이러한 결과를 하위 범주로 나누어 효과크기를 비교해보았다. 중재방법을 하위범주로 나누어 분석해본 결과, Halliwick(0.538), Watsu(0.505) 순으로 나타났으며, 평가항목을 하위범주로 나누어 분석해본 결과, ROM(0.854), GMFM(0.294), PBS(0.191), MAS(-0.265) 순으로 나타났다.

본 연구는 뇌성마비 아동에게 수중 운동을 시행한 연구만을 대상으로 하여 메타분석을 실시하였다. 그 결과, 수중운동의 종류, 중재기간, 중재횟수, 매회 중재시간,

평가 영역에 따른 효과크기 결과의 구체적인 근거자료를 제시하였다. 2006년부터 2018년이라는 한정적인 기간에 출판된 연구논문 중에서 검색엔진을 통해 수집된 연구만을 대상으로 하여 분석하였지만, 출판 오류 분석 검사 결과는 출판 오류가 없는 것으로 판단되었다.

수중운동프로그램을 적용한 GMFM영역 부분을 분석할 때 사용한 개별연구물의 5편 모두 효과크기의 향상을 보였다. GMFM영역에서는 전체 효과크기가 .294를 보였다. 이는 뇌성마비 아동의 근 긴장도를 감소시키고 심리적 안정감 및 부력에 따라 안정성을 제공하게 되어 몸쪽 긴장도가 낮아지게 함으로써 대동작 운동기능을 할 수 있게 된 것으로 생각된다(Hong, 2015; Kang & Bae, 2012). 수중물리치료를 적용한 PBS영역의 개별 연구에서는 중재 후 결과에서 모두 유의한 차이가 나타났다( $p<.05$ )(Kang & Bae, 2012; Kim, 2015; Kim & Lee, 2015). 본 메타분석 연구에서는 효과크기가 작은 효과(0.191)를 보였으며, 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p>.05$ ). 본 연구자가 메타분석을 실시한 주된 이유는 중재를 한다고 해서 반드시 좋아지는 것은 아니며, 유의한 차이가 있는 부분에 대한 임상적인 의미가 있는지 보기 위한 기초 연구로 결과 값을 통계적 유의성인 p-value에 따라서 의사 결정을 하지 않기 위해서이다(Borenstein 등, 2009).

수중운동프로그램을 적용한 MAS영역 부분을 분석할 때 모두 유의한 차이를 보이지 않았다(Kang & Bae, 2012; Kim, 2012). 이 결과는 경직을 측정할 경우 대상자의 관절을 수동적으로 약 2회 정도 움직이게 한 후 빠르게 움직여 측정을 하게 되는데, 이러한 갑작스러운 빠른 동작들은 경련성 뇌성마비 아동에게 경직을 유발되었기 때문에 유의한 차이를 보이지 않았다고 생각된다.

수중물리치료를 적용한 ROM영역부분을 분석할 때는 전체 효과크기가 0.854로 종속변인 중에서 가장 효과크기가 높았다. ROM영역은 측정 시 위험인자를 가지고 있지 않아 결과에 긍정적인 영향을 준 것으로 생각된다. MAS영역의 결과를 측정할 때처럼 관절을 빠르게 움직이는 동작이 없어, 최대 관절가동범위까지 나올 수 있기 때문에 보인다(Kang & Bae, 2012; Kim & Yun, 2012). 본 연구에서는 변인들을 통합하여 분석한 결과가 긍정적인 영향이 있었으나 선행 연구물에서 종속변인에 관한 각 결과들(Outcomes)이 명확하게 구분되어 있지 않았

기 때문에 변인들마다 효과검증을 파악하는데 어려움이 있었다. 이러한 이유로 향후 메타분석의 연구에서 종속 변인에 대한 각 결과들을 분류별로 나누어 명확히 제시한 연구가 진행된다면 향후 임상에서 유용한 자료가 될 것이라고 생각된다.

본 연구는 국내 뇌성마비 아동에게 수중재활운동을 실시한 논문을 대상으로 메타분석을 처음 시도된 연구라는 점에서 의의가 크다고 할 수 있다. 또한 본 연구가 수중운동을 중재방법으로 택하여 뇌성마비 아동에게 미치는 영향을 메타분석으로 연구하여 그 결과를 제시한 것은 위에서 국내의 연구와 비교하는 것만이 아니라 앞으로 국가 간의 비교 연구에 바탕이 될 수 있는 자료를 마련하고, 향후 국내의 임상 및 지역사회에서 수중운동 중재를 직접 사용 가능한 결과로 도출했다는 점에서 학문적 의의가 있다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 향후 뇌성마비 아동을 위한 연구디자인 시 표준 기준을 제시하고, 다른 연구자들이 범할 수 있는 오류를 피할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것이다.

하지만 본 연구의 제한점으로 논문의 편수가 적고 다양한 운동패턴과 수준을 가지는 모든 뇌성마비 환자에게 일반화하기에는 어렵다는 점도 확인할 수 있었다 (Park & Shin, 2011). 물리치료 중재에서는 실험 전과 실험 후의 상관관계가 제시되지 않고 주로 사전사후에 대한 유의수준에만 관심을 가지고 있어 구체적인 효과크기를 확인하기 위해서는 상관관계를 제시해야 보다 타당한 연구결과가 이뤄질 것이라고 생각된다. 또한 실험 연구에서는 평가자와 대상자, 연구자의 이중눈가림법이 시행되기가 사실상 힘들어 이질성이 크게 나타날 수 있기 때문에 객관적인 결과를 알아보기 위해서는 향후 이중눈가림법이 적용된 연구들이 필요하다고 생각된다.

따라서 뇌성마비 아동을 위한 수중운동프로그램을 지속적으로 개발하여야 하며, 수중운동의 중요성을 확립시켜야 한다. 또한 단기적인 효과검정이 아닌 장기적인 효과를 측정하려는 노력이 필요할 것으로 생각되고 그 효과를 검증하기 위한 다각적 접근의 연구나 RCT 연구를 지속적으로 시도할 필요가 있다.

## V. 결 론

본 연구는 2006년에서 2018년까지 국내에서 발표된 뇌성마비 아동을 대상으로 한 수중운동중재논문 10편을 대상으로 메타분석을 실시하였다. 연구 결과, 수중운동 중재 프로그램을 통해 전체효과크기는 0.457로 중간크기를 보였고, 세부항목에서는 관절가동범위(ROM)가 0.854로 가장 크게 나타났으며, 평가항목에 따라 다른 양상의 효과크기가 나타났다. 또한 중재별 효과크기에서는 Halliwick은 0.538, Watsu는 0.505 순으로 둘 다 모두 중간크기로 나타났다. 국내 뇌성마비 아동에게 수중운동을 중재방법으로 택한 논문들을 종합적으로 분석한 본 연구 결과를 바탕으로 여러 임상 현장에서 수중운동 치료를 위한 실천적 표준기준을 제시하고, 나아가 보건교육의 기초자료로 활용될 뿐만 아니라 향후 국내뿐만이 아닌 해외 논문들과의 비교자료로서 활용되기를 기대할 수 있다. 또한, 뇌성마비 아동의 표준화된 수중운동 중재의 학문적 근거자료를 제시하는데 큰 의의를 둘 수 있을 것이다.

그러나 본 연구에서는 RCT의 연구 수가 적었고, 수중운동 중재의 진행과정이 명확하지 않는 경우가 있었기 때문에 수중운동의 효과를 일반화하는 데에는 유의해야 할 것이다. 따라서 임상적 의사결정 측면에서 수중 중재에 대한 최적의 중재기간과 중재시간에 대한 명확한 데이터가 필요하다. 그러므로 수중 중재에 대한 추후 연구에서는 충분한 대규모의 RCT 연구들과 수중운동프로그램의 중재내용 및 진행과정이 구체적으로 제시된 가이드라인의 개발이 필요하다고 생각한다.

## 참고문헌

Borenstein M, Hedges LV, Higgins JP, et al(2009). Introduction to meta-analysis. West Sussex, John Wiley & Sons, Ltd.  
 Choi JN(2009). The effect of aquatic rehabilitation exercise program on cerebral palsy in static balance. Graduate school of Korea National Sport University, Republic of

- Korea, Master's thesis.
- Chung BK(2007). The effect of aquatic rehabilitation exercise in interventions on functional movement in paediatric with spastic cerebral palsy. Graduate school of Han Yang University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Cunha MC, Oliveira AS, Labronici RH, et al(1996). Spinal muscular atrophy type II(intermediary) and III (Kugelberg-Welander): evolution of 50 patients with physiotherapy and hydrotherapy in a swimming pool. *Arq Neuropsiquiatr*, 54(3), 402-406.
- Galea MP(2012). Physical modalities in the treatment of neurological dysfunction. *Clin Neurol Neurosurg*, 114(5), 483-488.
- Han CW(2010). The effects of aquatic rehabilitation exercise to improve motor ability of children with intellectual disabilities. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Hong ME(2015). The effects of combined aquatic and land exercise program on gross motor function and balance and trunk control ability in young children with cerebral palsy patients. Graduate school of Sahmyook University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Jóźwiak S, Podogrodzki J(2010). Application and comparison of NDT-Bobath and Vojta methods in treatment of selected pathologies of the nervous system in children. *Przegl Lek*, 67(1), 64-66.
- Jung JH(2015). The effects of upper lower functional training in underwater on balance and pulmonary function of chronic stroke. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Kang SH, Bae YH(2012). Comparison between the effect of aquatic exercise program and land exercise program in spastic cerebral palsy on motor function and balance. *Korean J Sports Med*, 30(2), 116-122.
- Kelly M, Darrah J(2005). Aquatic exercise for children with cerebral palsy. *Develop Med Child Neurol*, 47(12), 838-842.
- Kim BO(2015). Effects of aquatic exercise therapy on motor function and balance in children with spastic cerebral palsy. Graduate school of Korea National University of Transportation, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim BO, Lee HJ(2015). Effects of aquatic rehabilitation program on gross motor function and balance in children with cerebral palsy. *J Korean Soc Integrative Med*, 3(3), 35-42.
- Kim BG(2010). The effect of the aquatic activity program on the improvement of articulation abilities of the children with spastic cerebral palsy. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim JH(2007). The effects of aquatic rehabilitation exercise on children with cerebral palsy patients in terms of body composition, physical fitness and breathing capacity. Graduate school of Kyonggi University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim KH(2017). The effect of lower extremity exercise in water on balance ability of children with cerebral palsy. Graduate school of Medical & Health Science, Catholic University of Daegu, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim SD, Yun SM(2012). Effects of swimming participation on spasticity and range of motion children with spastic cerebral palsy. *Korean J Sport*, 10(4), 373-384.
- Knox V, Evans AL(2002). Evaluation of the functional effects of a course of Bobath therapy in children with cerebral palsy: a preliminary study. *Dev Med Child Neurol*, 44(7), 447-460.
- Lee JH(2006). The effects of strengthening trunk muscles using water exercises on sitting postures and muscle tone in lower extremities for the children with cerebral palsy. Graduate school of Dankook University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee MS(2015). Expressive language's characteristics of elementary school students the lower grade with mild cerebral palsy. Graduate school of Dankook University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee YH, Lee JH, Lee HK(2014). Effects of combined water

- and land exercise programs on exercise function and functional independency in children with spastic cerebral palsy. *The Asian Journal of Kinesiology*, 16(1), 87-95.
- Lim HW(2006). Consideration for therapy method and oral motor function character of children with cerebral palsy. *J Korean Phys Ther Sci*, 13(2), 121-127.
- Novak I, McIntyre S, Morgan C, et al(2013). A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol*, 55(10), 885-910.
- Oliveira LC, Trócoli TO, Kanashiro MS, et al(2014). Electromyographic analysis of rectus femoris activity during seated to standing position and walking in water and on dry land in healthy children and children with cerebral palsy. *J Electromyogr Kinesiol*, 24(6), 855-859.
- Park GR, Shin JS(2011). Rehabilitation of children with cerebral palsy riding effect on improving gross motor function. *Korean J Sports Sci*, 20(1), 775-782.
- Park JS(2009). Comparison of the effects of exercise in water and land on the rehabilitation of chronic stroke patients. Graduate school of Eulji University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Park SY, Shin IS(2011). Muscle strengthening effects of exercise programs for preventing falls among the elderly in Korea: A meta-analysis. *Phys Ther Korea*, 18(3), 38-48.
- Park WJ, Park SJ, Hwang SD(2015). Effects of cognitive behavioral therapy on attention deficit hyperactivity disorder among school-aged children in Korea: a meta-analysis. *J Korean Acad Nurs*, 45(2), 169-182.
- Retarekar R, Fragala-Pinkham MA, Townsend EL(2009). Effects of aquatic aerobic exercise for a child with cerebral palsy: single-subject design. *Pediatr Phys Ther*, 21(4), 336-344.
- Salem Y, Gropack SJ(2010). Aquatic therapy for a child with type III spinal muscular atrophy: a case report. *Phys Occup Ther Pediatr*, 30(4), 313-324.
- Song BH(2003). The effect of an exercise using elastic thera-band strengthening trunk muscles on the static sitting posture for children with CP. *Journal of Special Education*, 10(1), 301-317.
- Thorpe DE, Reilly M, Case L(2005). The effects of an aquatic resistive exercise program on ambulatory children with cerebral palsy. *Journal of Aquatic Physical Therapy*, 13(1), 21-34.
- Higgins J, Green S(2011). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1.0*, The Cochrane Collaboration. Retrieved from [www.cochrane-handbook.org](http://www.cochrane-handbook.org).

Appendix 1. Characteristics of primary studies included in the analysis

Author, year	Effect size	Type	RCT	Group		Aquatic exercise intervention				Outcome					
				Exp	Con	Exercise	Duration (week)	Number	Length (min)	GMFM	PBS	MAS	ROM	Trunk control	Other
Kang & Bae, 2012	.309	Paper	RCT	15	15	Halliwick	8	24	30	GMFM	PBS	MAS	ROM		
Kim, 2017	.422	Thesis	NRCT	20	X	Leg exercise	8	8	40					Trunk control	
Kim & Lee, 2015_a	.435	Paper	NRCT	14	X	Watsu	4	12	30	GMFM	PBS				
Kim, 2015_b	.094	Thesis	NRCT	10	10	Watsu	6	12	30	GMFM	PBS				
Kim & Yun, 2012	.062	Paper	NRCT	8	8	Aqua Therapy	12	36	50			MAS	ROM		
Kim, 2007	.584	Thesis	NRCT	12	X	Halliwick	48	144	60						BC,PF, BC
Lee et al., 2014	.390	Paper	NRCT	10	10	Aqua Therapy	24	96	30	GMFM	PBS				
Chung, 2007	.462	Thesis	NRCT	5	X	BK aqua protocol	3	6	45						FM
Choi, 2009	.672	Thesis	NRCT	10	X	Halliwick	12	36	60						Tetrax
Hong, 2015	1.138	Thesis	RCT	12	12	Watsu	6	18	40	GMFM				Trunk control	

GMFM; gross motor function measure, PBS; pediatric balance scale, MAS; modified ashworth scale, ROM; range of motion, BC; body composition, PF; physical fitness, BC: breathing capacity, FM; functional movement