

12주간의 수중운동이 경직성 뇌성마비 청소년의 어깨 관절 등속성 근기능에 미치는 영향

홍성균[‡]

[‡]경남대학교 일반대학원 물리치료학과 학생

The Effects of 12 Weeks Aquatic Exercise Training on Shoulder Joint Isokinetic Muscle Function in Adolescent Spastic Cerebral Palsied

Hong Soungkyun, PT[‡]

[‡]Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Kyungnam University, Student

Abstract

Purpose: The present study investigated the effects of 12-week aquatic exercise training on isokinetic muscle function of the shoulder in adolescents with cerebral palsy.

Methods: The study included four male and four female adolescents with cerebral palsy. Isokinetic muscle function was measured at an angular velocity of 60°/s, using Biodex System VI Pro. The peak torques of internal rotation and external rotation were measured before and after training. Aquatic exercise training was performed once a day for 120 min, 4 times a week for 12 weeks.

Results: The peak torque of external rotation according to body weight and mean power of internal rotation were significantly higher after training ($p < 0.05$).

Conclusion: Our findings suggest that 12-week aquatic training for adolescents with cerebral palsy can improve isokinetic muscle function of the shoulder. Future studies should analyze the changes in isokinetic muscle function of the shoulder in more detail using various aquatic exercise programs to investigate their effects on individuals with cerebral palsy.

Key Words : aquatic exercise, cerebral palsied, isokinetic muscle fuction

[‡]교신저자 : 홍성균, popory77@bumin.co.kr

I. 서론

뇌성마비(Cerebral palsy)의 정확한 원인은 알려져 있지 않으나 태아기 또는 유아기 시절에 뇌의 장애로 인하여 움직임 및 자세와 같은 신체적 활동의 발달 장애와 감각, 인지, 의사소통, 이해, 행동 그리고 발작 등의 장애를 동반하여 뇌전증 및 이차적인 근골격계의 문제와 함께 종종 감각, 지각, 인지, 의사소통, 행동 장애를 동반 하는 것으로 알려져 있다(Bax 등, 2005).

뇌성마비는 뇌 내 상위운동 뉴런의 손상결과이며 신경 기능을 조절하는 위치의 결손에 따라 경직성 운동형(Spastic type), 불수의 운동형(Athetoid type), 운동 실조형(Ataxic type)으로 분류되며, 일부 혼합된 형태를 가지기도 한다(Miller, 1995). 또한 비정상적 근육긴장과 자세에 따라 단일마비(Monoplegia), 편측마비(Hemiplegia), 하반신 마비(Paraplegia), 양측마비(Diplegia), 사지마비(Quadriplegia)로 분류된다(Sherill, 2003).

뇌성마비에게서 나타나는 가장 큰 특징은 모든 신체 부분을 통해 펌근과 굽힌근 사이의 불균형 상태가 높으며 이는 관절 주위의 근육군이 수동적으로 굴곡하고 신전하는 것에 의해 신전반사(Stretch reflex)가 증가되기 때문으로 보고되고 있다(Winnick, 2017). 이로 인해 나타나는 강직 및 과활성화된 신전반사는 주동근의 기능적 동작을 제한하여 길항근이 수축하도록 하게하여 상호 수축등의 여러 가지 신경학적인 요소들이 균형 및 협응 조절을 어렵게 만든다(Frank 등, 2013).

이러한 뇌성마비 아동들은 일반적으로 하지보다 상지가 더 많이 침범되어 활동 제한과 참여 제약을 가지게 되며 일상생활동작에서 팔과 손의 효율적인 사용이 유의하게 감소된다(Sgandurra 등, 2011). 또한 뇌성마비 아동의 손기능 장애는 운동걸질과 걸질척수로 손상의 결과로 나타나고, 숙련되고 정교한 움직임에 장애를 가지게 된다고 보고되고 있으며(Duque 등, 2003), 실제 기능 소실이 많지 않다 하더라도 소아부터 우세 손으로써 비마비측 손을 사용하려는 경향이 강하게 나타난다(Sundholm 등, 1998).

또 다른 연구에 의하면 뇌성마비 아동은 마비 측 상지의 움직임 시 실패와 좌절감을 반복적으로 경험함에 따

라 비 마비측 상지의 보상전력을 사용하는 비정상적 패턴을 불러 일으키며(Taub 등, 2004), 이것은 동작이 비교적 자유로운 비마비 측 상지만을 주로 사용하여 마비측 상지 기능의 회복을 상대적으로 느리게 만든다고 보고하였다(Kwakkel 등, 2004). 결국 반복된 비사용으로 인해 학습된 비사용 증후군(Learned nonuse syndrome)을 보이게 되고, 근력의 약화와 더불어서 옷 입기, 식사하기, 개인관리 등 대부분의 상지를 사용하는 일상생활에서 심각한 장애를 보이게 된다(Tong & Mak, 2001).

수중 치료는 부력, 정수압, 수온 같은 수중환경의 특성으로 인해 뇌성마비 재활에 유용하게 사용되어 질 수 있다(Kelly & Darrach, 2005). 수중에서는 체중 부하, 체간 조절, 관절 부하, 중력의 영향을 줄여 줄 수 있으며(Ondrak과 Thorpe, 2007), 이는 체중지지 감소와 자세 보조, 항 중력의 움직임을 촉진하여 움직임을 좀 더 자유롭게 할 수 있고 중력의 감소를 통해 뇌성마비와 같이 약화된 근력을 가지고 있는 대상자들도 지상에서의 움직임에 비해 수월한 움직임을 가지는 기회를 제공할 수 있다(Salem & Gropack, 2010; Thorpe 등, 2005).

수중 운동의 효과를 보고한 또 다른 연구를 보면 Retarekar 등(2009)은 5세의 경직성 양하지 뇌성마비 아동을 대상으로 한 수중운동에서 보행 지구력과 속도, 신체 기능 능력이 향상 되었다고 하였으며, Fragala-Pinkham 등(2008)도 지체 장애아동 그룹을 대상으로 한 수중운동에서 보행 능력의 향상됨을 보고하였다.

최근 연구에 따르면 수영 운동을 통해 몸을 앞으로 추진시키는데 가장 필요한 어깨 안쪽돌림 근력의 강화와 약화 시 어깨의 손상을 유발할 수 있는 가쪽돌림 근력의 강화를 통해 어깨 관절의 안정화를 가져왔다고 보고 하였으며(Collado-Mateo 등, 2018) 이는 수영을 통해 강화될 수 있는 여러 근력 중 가장 밀접한 관계가 있는 안쪽돌림과 가쪽돌림의 동작의 중요성을 강조하고 있다. 하지만 선행된 연구들에서 주로 다루었던 뇌성마비 아동들의 수중운동에 대한 효과는 검증되고 있으나 대부분이 운동성과 보행, 호흡 능력 평가에 많이 치우쳐져 있고, 성장기가 끝나가는 뇌성마비 청소년들에게 일상생활에 필요한 반드시 필요한 상지의 근력과 균형적인 힘을 적절히 이용할 수 있는 평가 지표인 평균 힘에 대해 객관적인 평가도구를 이용한 연구는 부족한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 경직성 뇌성마비 청소년들을 대상으로 한 규칙적인 수중운동을 통해 가장 영향을 많이 받을 수 있는 어깨관절의 가쪽돌림과 안쪽돌림의 최대 우력 및 평균 힘 등 근력에 미치는 영향을 연구하여 뇌성마비 청소년들의 균형적인 상지 근육 발달을 위한 운동방법의 기초 자료 및 재활을 위한 방안을 제시하고, 신체훈련을 통한 신체기능향상 기여에 이 연구의 의의를 둔다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구에서는 연구의 내용과 절차를 이해하고 실험에 참여할 것을 피험자와 부모가 서면 동의하는 경직성 뇌성마비 청소년 남녀 8명을 선정하였다. 경기도 광주에 위치한 S 재활학교에 속한 중, 고등학생을 학교 게시판을 통하여 모집하였으며 선정 기준에 따라 선별하였다. 참가자들은 기본적으로 독립보행이 가능한 대동작기능분류체계(GMFCS) Level I, II 단계에 해당하는 대상자를 기준으로 선정하였다(Wood & Rosenbaum, 2000). 뇌성마비 대동작기능분류시스템(GMFCS)은 뇌성마비 아동이 자발적으로 시작하는 동작을 평가하는 도구로서

앞기, 이동 동작, 가동성에 중점을 둔다. 이 중 I 단계는 제한 없이 걸을 수 있고, II 단계는 걸지만 제한적인 기능을 갖는 경우를 말한다. 연구대상자의 다른 세부적인 선별기준은 다음과 같다. 1) 경직성 뇌성마비 장애로 진단받은 자, 2) 나이가 18세 미만인 자 3) 부력 보조 장비 없이 수중에서 10 m 이상 독립보행이 가능한 자 4) 검사자의 지시 내용을 이해하고 따를 수 있는 자 5) 규칙적인 운동을 하지 않는 자. 6) 진단된 뇌성마비 장애 외 다른 질환이 없는 자로 선정하였다. 모집된 10명의 뇌성마비 아동 환자 중 2명은 본 연구의 기준에 적합하지 않아 제외되었다.

2. 연구 절차

본 연구는 중재 전·후 설계로서, 최종 선별된 8명의 대상자들로 실시하였다. 모든 참가자들은 중재 전 어깨관절의 안쪽돌림과 가쪽돌림의 근력을 등속성 장비(Biodex Inc, Shirley, NY, USA)를 사용하여 측정하였으며, 1회 120분, 주 4회, 12주 동안 수중운동의 중재 후 어깨관절의 안쪽돌림과 가쪽돌림의 근력을 재측정하였다.

1) 수중운동 프로그램

수중운동 프로그램은 수영운동 프로그램을 기초로 하여 Table 1과 같이 구성하였다. 운동 시간은 준비 운동

Table 1. Aquatic exercise program

Week	Program(130 min including rest time)	Speciality
1	Learn how to get into and out of the water Walking in the pool Standing up and floating on the water with life jacket Breathing and hold breathing in water	Using Life jacket and Arm band
2	Repeat 1 week program & Learning backstroke basics	
3	Learning backstroke basics & Swimming with helpers	Using helper instead of life jacket
4	Repeat 3 week program	
5	Floating on backstroke without Helper & Arm swing exercise	Check whether the Subject eats water
6	Freestyle with kick board Learn how to kick (using life jacket)	
7	Practice floating horizontally in water without helper	
8	Learning freestyle basics	
9	Repeat freestyle	
10	Repeat freestyle	
11	Repeat backstroke & freestyle	
12	Repeat backstroke & freestyle	

10분, 정리 운동 10분, 그리고 운동 중간에 쉬는 시간 10분을 포함한 본 운동 100분 등 총 130분이고, 1회 120분, 주 4회, 12주 동안, 총 48회의 수중운동을 실시하게 하였다.

2) 결과 측정

모든 측정은 신체조성과 근력 검사에 영향을 미칠 수 있는 요건을 고려하여 식이와 신체적 안정을 실시하였으며, 각 측정은 항목에 따라 동일 측정자에 의해 수행되었다. 측정 전 측정에 대한 충분한 설명과 인지를 확인한 후 사전 준비운동과 함께 실시하였다. 어깨관절의 가쪽돌림과 안쪽돌림의 힘을 측정하기 위하여 등속성 근력 측정 장비인 Biodex system 4 Pro(Biodex Inc, Shirley, NY, USA)를 이용하였으며 어깨관절 근력의 측정은 제조사의 지침에 따라 60 %/sec에서의 가쪽돌림 근력과 안쪽돌림 근력의 최대우력(Peak torque), 단위체중당 최대우력(Peak torque/body weight), 평균 파워(Average power)등을 측정하였다. 실험 대상자들을 검사대에 앉힌 후 정확한 측정을 위하여 회전축은 피험자의 어깨관절의 축과 일치시켰다. 운동범위 및 동원 근육군이 운동에 원활하게 참여할 수 있도록 조정 하였으며, 반복 운동시 하지와 다른 신체 부위의 힘으로 인한 보상 움직임이(Compensation movements) 작용하지 않도록 조종띠(Strap)을 이용하여 가슴을 고정시킨 후, 어깨관절의 외회전과 내회전 운동 시의 운동범위(ROM)를 설정하였다. 측정 전 피험자들은 측정부위에 대한 스트레칭을 통한 충분한 준비운동 후 정해진 각속도에서 3회씩 예비 연습을 실시한 후 3회를 측정하였고, 세트 간에는 30초의 휴식을 취하였다.

3. 자료분석

본 연구에서 통계적 분석을 위해 SPSS 18.0을 사용하

였다. 모든 자료들은 Shapiro-Wilk test 검정 방법을 통해 정규성 검정을 하였다. 대상자의 일반적인 특징은 기술 통계분석 하였으며, 중재 전·후의 어깨관절의 안쪽돌림과 가쪽돌림의 근력 및 평균 힘을 분석하기 위하여 대응 표본 t 검정(Paired t-test)를 실시하였다. 통계적 유의 수준은 p<.05로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 대상자의 일반적 특징

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적 특징은 Table 2와 같다.

2. 중재 전·후의 어깨관절의 등속성 근기능의 변화

본 연구의 중재 전·후의 어깨 관절의 등속성 근기능의 변화는 Table 3과 같다.

어깨관절의 안쪽돌림 근기능 측정 결과, 각속도 60 %/sec의 운동 속도에서 최대 우력(Peak torque) 측정값은 중재 전 16.73±7.61 N·m에서 중재 후 18.31±9.94 N·m로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 단위 체중 당 최대 우력(Peak torque/body weight)값은 중재 전 24.45±10.28 %에서 중재 후 25.43±13.96 %으로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 평균 파워(Average power)의 측정값은 중재 전 5.86±4.78 watt에서 중재 후 7.28±5.83 watt로 유의한 차이를 보였다(p<.05).

어깨관절의 가쪽돌림 근기능 측정 결과, 각속도 60 %/sec의 운동 속도에서 최대 우력(Peak torque)의 측정값은 중재 전 11.40±4.35(N·m)에서 중재 후 14.09±6.64(N·m)로 증가 하였으나 유의한 차이는 보이지 않았다. 단위 체중

Table 2. General characteristics of subjects

Items	MEAN (±SD)
Sex (male/female)	4 (50 %)/4 (50 %)
Age (yrs)	17.50 (±1.60)
Height (cm)	160.64 (±14.90)
Weight (kg)	79.75 (±14.12)
BMI (kg/m ²)	33.63 (±2.83)

Table 3. Comparison of shoulder joint isokinetic function

	60°/sec	Pre	Post	t
Internal rotation	PT (N-m)	16.73±7.61	18.31±9.94	-1.536
	PT/BW (%)	24.45±10.28	25.43±13.96	-1.492
	AP (watt)	5.86±4.78	7.28±5.83	-3.060*
External rotation	PT (N-m)	11.40±4.35	14.09±6.63	-1.684
	PT/BW (%)	16.35±5.94	18.36±7.30	-2.594*
	AP (watt)	4.26±2.97	5.38±3.33	-2.337

PT; peak torque, PT/BW; peak torque per body weight, AP; average power

*p<.05

당 최대 우력(Peak torque/body weight)값은 중재 전 16.35±5.994 %에서 18.36±7.30 %로 증가하였으며 유의한 차이를 보였다(p<.05). 평균 파워(Average power) 에서는 중재 전 4.26±2.97 watt에서 중재 후 5.38±3.33 watt로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

IV. 고찰

본 연구는 뇌성마비 청소년을 대상으로 12주 동안 실시하는 수중운동 프로그램이 뇌성마비 청소년의 어깨관절 등속성 근기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

그 결과 8명의 대상자들을 통해, 안쪽돌림의 평균 파워(Average power), 가쪽돌림의 단위 체중 당 최대 우력(Peak torque/body weight) 등의 변수에서 유의미한 차이를 보임을 알 수 있었다. 이것으로 보아 12주간의 수중운동 치료가 뇌성마비 청소년의 어깨 회전 근력의 증가를 의미하는 등속성 근기능 증가에 영향을 미친 것으로 보인다.

근력 증진을 위한 일반적인 저항운동이나 건강 프로그램은 뇌성마비 아동에게 있어서 일반적으로 시행되는 중재 방법이다. 하지만 과거의 신경발달치료접근 방법에서는 이러한 저항운동이 뇌성마비 아동의 근 긴장도를 증가시킬 수 있다고 하여 적용하지 않는 것이 좋다고 보고하였다(Fowler 등, 2001). 하지만 최근에는 이와 반대로 저항운동의 긍정적인 효과들에 대한 다양한 연구들이 나오고 있다(Areas 등, 2013; Lee 등, 2016; Shin 등, 2016).

수중운동 프로그램은 이미 신경학적 운동장애를 가진

아이들에게 유익한 활동으로 알려져 있으며(Geytenbeek, 2002), 이는 수중환경에서 부력으로 인해 관절의 부하가 감소되고, 근의 이완, 관절가동범위의 향상을 가져오며 뇌성마비 아동들에게 제한된 신체와 사지의 움직임을 편하게 하여 몸을 바로 하려는 정위반응과 수의적인 움직임을 통한 협응능력을 향상시켜 준다는 이점이 있다(Kelly & Darrah, 2005). 또한, 수중은 신체를 지지하는 작용을 하고, 수중에서 운동 시 낙상의 두려움과 급성 손상의 가능성을 줄이는 낮은 위험성의 운동 환경을 만들어 수중환경에서의 운동은 뇌성마비 아동들에게 가장 안전한 재활운동 방법이라고 할 수 있다(Getz 등, 2006).

수중운동을 통한 다양한 연구에서 Fragala-Pinkham 등(2014)은 8명의 뇌성마비 아동에게 적용한 수중 유산소 운동이 대동작 기능과 함께 균형 능력을 증가시켰다고 보고 하였으며, Retarekar 등(2009)도 경직형 양마비 아동에게 제공한 대근육군 중심의 수중 유산소 운동이 아동의 균형능력에 긍정적인 변화를 가지고 왔다고 하였다. 또한 Thorpe 등(2005)은 10주간의 수중 저항운동이 뇌성마비 아동의 균형능력에 도움을 주었다고 보고 하여 다양한 기능적 평가 도구를 통해 수중 운동이 뇌성마비 아동들의 신체조절 및 균형능력의 향상에 도움을 준다고 보고 하여 본 연구의 결과를 지지해 준다.

뇌성마비 아동들은 체간의 안정성이 없어 신체 중심에서 안정적인 자세를 가지지 못하며 시선 집중력이 약화 되면서 손을 사용하는 능력에 제한을 받게 되고(Lois, 1994), 그로 인해 기능적으로 손을 사용하는데 있어서 받는 제한은 뇌성마비 아동에서 볼 수 있는 일차적 운동장애 특성이다(Amer 등, 2008). 이러한 문제는 눈-손의 협응 동작에 문제를 불러오며 나아가 결국 주변 환경이

나 경험을 통해 들어오는 여러 가지 다양한 감각 정보를 받아들이기 어려우므로 아동의 탐색활동, 놀이, 일상생활, 학교생활을 어렵게 만든다(Case-Smith, 2001). 이러한 이유로 상지의 기능 중 가장 기본적인 근력을 올리는 것은 뇌성마비의 장애를 가지고 있는 환자들의 일상생활 활동에 매우 중요하다.

뇌성마비 아동은 관절의 구축, 근육의 단축과 같은 근골격계의 변형 외에도 호흡근의 약화와 가슴우리의 비대칭적 성장으로 폐의 용적이 감소되어 호흡기능에 영향을 미치며, 이로 인해 호흡기계 사망률과 감염률의 증가를 가져 온다(Toder, 2000). Moreno 등(2005)의 연구에 의하면 상지의 돌림, 굽힘, 폼에 저항성 운동을 통하여 호흡 주요 근육인 가로막과 갈비사이근, 호흡 보조근인 큰가슴근과 앞톱니근이 활성화 되었다고 보고 하였으며 이렇게 확장된 가슴우리는 호흡기능의 증가에 영향을 미치게 된다(Areas 등, 2013). 본 연구에서 증재 방법으로 시행되었던 수중에서의 수영 동작을 이용한 팔 돌리기 동작은 움직임을 시행하는 과정 중 물에 의해 증가된 저항을 통해 저항운동으로써의 역할을 충분히 수행할 수 있을 뿐만 아니라 이로 인해 증가된 어깨관절의 회전 근력들은 어깨관절의 안정성을 가져와 감소된 상지 기능을 가지고 있는 뇌성마비 아동의 상지의 기능에 증가에 도움을 줄뿐만 아니라 호흡기능의 증가에도 도움이 될 것으로 생각된다.

게다가 수중에서 움직임을 수행하는 자세가 엎드리거나 누운 자세를 유지하는 활동이 포함되어 있어 이러한 활동을 통해 체간의 안정성을 확보하고, 이로 인해 상지의 근력 및 평균 힘을 안정적으로 올릴 수 있는 기회를 더 제공했을 것으로 생각된다.

하지만, 본 연구에서는 적은 대상자, 대조군과 비교하지 못한 점, 그리고 상지와 관련된 다양한 운동을 적용하지 않은 등의 단점이 있으며 체간의 안정성과의 상관성을 규명하지 못한 등의 제한점이 있다. 추후에는 대조군과의 비교도 필요할 것으로 생각되나 12주간의 짧은 기간과 17.5세라는 신체적 조건이 완성될 평균나이에서 이월효과에 대한 영향은 미미할 것으로 생각되며, 향후에는 뇌성마비 청소년들을 대상으로 한 신체 조성 및 다른 부위의 근 기능에 관한 다양한 연구가 더욱 깊게 이루어져야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 뇌성마비 청소년 8명을 대상으로 수중 운동 전·후의 어깨관절 등속성 근기능을 측정하였으며, 안쪽돌림의 평균 파워(Average power), 가쪽돌림의 단위 체중 당 최대 우력(Peak torque/body weight)에서 유의한 차이가 있는 것으로 조사 되었다. 따라서 뇌성마비 청소년에게 수중운동은 어깨관절 근력을 나타낼 수 있는 등속성 근 기능증가에 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 어깨 회전근의 강화를 통해 어깨 관절의 안정성에도 영향을 미쳐 상지 기능에 좀 더 원활한 움직임을 제공할 수 있을 것이다.

참고문헌

Areas G, Borghi-Silva A, Lobato AN, et al(2013). Effect of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation combined with elastic resistance bands on respiratory muscle strength: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther*, 17(6), 541-546.

Arner M, Eliasson AC, Nicklasson S, et al(2008). Hand function in cerebral palsy. Report of 367 children in a population-based longitudinal health care program. *J Hand Surg Am*, 33(8), 1337-1347.

Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, et al(2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005; Executive committee for the definition of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 47(8), 571-576.

Case-Smith J(2001). *Occupational therapy for children*. 4th ed, St. Louis, Mosby, pp.1337-1347.

Collado-Mateo D, Dominguez-Muñoz FJ, Batalha N, et al(2018). Test-retest reliability of isokinetic arm strength measurements in competitive swimmers. *J Hum Kinet*, 65, 5-11.

Duque J, Thonnard JL, Vandermeeren Y, et al(2003). Correlation between impaired dexterity and corticospinal tract dysgenesis in congenital hemiplegia. *Brain*, 126(3),

- 732-747.
- Fowler EG, Ho TW, Nwigwe AI, et al(2001). The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercise on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys Ther*, 81(6), 1215-1223.
- Fragala-Pinkham MA, Haley SM, O'Neil ME(2008). Group aquatic aerobic exercise for children with disability. *Dev Med Child Neurol*, 50(11), 822-827.
- Fragala-Pinkham MA, Smith HJ, Lombard KA, et al(2014). Aquatic aerobic exercise for children with cerebral palsy : a pilot intervention study. *Physiother Theory Pract*, 30(2), 69-78.
- Frank C, Kobesova A, Kolar P(2013). Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*, 8(1), 62.
- Getz M, Hutzler Y, Vermeer A(2006). Effects of aquatic interventions in children with neuromotor impairments a systemic review of the literature. *Clin Rehabil*, 20(11), 927-936.
- Geytenbeek J(2002). Evidence for effective hydrotherapy. *Physiother*, 88(9), 514-529.
- Kelly M, Darrah J(2005). Aquatic exercise for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 47(12), 838-842.
- Kwakkel G, Van Peppen R, Wagenaar RC, et al(2004). Effects of augmented exercise therapy time after stroke. *Stroke*, 35(11), 2529-2539.
- Lee HO, Bae WS, Shin JW(2016). A comparison of the trunk muscle activity according to the direction of upper extremity lifting using elastic band. *J Korean Soc Phys Med*, 11(2), 25-31.
- Lois Bly(1994). Motor skill acquisition in the first year: An illustrated guide to normal development. Arizona, Therapy Skill Builders.
- Miller PD(1995). Fitness programing & physical disability. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Moreno MA, da Silva E, Gonçalves M(2005). The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques - Kabat Method - on maximum respiratory pressure. *Fisioter Mov*, 18, 53-61.
- Ondrak KS, Thorpe DE(2007). Physiological responses of adolescent with CP when walking on land in water: a case series. *J Aquat Phys Ther*, 15(2), 10-15.
- Retarekar R, Fragala-Pinkham MA, Townsend EL(2009). Effects of aquatic aerobic exercise for a child with cerebral palsy: single-subjects 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.
- Sgandurra G, Ferrari A, Cossu G, et al(2011). Upper limb children action-observation training (UP-CAT): a randomized controlled trial in hemiplegic cerebral palsy. *BMC Neurology*, 11(1), 80.
- Sherill C(2003). Adapted physical activity, recreation and sport: Crossdisciplinary and lifespan. 6th ed, New York, McGraw-Hill Higher Education.
- Shin SO, Kim NS(2016). Accessory respiratory muscle activation during chest expansion exercise using elastic bands in children with cerebral palsy. *J Korean Soc Phys Med*, 11(3), 119-124.
- Sundholm LK, Eliasson AC, Foissbeig H(1998). Obstetric brachial plexus injuries: assessment protocol and functional outcome at age 5 years. *Dev Med Child Neurol*, 40(1), 4-11.
- Taub E, Ramey SL, DeLuca S, et al(2004). Efficacy of constraint-induced movement therapy for children with cerebral palsy with asymmetric motor impairment. *Pediatr*, 113(2), 305-312.
- Thorpe DE, Reilly M, Case L(2005). The effects of an aquatic resistive exercise program on ambulatory children with cerebral palsy. *J Aquat Phys Ther*, 13(2), 21-34.
- Toder DS(2000). Respiratory problems in the adolescent with developmental delay. *Adolesc Med*, 11(3), 617-631.
- Tong K, Mak AF(2001). Development of computer-based environment for simulating the voluntary upper-limb movements of persons with disability. *Med Biol Eng*

- Comput, 39(4), 414-421.
- Winnick JP(2017). Adapted physical education and sports. 6th ed, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wood E, Rosenbaum P(2000). The gross motor function classification system for cerebral palsy : a study of reliability and stability overtime. Dev Med Child Neurol, 42(5), 292-296.