

수중 경사로 보행 훈련이 제2형 척수성근위축증 아동의 보행 및 일상생활동작에 미치는 효과: 개별실험연구

Effect of Aquatic Ramp Exercise on Gait And Activity Of Daily Living In Child With Spinal Muscular Atrophy Type II : Single Subject Research

성윤희*

Y. H. Sung

요 약

본 연구는 수중 경사로 보행 훈련이 제2형 척수성근위축증(spinal muscular atrophy type II) 아동의 넙다리네갈래근 활성화와 보행 및 일상생활동작에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 본 연구의 대상자는 만 5세의 제2형 척수성근위축증으로 진단받은 아동이었다. 본 연구는 단일 대상자 반전 연구 설계(A-B-A)를 이용하여 일주일에 3번 12회기 실행하였고 기초선 설정기간(A), 실험 적용기간(B), 관찰기간(A)으로 나누어 진행하였다. 기초선 설정기간, 관찰기간에서는 일반적인 수중 치료가 적용되었고 실험 적용기간에는 일반적인 수중 치료와 수중 경사로 보행 훈련(60m 경사로 걷기)이 추가되었다. 제2형 척수성근위축증 환자의 보행에 큰 영향을 끼치는 넙다리네갈래근 활성화 측정을 위해 표면 근전도 검사가 실시되었고, 동적인 기능평가를 위해 일어나 걷기 검사와 일상생활 기능평가(ACTIVLIM)를 실시하였다. 그 결과 기초선 설정기간에 비해 실험 적용기간에서 넙다리네갈래근의 활성화가 감소하였고 보행 시간도 감소하였다. 일상생활 기능은 변화가 나타나지 않았다. 하지만, 관찰기간동안 다시 넙다리네갈래근의 활성화 증가, 보행시간 증가, 일상생활 기능 감소가 나타난 것으로 보아 수중 경사로 보행 훈련이 본 아동에게 기능적으로 영향을 끼쳤음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of aquatic ramp walking exercise on the activity of the quadriceps, gait and activity of daily living in child with Spinal Muscular Atrophy (SMA) type II. A 5 years-old girl with SMA type II participated in this study. This study used single-subject reverse(A-B-A) design study. There are 12 sessions(4weeks 3 times a week) each during the baseline phase(A), the intervention phase(B), the follow up phase(A). During the baseline phase and the follow up phase performed general aquatic therapy, the intervention phase additional performed walking activity on ramp in pool (60m). Surface electromyogram, Timed Up and Go (TUG) test, ACTIVLIM were used as outcome. During the intervention phase, there were decrease on the activity of the quadriceps. In modified TUG test, gait time reduced during the intervention phase. The ACTIVLIM logit score increased during intervention phase by comparison with the baseline phase. These findings suggest that an aquatic ramp walking exercise activities have the therapeutic possibility on the quadriceps activity and gait ability for child with SMA type II.

Keyword : spinal muscular atrophy, aquatic ramp walking exercise, quadriceps, gait, activities of daily living

1. 서론

접 수 일 : 2016.03.17

심사완료일 : 2016.05.03

게재확정일 : 2016.05.31

* 성윤희 : 경남대학교 물리치료학과 교수

척수성근위축증 (spinal muscular atrophy, SMA)은 알파운동신경원의 변성으로 인해 저 긴장성

sungpt97@kyungnam.ac.kr

※ 본 연구는 2014년 경남대학교 학술진흥연구비 지원을 받아 이루어진 연구임.

육, 진행성 근력 약화와 위축이 나타나는 신경근 질환으로[1], 상지 근육보다는 하지 근육, 원위부 근육보다는 근위부 근육이 영향을 많이 받으며 심한 경우에는 선택적으로 늑간부 근육도 영향을 받지만 횡격막은 영향을 받지 않는다[2]. 또한 척추와 하위 연수 운동 뉴런의 변성이 동반되는 임상적인 특징을 가지고 있고 유아 사망의 가장 일반적인 유전적 원인중 하나이다[3].

SMA는 환자가 최대한 수행할 수 있는 기능을 기준으로 구분하게 되는데 앓기 기능 불능인 환자는 제1형 SMA, 앓기 기능 가능 환자는 제2형 SMA, 걷기 기능 가능 환자는 제3형 SMA으로 구분한다[4]. 여러 타입의 SMA는 진행성으로 근육 약화가 나타나고 근육의 약화는 근위축, 저 긴장성 근육, 심부건 반사의 소실, 손의 진전(tremor)으로 진행되어 운동발달을 제한하게 된다. 근 약화는 원위부 보다 근위부에서 주로 발생한다[5]. 따라서, 근 약화가 일어나는 근위부의 근육을 강화하고 이차적으로 발생하는 문제점들을 해결하는 것이 제2형 SMA를 가진 환자들의 치료 목표가 된다.

SMA 아동에게 있어 일반적인 물리 치료의 초점은 기능적인 이동 능력을 효율적으로 하는 것, 근력을 유지하는 것, 관절의 구축과 변형을 예방하는 것이다. 이러한 치료적 접근법은 아동의 연령, SMA의 유형, 기능적 능력 등이 고려되어야 하며 자세 유지하기, 호흡 훈련, 관절 가동범위 운동, 근력 운동, 균형 훈련, 발달 과정에 맞춘 활동, 보행 훈련 등이 포함된다. 최근 이런 훈련들을 지상에서 수행하기 어려운 환자들을 대상으로 수중에서 실시하고 있다[6]. 수중 치료는 부력, 정수압, 물의 점성, 와류와 같은 수중 환경의 특성을 이용한 치료로 체중 부하를 최소화하여 관절에 부담을 주지 않고 근력, 지구력 등을 향상시킬 수 있으며[7] 자세를 보조해 줄 수 있고 항 중력 움직임을 촉진시켜 지상에서 수행하기 어려운 움직임을 수행 할 수 있는 기회를 제공해 준다[8]. 최근 수중 치료가 신체적으로 장애를 가진 환자에게 사용되고 있으며 유연성, 관절가동 범위 및 근력 증진[9], 호흡 능력[10], 보행[11], 대단위 운동 기능[12]에 긍정적인 영향을 미친다고 보고되고 있다.

하지만 이와 같은 수중치료의 장점에도 불구하고 희귀 유전병인 SMA 질환을 가진 아동들에게 적용한 수중 치료 연구는 미흡한 단계이며 특히 제2형 SMA 아동에게 적용한 수중 경사로 보행 훈련에 관한 효과는 보고된 것이 거의 없다. 따라서 본 연구의 목적은 수중 경사로 보행 훈련 적용이 제2형 SMA 아동의 넙다리네갈래근 활성화와 보행 기능

및 일상생활동작의 변화에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상

본 연구의 대상자는 제2형 SMA로 진단받은 만 5세 여아로 근력의 약화 방지와 기능적인 움직임 연습을 위해 일반적인 물리치료와 수중치료를 주 3회 받고 있었다. 대상자는 몸통 및 사지의 모든 관절가동범위에서 수동 움직임이 가능하였고 관절의 구축은 관찰되지 않았다. 보조 장치 없이 독립적인 보행은 불가능 하였으나 보호자가 대상자의 뒤에서 몸통을 지지한 상태에서의 보행은 가능하였다. 등받이와 팔걸이가 없는 의자에 앉아 바닥에 발을 붙인 상태에서 기능적인 동작(글씨쓰기, 종이접기, 장난감 조작하기)을 독립적으로 수행할 수 있었고 앓은 자세에서 일어나기, 보행, 점프하기, 계단 오르기 등의 동작은 제한이 있었으나 일상생활동작(옷입기, 옷벗기, 앉아서 샤워하기, 식사하기, 화장실 뒤처리하기)의 수행은 보호자의 도움을 받아 독립적으로 수행 가능하였다. 사지와 몸통의 근력은 도수근력검사에서 어깨관절 굽힘근, 엉덩관절 굽힘근, 무릎관절 펴기, 몸통 굽힘근은 P+로 평가되었고 이외 근육은 F로 평가되었다. 글쓰기 및 읽기, 대화하기 등의 인지수준은 정상이었다.

2.2 연구 설계 및 치료방법

본 연구는 개별사례 실험 연구 방법 중 반전 연구 설계(ABA 연구 설계)를 이용하여 기초선 설정기간, 실험 적용기간(치료기간), 관찰기간으로 나누어 진행하였다. 기초선 설정기간과 관찰기간은 선행 연구[8]에서 제시한 일반적인 수중치료만 시행하였고 표 1에서와 같이 실험 적용기간에는 수중 경사로 보행 훈련을 추가로 실시하였다. 일반적인 수중 치료는 균형을 유지하기 위한 놀이치료로 구성하였고 치료 기간에는 일반적인 수중치료에 수중 경사로 보행 훈련을 추가하여 시행하였다. 모든 치료 시간은 30분 동일하게 구성하였다. 실험 기간에 수행되었던 수중 경사로 보행 훈련 시 넘어짐을 방지하기 위해 허리에 부유기구를 착용하였다. 수영장의 수온은 32~33℃로 유지하였다. 또한 수중치료 시 생길 수 있는 아동의 생체징후 이상을 방지를 위해 SmartwellTM) 휴대용 맥박 및 산소포화도 측정기

(Fingertip Pulse Oximeter, Contec Medical System Co. Ltd, China)로 치료 전과 후 맥박 및 산소포화도를 측정하였다. 각 기간에서 평가한 표면 근전도 검사, 수정된 일어나 걷기 검사, 기능평가는 각각 12회 실행하였다. 본 연구 대상자에게 적용된 검사와 치료는 측정자 간에 발생할 수 있는 변인을 최소화하고 아동의 심리적인 상태를 고려하여 동일한 연구자가 실시하였다.

표 1. 연구설계

Table 1. Research design

연구설계	내용
기초선 설정기간 (A)	일반적인 수중치료 (4주, 12회기)
실험 적용기간 (B)	일반적인 수중치료 + 수중 경사로 보행 훈련 (4주, 12회기)
관찰기간 (A)	일반적인 수중치료 (4주, 12회기)

2.3 실험 평가 기기 및 도구

2.3.1 표면 근전도 (surface electromyography)

대상자의 양측 넓다리곧은근(Rectus Femoris; RF), 안쪽넓은근(Vastus Medialis; VM), 가쪽넓은근(Vastus Lateralis; VL)의 활성화 정도를 알아보기 위해 TrignoTM EMG System (Delsys Inc. MA, USA)을 사용하였다. 치료 후 환자는 탈의실에 마련된 나무의자(바닥에서의 높이 28cm, 등받이 높이 25cm)에 엉덩관절 90도 굽힘, 무릎관절 90도 굽힘하고 발바닥이 바닥에 닿은 자세에서 양손을 양쪽으로 내리고 있는 자세를 취하였고 근전도 센서는 양쪽 RF, VM, VL에 부착하였다. 표면 근전도 센서의 부착 위치는 Hermie 등이 제시한 위치를 참고하였다[13]. 표본 추출율 1,000Hz, 대역폭 20~450Hz로 설정한 후 치료사가 대상자에게 시작이라는 구두명령을 하면 대상자는 의자에 앉은 자세에서 무릎 관절 완전 펴자세로 다리를 들어 7초간 유지하게 실시하였고 처음 1초와 마지막 1초를 제외하고 넓다리네갈래근 활성화를 측정하였다. 모든 검사는 3회 측정하여 평균값을 사용하였고 측정 간 1분간의 휴식시간이 주어졌다.

2.3.2 일어나 걷기 검사 (TUG Test)

일어나 걷기 검사는 치료 후 수영장에서 측정하였다. 검사 도중 아동의 낙상으로 인한 부상 방지를

위해 높이 4cm의 매트를 길이 5m로 바닥에 깔았다. 환자의 특성상 보행이 완전하지 않았기 때문에 오른손은 보호자의 손을 잡고 3m를 걷게 하였다. 보행 시간은 벽에 미리 표시해 놓은 지점에서 돌아 다시 출발지점의 의자에 앉는 시간으로 측정하였다. 검사는 3회 측정하여 평균값을 사용하였고 측정 간 1분간의 휴식시간이 주어졌다. SMA 아동에게 적용된 일어나 걷기 검사는 동적 균형 능력을 평가할 수 있는 유용한 도구로 검사-재검사간 측정자내 신뢰도는 $r=0.99$, 측정자간 신뢰도는 $r=0.98$ 이다[14].

2.3.3 ACTIVLIM 평가

ACTIVLIM 평가 설문지는 신경근 손상을 가진 아동과 성인의 활동 제한을 평가하는 신뢰성 있는 도구 (ICC=0.93)[15]로서 총 22개의 문항으로 이루어져 있고 그 중 14개 항목은 공통 항목이며 4항목은 성인을 위한 항목, 4항목은 아동을 위한 항목으로 구성되어 있다. 각 항목의 불가능, 어려움, 쉬움의 3가지 답변 중 하나를 선택할 수 있으며 아동은 1주일에 한 번 보호자를 통해 기입할 수 있도록 하였다. ACTIVLIM은 Rasch Measurement Model을 사용하여 분석하였다. 본 평가의 점수의 증감은 일상생활 기능을 독립적으로 할 수 있는지 여부를 나타낸다고 할 수 있다.

2.4 분석 방법

기초선 설정기간, 실험 적용기간 및 실험 후 관찰 기간동안 측정된 자료들은 기술 통계량을 통한 평균값과 표준편차를 비교하여 분석하였다.

3. 결과

3.1 넓다리네갈래근 근활성화

제2형 SMA 아동에게 수중 치료 후 넓다리네갈래근의 근 활성화를 측정한 값은 표 2에 제시하였다. 그 결과 왼쪽 RF를 제외한 양쪽 모든 근육에서 근활성화가 기초선 설정기간에 비해 실험 적용기간에서 감소하였고 오른쪽 VM, 왼쪽 RF, 왼쪽 VL에서는 관찰기간에도 근 활성화가 감소된 것을 확인할 수 있었다.

표 2. 넙다리네갈래근 활성화 (단위:µV)
Table 2. Activation of quadriceps femoris

		Base-line	Intervention	Follow-up
Rt	RF	84.39±19.80	76.65±8.02	95.67±13.34
	VM	50.18±13.69	28.68±9.22	25.95±7.46
	VL	19.32±2.30	16.38±3.08	22.65±3.80
Lt	RF	101.97±27.79	111.82±7.80	73.92±31.06
	VM	98.56±11.88	68.85±7.67	101.79±13.52
	VL	38.19±2.45	36.04±1.80	33.07±3.74

3.2 보행 시간

보행 시간을 평가하기 위해 제2형 SMA 아동에게 실행한 일어나 걷기 검사 결과는 표3에 제시하였다. 그 결과 기초선 설정기간에 비해 실험적용 기간 동안 18% 보행시간이 짧아진 것을 확인하였다. 관찰기간 동안 보행 시간은 실험적용 기간에 비해 103% 증가하였고 기초선 설정기간에 비해 65% 증가한 것을 알 수 있었다.

표 3. 일어나 걷기 (단위:sec)
Table 3. Timed up and go

Base-line	Intervention	Follow-up
41.55±19.13	33.75±9.69	68.78±1.99

3.3 일상생활기능

일상생활기능을 알아보기 위해 제2형 SMA 아동에게 실행한 ACTIVLIM 검사 결과 기초선 설정기간에 비해 실험적용기간에서 평가 점수가 21% 증가하였다. 관찰기간 동안 일상생활기능 평가는 실험적용 기간에 비해 46% 감소하였고 기초선 설정기간에 비해 35% 감소한 것을 알 수 있었다.

표 4. 일상생활기능 평가 (단위:logit score)
Table 4. ACTIVLIM

Base-line	Intervention	Follow-up
0.74±0.26	0.9±0.22	0.48±0.21

4. 고찰

제2형 SMA 아동은 제1형 SMA 아동에 비해 생존기간이 길고 보행 기능을 수행하기 위한 몸통 및 하지 근육의 근력이 유지되지만 제3형 SMA 아동과 다르게 점차 보행 기능이 저하되어 나중에는 보행

이 불가능하게 된다[2]. 즉, 엉덩관절 굽힘근과 펴근, 무릎관절 펴근의 근력 저하가 진행되는 것과 동시에 몸통과 골반 주위 근육의 근력이 저하되어 기립 자세를 유지하는 것이 어렵게 된다. 따라서 제2형 SMA 환자의 보행 능력을 최대한 유지하기 위해 환자의 질병 진행 정도에 따른 근 상태를 파악하여 수중치료 프로그램을 계획하고 진행해야 한다[16].

본 연구의 결과 수중 경사로 보행 훈련이 제2형 SMA 아동의 양측 넙다리네갈래근(RF, VM, VL)의 활성화에 영향을 미친 것을 알 수 있었다. 근육의 활성도를 지상에서 측정한 결과가 기초선 설정기간 보다 실험적용 기간에서 왼쪽 RF를 제외한 다른 근육들의 활성도가 낮은 것을 알 수 있었다. 이는 수중에서 연구대상자 아동의 넙다리네갈래근의 근 수축의 활성도가 증가하여 지상에서 근력 측정 시 활성도가 약하게 나왔음을 추측할 수 있었다. Oliveira et al.등은 신경계 질환을 가진 아동이 수중에서 움직일 때 RF의 활성도가 지상에서 움직일 때보다 훨씬 크다고 하였으며 정상 아동이 수중에서 움직일 때 보다 훨씬 더 큰 근 활성화를 나타낸다고 보고하였다[17]. 일반 수중재활치료에서 넙다리네갈래근 강화를 위한 운동 프로그램이 있었음에도 불구하고 수중에서 경사로 보행훈련이 더 넙다리네갈래근의 근 수축에 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다. 이는 수정된 일어나 걷기 검사 시 수중 경사로 보행 후 지상에서 일정 거리 보행 시간을 검사한 결과 보행 시간이 감소되는 것과 연결되는 결과라 할 수 있다. 수중 경사로 보행 훈련으로 활성화된 넙다리네갈래근이 지상에서의 걷기 능력에 긍정적인 영향을 미쳤다고 추측할 수 있다. 유&송에 따르면 뇌성마비 아동의 하지근육 변화는 균형과 보행에 긍정적인 영향을 끼친다고 하였고 이는 본 연구의 결과와 일치함을 알 수 있었다[18].

본 연구에서 아동의 보행 능력의 변화를 평가하기 위해 사용된 일어나 걷기 검사는 Renata 등의 연구에서 아동에게 있어 기능적 보행 움직임을 평가하는 도구로 보고되었다[19]. 하지만 본 연구에서는 대상 아동이 지상에서 독립적으로 보행을 실시할 수 없기 때문에 벽에 설치된 난간 및 보호자의 보조가 제공된 수정된 일어나 걷기 검사를 실시하였다. 검사 도중 아동이 넘어지거나 보행을 힘들어하는 경우가 생기면 즉각 검사를 중단하였는데, 이는 아동에게 발생할 수 있는 심리적, 정서적 위축을 예방하기 위함이었다. 보호자로부터 제공되었던 보조(한 손을 잡는)는 사전 연습을 통해 아동의 낙상을 예방하기 위한 최소한의 보조만 제공되도록 하였으나 정량적이지 못하였다. 향후 연구에서는 지상

에서 독립적으로 보행이 불가능한 SMA 아동에게 있어 기능적인 보행 움직임을 평가하는 정량적인 평가도구가 적용되어야 것으로 생각된다. 뿐 아니라 본 연구의 결과 ACTIVLIM 평가에서 수중 경사로 보행 훈련 적용이 기초선 설정에 비해 점수가 상승하였지만 기초선 설정기간에 비해 점수가 낮아졌다. 이는 수중 경사로 훈련이 일상생활 기능에는 큰 영향을 끼치지 못했음을 알 수 있었다. 이는 ACTIVLIM 평가항목이 하지의 움직임만을 평가하는 도구가 아니라 상지, 하지의 움직임에 관련된 평가항목들이 모두 포함되어 있기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 생각된다.

진행성 근 약화를 특징으로 하는 신경근 질병의 아동에게 있어 수중치료의 적용은 수중환경에서 부력의 영향으로 아동의 신체에 작용하는 중력의 영향을 감소시키고 몸통 안정성을 증가시켜 지상에서 보다 훨씬 적은 힘으로 움직임을 발생할 수 있기 때문에 근력 저하의 방지와 운동의 어려움으로 생길 수 있는 아동의 심리, 정서적 위축을 예방하고 사회적 참여(또래 아동과의 놀이 활동)를 유도할 수 있다는 점에서 유용한 치료법으로 제시된다. 또한 지구력, 호흡 기능의 향상 등의 효과를 기대할 수 있어 신경근 질병을 가진 아동에게 권장하는 치료 접근법이다[20]. 이런 효과를 가지고 있는 수중에서 재활 치료는 목표하는 근육의 활성화에 초점을 맞춘 맞춤형 프로그램이 적용되어야 할 것이다.

본 연구는 한 명의 SMA 아동을 대상으로 하여 3개월의 비교적 짧은 기간 동안 수행되었기 때문에 수중에서 경사로 보행 훈련을 통한 넵다리네갈래근의 근활성, 보행, 일상생활동작 평가를 통해 나타난 결과를 일반화하기 어렵다. 또한 질병의 특성상 희귀성 유전질환으로 대상자를 모집하기 어려웠고 국내·외 논문에서 조차 제2형 SMA 환자에게 수중 치료를 적용한 연구를 찾기 어려워 개별 실험 연구로 진행한 것은 본 연구의 큰 제한점이다. 따라서 향후 연구에서는 다수의 제2형 SMA 환자를 대상으로 오랜 기간 동안 수중 치료의 효과를 확인하기 위한 연구를 진행해야 할 것이다.

5. 결론

본 연구는 만 5세 제 2형 SMA 아동에게 수중 경사로 걷기 운동을 실시하여 넵다리네갈래근의 활성화 정도와 보행 및 일상생활동작의 변화를 알아보고자 하였다. 각각 4주간의 기초선 설정 기간과 실험 후 관찰 기간 동안에는 일반적인 수중 재활

치료를 실시하였고 4주간의 실험 적용기간에서는 수중에서 경사로 보행 훈련을 추가로 실시하였다. 그 결과 수중 경사로 보행 훈련을 적용한 실험 적용기간에서 기초선 설정기간에 비해 하지 근육의 활성화는 저하되었고 일어나 걷기 검사 시 보행 시간이 감소하였다. 하지만, 일상생활동작의 변화를 평가하는 ACTIVLIM 평가에서는 기초선 설정기간에 비해 관찰기간에서 점수가 감소하였다. 이러한 결과를 미루어 보아 본 연구의 대상자인 제2형 SMA 아동에게 적용한 수중에서 경사로 걷기 운동은 지상에서 독립적인 보행을 좀 더 효과적으로 할 수 있도록 돕는 대안적 치료 접근법으로 적용할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Wang CH, Finkel RS, Bertini ES, Schroth M, Simonds A, Wong B, Aloysius A, Morrison L, Main M, Crawford TO and Trela A, "Consensus statement for standard of care in spinal muscular atrophy", *Journal of Child Neurology*, vol. 22, 1027-1049, 2007.
- [2] Dubowitz, V, "Ramblings in the history of spinal muscular atrophy", *Neuromuscular Disorders*, vol. 19, pp. 69-73, 2009.
- [3] Whitehead SE, Jones KW, Zhang X, Cheng X, Terns RM and Terns MP, "Determinants of the interaction of the spinal muscular atrophy disease protein SMN with the demethylarginine-modified box H/ACA small nucleolar ribonucleoprotein GAR1", *The Journal of Biological Chemistry*, vol. 277, pp. 48087-48093, 2002.
- [4] Innaccone ST, Russman BS, Browne RH, Buncher CR, White M and Samaha FJ, "Prospective analysis of strength in spinal muscular atrophy: DCN/Spinal Muscular Atrophy Group", *Journal of child neurology*, vol. 15, pp. 97-101, 2000.
- [5] Cifuentes-Diaz C, Frugier T and Melki J, "Spinal muscular atrophy", *Seminars in Pediatric Neurology*, vol. 9, pp. 145-150, 2002.
- [6] Antonelli-Greco C, Bozovich MS and Drnach M, Practice patterns and pediatrics. In M. Drnach (Ed.), *The clinical practice of pediatric physical therapy from the NICU to independent living* Baltimore, MD:Lippincott Williams & Wilkins, pp. 94-95, 2008.

[7] Jung JH, Chung EJ, Kim K and Lee JY, "Comparison of effects of obstacle training in aqua and land on the balance of chronic stroke patients", *Journal of Rehabilitation Research*, vol. 17, pp. 383-399, 2013.

[8] Salem Y and Gropack SJ, "Aquatic Therapy for a Child with Type III Spinal Muscular Atrophy: A Case Report", *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, vol. 30, pp. 313-324, 2010.

[9] Fragala-Pinkham MA, Dumas HM, Barlow CA and Pasternak A, "An aquatic physical therapy program at a pediatric rehabilitation hospital: A case series", *Pediatric Physical Therapy*, vol. 21, pp. 68-78, 2009.

[10] Hutzler Y, Chacham A and Bergman U, "Effects of a movement and swimming program on vital capacity and water orientation skills of children with cerebral palsy", *Developmental Medicine & Child Neurology*, vol. 40, pp. 176-181, 1998.

[11] Duval R and Robert P, "Aquatic exercise therapy: The effect on an adolescent with Waardenburg's syndrome", *Physical Therapy Case Report*, vol. 2, pp. 77-82, 1999.

[12] Retarekar R, Fragala-Pinkham MA and Townsend EL, "Effects of aquatic aerobic exercise for a child with cerebral palsy: Single-subject design", *Pediatric physical therapy*, vol. 21, pp. 336-344, 2009.

[13] Hermie JH, Bart F, Catherine D and Gunter R, "Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 10, pp. 361-374, 2000.

[14] Dunaway S, Montes J, Garber CE, Carr B, Kramer SS, Kamil-Rosenberg S, Strauss N, Sproule D and De Vivo DC, "Performance of the timed "up & go" test in spinal muscular atrophy", *Muscle Nerve*, vol. 50, pp. 273-277, 2014.

[15] Vandervelde L, Van den Bergh PY, Goemans N and Thonnard JL, "ACTIVLIM: a Rasch-built measure of activity limitations in children and adults with neuromuscular disorders", *Neuromuscular Disorders*, vol. 7, pp. 459-469, 2007.

[16] Margaret RC. *Hydrotherapy in pediatrics*. Second edition. Butterworth-Heinemann Ltd. 1991.

[17] Oliveira LC, Trócoli TO, Kanashiro MS, Braga D and Cyrillo FN. "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", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 24, pp. 855-859, 2014.

[18] Ryu IJ and Son KH, "The effects of the lower extremity muscle strengthening exercise on walking and balance of children with cerebral palsy", *The Korean Academy of Physical Therapy Science*, vol. 18, pp. 17-28, 2011.

[19] Nicolini-Panisson RD and Donadio MV, "Timed "Up & Go" test in children and adolescents", *Revista paulista de pediatria*, vol. 31, pp. 377-383, 2013.

[20] Lai CJ, Liu WY, Yang TF, Chen CL, Wu CY and Chan RC, "Pediatric aquatictherapy on motor function and enjoyment in children diagnosed with cerebral palsy of various motor severities", *Journal of child neurology*, vol. 30, pp. 200-208, 2014.



성 윤 희 (Yun-Hee Sung)

2010년 2월 경희대학교 일반대학원 의학과 졸업(박사)
2012년 - 현재 경남대학교 물리치료학과 조교수

Interest: Physiology, Neuroscience