

수중물리치료를 통한 뇌졸중환자의 치료적 중재효과

■이태한, 김순영, 김종필¹, 강은철, 이상평²

제주한라병원 재활의학센터, ¹제주한라병원 수중물리치료사업단, ²제주한라병원 뇌혈관센터

The Effect of Therapeutic Intervention by Aquatic Physical Therapy on Stroke Patient

Tae-Han Lee, PT, MS; Soon-Young Kim, PT, MS; Jong-Pil Kim, MS¹; Eun-Cheol Kang, MD; Sang-Pyung Lee, MD²

Physical Medicine & Rehabilitation Center, Cheju Halla General Hospital; ¹Hydrotherapy Agency, Cheju Halla General Hospital; ²Brain-Neuro Center, Cheju Halla General Hospital

Purpose : The purpose of this study is to compare the rehabilitation effects of hydrotherapy and Bobath therapy.

Methods : The study was performed with patients of hemiparesis caused by cerebral stroke. The participants were divided into two groups based on random sampling method. One group received hydrotherapy while the other received Bobath therapy. Each rehabilitation program lasted 40 minutes a day, 5 days a week, for 6 weeks. Pertinent indicators—Berg's balance scale (BBS), gait parameter, and static balance analysis—were recorded before and after the programs, as well as every 2 weeks during the rehabilitation programs

Results : There was showed a significantly increase of BBS score. Static open and close showed statistically significant in interaction by time and groups. There was significant differences of gait velocity.

Conclusion : These findings in this study that the hydrotherapy was effective therapy in improving balance and gait velocity.

Key words : Bobath therapy, Hydrotherapy, Berg's balance scale, Static balance, Gait parameter

논문접수일 : 2012년 10월 30일

수정접수일 : 2012년 11월 23일

게재승인일 : 2011년 11월 30일

교신저자 : 이상평, nsdr745@gmail.com

1. 서론

뇌졸중은 사회적, 정신적, 신체적 장애를 갖게 만드는 중대한 원인인므로, 뇌졸중 환자의 40%는 기능적인 능력을 어느 정도 회복하지만, 15~30%에서는 심각한 장애가 남게된다.¹ 발병 1년 이내의 뇌졸중 환자는 약 40%가 낙상을 경험한다.² 뇌졸중 발병한 후 6개월이 지난 만성 뇌졸중 환자들의 경우 낙상 발생률이 23%~50%에 해당된다고 하였다.³

대부분 뇌졸중 환자는 기능 상실이 동반되며, 물리치료사는 환자의 기능적인 움직임에 재교육시키기 위한 치료에 초점을 맞춘다.⁴ 이러한 증상들을 개선시키기 위해 물리치료적 접근법으로 보바스

치료법을 사용한다.⁵ 그러나 소수의 국가나 의료기관에서는 물을 이용한 수치료(hydrotherapy)로 뇌졸중환자의 재활을 시행하고 있다. 이는 일반적으로 흔히 생각하는 수영과는 달리 물의 특수한 성질과 효과를 재활치료에 이용하는 것으로 특히 뇌졸중의 후유증으로 인한 편마비(hemiparesis)가 있는 환자들에게 체간의 균형(balance)과 가동 범위(range of motion)의 증가, 근력(muscle power) 및 지구력의 향상에 많은 도움을 제공하며, 또한 대사작용(metabolism)의 증진효과와 강직을 감소시켜주며 동시에 통증을 경감시켜주는 등의 다양한 효과가 입증되어 왔다.⁶

물은 자체로도 움직임에 저항을 제공하며 감소된 중력으로 인하여 관절에 직접적인 힘을 덜어주는 독특한 운동의 매개체이다. 그러

한 이유로 수중에서 실시되는 저항운동은 신체적 상태가 저하되어 있는 환자들에게 전반적인 신체적 향상을 도모할 수 있는 대체적인 훈련방법이 될 것이다.⁷ 물의 특성 중 부력(bouyancy)은 운동의 체중부하(weight bearing)를 감소시킨다. 체중부하가 감소하기 때문에 관절 압박력이 감소해 환자들은 땅에서 보다 물 속에서 더욱 자유롭게 움직일 수 있다.⁸

일부 선진국에서는 이미 뇌졸중 환자들에게 재활치료로 수치료를 제공함으로써 보다 효과적인 치료효과를 기대하고 있다. 그러나 국내에서는 뇌졸중 환자들에게 수치료가 보편화되지 않은 실정이다. 그러므로 저자들은 뇌졸중으로 발생한 편마비 환자들에게 수치료를 제공하여 환자들로 하여금 회복에 대한 운동조절, 보행, 균형 능력의 향상을 연구를 하고자 했다. 따라서 본 연구의 목적은 보바스 치료방법과 수치료 중 할리워 방법의 적용을 통하여 보행 및 균형 향상을 알아보고 물리치료의 중재 시 기초적인 자료를 제공함에 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비가 있는 환자로서, 제주시 소재 H병원에 입원치료 및 외래통원환자 20명을 대상으로 하였다. 대상자 선정조건은 식물인간 상태이거나 무의식 상태이지 않은 자, 욕창 혹은 급성감염이 없는 자, 대소변을 가릴 수 있는 자, 기타의 내과적 질환이 없고, 수치료를 할 수 있는 자, 그리고 본 연구에 자발적으로 참여하기로 동의한 자로 정하였다. 대상자들은 무작위 표본 추출하여 보바스 치료군 10명과 수치료 10명으로 나누어, 대상자들에게 총 6주간 치료프로그램을 참여하도록 하였다. 대상자의 일반적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 일반적인 특성

	나이(세)	성별		유병기간		병명	
		남자	여자	6개월 이내	6개월 이상	뇌경색	뇌출혈
보바스 치료군	63.3±9.0	8(80%)	2(20%)	6(60%)	4(40%)	6(60%)	4(40%)
수치료군	50.2±10.9	2(20%)	8(80%)	5(50%)	5(50%)	3(30%)	7(70%)

평균±표준편차

2. 실험방법

1) 운동방법

두 그룹 모두 공통으로 기능적 전기자극치료(Functional Electrical Stimulation; FES) 20분, 전동상하지 운동기를 각각

15분을 시행하였다. 그 후 수치료군에게는 수치료, 보바스 치료군에게는 보바스 치료를 시행하였다. 재활치료는 주 5회 치료를 하였으며 치료 도중 매 2주마다 치료의 효과를 판정하는 검사를 시행하였고 전체 치료기간은 6주를 하도록 설정하였다.

치료의 수행은 동일한 물리치료사가 동일한 프로그램을 이용하여 동일한 조건에서 시행하도록 하였다. 연구의 시작과 도중 그리고 종료 후 평가항목에 대한 측정에서도 동일 측정자가 측정을 하도록 하여 평가자에 따른 오차를 최소화 하였다.

(1) 보바스치료군

보바스 치료 Kim⁹의 보바스치료 프로그램을 이용하였다. 보바스 치료는 주 5회씩, 1회에 40분, 6주간을 실시하였다.

(2) 수치료군

수중치료 프로그램은 Halliwick 10point program therapy의 것을 기초로 하여 이를 구체화시킨 Nam¹⁰의 수중프로그램을 이용하였다. 수치료 또한 보바스 치료와 동일하게 주 5회, 1회에 40분씩, 6주간의 재활프로그램을 하도록 하였다.

2) 측정방법

(1) 균형 검사

① 동적 균형 분석(BBS)

뇌졸중으로 인한 편마비 환자와 노인성 질환의 이동이나 선 자세의 균형능력을 평가하기 위하여 흔히 사용되고 있는 Berg's 균형척도검사(BBS)를 사용하여 측정하였다. BBS는 14개 항목으로 구성되어 있으며 크게는 앉기, 서기, 자세 변화의 3개 영역으로 나눌 수 있다. BBS는 56점 만점 중에서 45점 이하가 나오면 보행 시 지팡이와 같은 보조 도구가 필요하고 42점 이하일 경우는 낙상의 위험이 높은 것으로 평가된다.¹¹

② 정적 균형분석(static balance analysis)

정적 균형분석 검사는 Good balace-AP1153 (Bio Rescue., 프랑스)으로 측정하였다. 균형분석을 시행 시 대상자는 양말만 신고 플랫폼 위에서 대칭적으로 선 자세에서 손을 엉덩관절에 놓고 머리는 움직임이 없이 눈을 감고 30초, 눈을 뜨고 30초, 정적이고 부동자세를 취하여 정적 균형요소를 측정하도록 한다. 신체의 COG (center of gravity)에 대한 플랫폼 위에 형성된 전체적인 무게의 근거인 COP (center of pressure)로 수동적인 영향인 물체의 위치와 동적인 구성물의 균형을 유지하기 위하여 필요한 COP 라인을 형성할 때 평균 속도(MXS, MYS)를 측정하였다.

(2) 보행분석(Gait Analysis)

환자들의 보행 측정을 위하여 Smart Step System (Andante Medical Devices, 이스라엘)을 이용하였다. 스마트스텝은 시간적, 공간적 보행특성을 분석하는데 높은 신뢰도와 타당성을 가진 장비로서 본 연구에서는 환자의 보행속도(velocity)를 측정하였다. 보행분석기는 최신의 압력 감지 장치인 스마트스텝의 깔창에서 손상된 다리의 발 앞쪽과 뒤꿈치 아래에 가해지는 압력을 측정한다. 발목에 부착된 휴대용 컴팩트 제어장치가 환자의 보행 데이터를 받아 저장하며 임시로 저장되어 있는 데이터는 휴대용 제어장치로부터 소프트웨어가 설치된 컴퓨터로 무선으로 발송된다. 부가적으로 훈련동작과 동시에 그 데이터가 실시간 무선으로 피드백하게 할 수 있게 되어 있다. 특정 소프트웨어가 설치된 컴퓨터가 환자의 체중부하, 속도, 동작의 흐름, 신체균형 등 환자에 관한 데이터를 분석하여 환자의 상태를 알기 쉽도록 도표로 보여준다.

3. 자료분석

모든 자료는 SPSS 12.0 프로그램으로 분석하였다. 각 집단과 측정시기에 따른 변화에 대한 분석은 반복측정분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 균형의 변화

1) 동적균형(BBS)의 변화

BBS의 변화에서 보바스치료군은 치료 전 28.70±7.60점, 2주 후 29.60±8.40점, 4주 후 32.70±8.04점, 6주 후 34.20±8.75점으로 점차 변화가 증가하였다. 또한 수치료군에서도 치료 전 36.40±10.15점, 2주 후 39.20±8.87점, 4주 후 41.60±8.26점, 6주 후 45.70±7.73점으로 점차 변화가 증가하였다(그림 1). 각 군에 대한 균형의 변화를 반복측정분산분석을 한 결과, 시기와 군에 따른 상호작용은 유의한 차이가 없었다. 그러나 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 군간에서도 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$)(표 2).

표 2. BBS의 변화

(단위: 점수)

그룹	시간				시간	p	시간X군
	치료 전	2주 후	4주 후	6주 후			
보바스 치료군	28.70±7.60	29.60±8.40	32.70±8.04	34.20±8.75	0.000	0.020	0.158
수치료군	36.40±10.15	39.20±8.87	41.60±8.26	45.70±7.73			

평균±표준편차

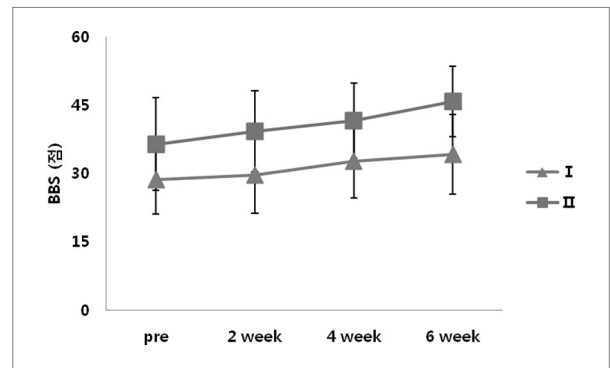


그림 1. BBS의 변화

I: 보바스치료군, II: 수치료군

2) 정적 균형(static balance)의 변화

① 눈뜨고 정적 균형의 변화

눈뜨고 정적 균형의 변화에서 보바스치료군은 치료 전 1.03±0.47mm/s, 2주 후 0.92±0.39mm/s, 4주 후 0.92±0.32mm/s, 6주 후 0.76±0.21mm/s으로 점차 변화가 감소하였다. 그러나 수치료군에서는 치료 전 0.67±0.20mm/s, 2주 후 0.65±0.12mm/s, 4주 후 0.73±0.27mm/s, 6주 후 0.76±0.20mm/s으로 점차 변화가 증가하였다(그림 2). 각 군에 대한 균형의 변화를 반복측정분산분석을 한 결과, 시기와 군에 따른 상호작용은 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$)(표 3).

표 3. 눈뜨고 정적 균형의 변화

(단위: mm/s)

그룹	시간				시간	p	시간X군
	치료 전	2주 후	4주 후	6주 후			
보바스 치료군	1.03±0.47	0.92±0.39	0.92±0.32	0.76±0.21	0.509	0.066	0.046
수치료군	0.67±0.20	0.65±0.12	0.73±0.27	0.76±0.20			

평균±표준편차

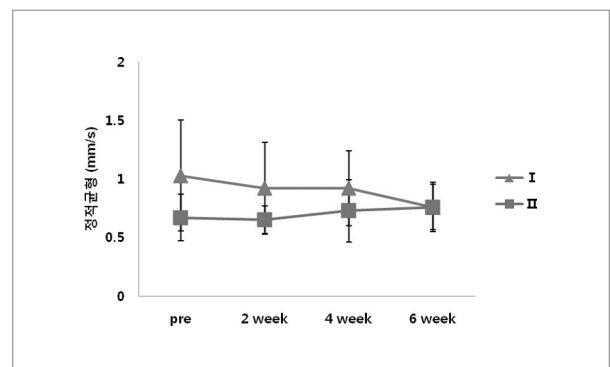


그림 2. 눈뜨고 정적 균형의 변화

I: 보바스치료군, II: 수치료군

① 눈감고 정적 균형의 변화

눈감고 정적 균형의 변화에서 보바스치료군은 치료 전 1.54±1.16mm/s, 2주 후 1.18±0.70mm/s, 4주 후 1.00±0.41mm/s, 6주 후 0.96±0.44mm/s로 점차 변화가 감소하였다. 그러나 수치료군에서는 치료 전 0.73±0.19mm/s, 2주 후 0.75±0.34mm/s, 4주 후 0.71±0.18mm/s, 6주 후 0.70±0.24mm/s로 변화가 거의 없었다(그림 3). 각 군에 대한 균형의 변화를 반복측정분산분석을 한 결과, 시기와 군에 따른 상호작용은 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다(p<0.05)(표 4).

표 4. 눈뜨고 정적 균형의 변화

그룹	시간				시간	p	시간:군
	치료 전	2주 후	4주 후	6주 후			
보바스 치료군	1.54±1.16	1.18±0.70	1.00±0.41	0.96±0.44	0.030*	0.056	0.049*
수치료군	0.73±0.19	0.75±0.34	0.71±0.18	0.70±0.24			

평균±표준편차

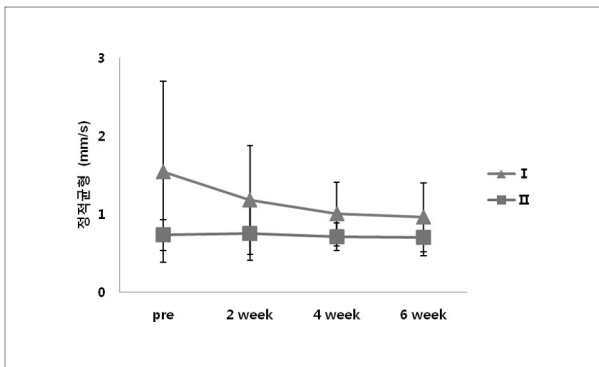


그림 3. 눈감고 정적 균형의 변화
I: 보바스치료군, II: 수치료군

2. 보행능력(속도)의 변화

보행속도의 변화에서 보바스치료군은 치료 전 49.93±17.38m/min, 2주 후 61.64±20.81m/min, 4주 후 65.77±20.00m/min, 6주 후 68.53±32.30m/min으로 점차 변화가 증가하였다. 수치료군에서도 치료 전 61.99±12.10m/min, 2주 후 78.71±22.11m/min, 4주 후 84.69±26.70m/min, 6주 후 85.19±29.80m/min으로 점차 변화가 증가하였다(그림 4). 각 군에 대한 균형의 변화를 반복측정분산분석을 한 결과, 시기와 군에 따른 상호작용은 유의한 차이가 없었다. 군간에서도 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나, 시기별에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다(p<0.05)(표 2).

표 5. 보행능력(속도)의 변화

(단위: m/min)

그룹	시간				시간	p	군	시간:군
	치료 전	2주 후	4주 후	6주 후				
보바스 치료군	49.93±17.38	61.64±20.81	65.77±20.00	68.53±32.30	0.002*	0.088	0.764	
수치료군	61.99±12.10	78.71±22.11	84.69±26.70	85.19±29.80				

평균±표준편차

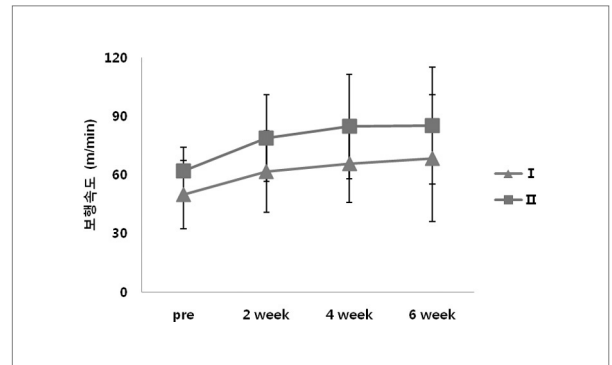


그림 4. 보행속도의 변화
I: 보바스치료군, II: 수치료군

IV. 고찰

뇌졸중 환자의 재활 목표 중 균형 및 보행 능력의 향상은 대상자의 독립 이동을 가능하게 하여 삶의 질을 향상시킴으로써 개인에게 의미 있는 일과 역할에 종사할 수 있도록 하여 자기 존중감을 향상 시켜준다.¹² 그 동안 뇌졸중환자의 재활치료로 보바스 치료법이 그 주류를 이루고 있는 실정이다. 그러나 재활 도중 발생할 수 있는 낙상에 대한 위험성으로부터 완전히 자유롭게 못한 실정이며, 점차 선진국으로 진입하게 되면서 보다 업그레이드 되고 향상된 새로운 기법의 재활치료 방법에 대한 필요성이 대두되고 있다고 할 수 있다. 이러한 사회적 요구의 일환으로 수치료에 대한 관심이 증가하게 되고 있으며, 이미 소수의 서구 국가나 의료기관에서는 물을 이용하여 신경재활치료를 시행하고 있다. 국내에서는 일부 재활치료기관 현장에서 신경계 재활에 수치료를 이용하고 있으나 아직 소수에 그치고 있는 실정이다.

본 연구는 수중에서의 특성을 이점으로 활용하여 뇌졸중 환자를 대상으로 균형 및 균형 향상에 대해 알아보고 물리치료의 중재 시기초적인 자료를 제공하기 위한 것이다. 본 연구에서 측정 변인으로 동적균형, 정적 균형, 그리고 보행 속도에 대해 알아보았다. 동적균형 검사 중 Berg's 균형척도검사는 다양한 자세에 따라 균형을 유지할 수 있는 능력을 평가하는 방법으로 신뢰도가 높은 평

가방법으로 알려져 있으며 원래 초기 노인 또는 균형에 장애가 있는 환자들을 대상으로 고안되어 사용되었다.¹³ 그러나 최근 여러 연구자들에 의해 Berg's 균형척도검사가 뇌졸중 환자들의 기능적인 균형능력을 평가하는 연구에 유용하다고 알려지면서 뇌졸중 환자들의 평가방법으로 널리 사용되어 오고 있다.¹⁴ 최근 Garland 등¹⁵의 연구에서 경증과 중등도의 뇌졸중 환자의 기립자세에서 균형능력을 측정된 결과 중등도 뇌졸중 환자에서 유의하게 증가했다고 보고하였다. 또한 국내의 연구에서 Noh 등¹⁶은 뇌졸중 환자를 대상으로 수중에서 체중부하 훈련과 균형위주의 수중치료를 적용한 결과 Berg's 균형척도검사가 대조군에 비해 수중치료군에서 유의한 증가가 있었다고 보고하였다. 본 연구에서도 보바스치료군과 수치료군 모두 치료전보다 동적균형능력이 증가된 것을 알 수 있었다. 또한, 본 연구에서 보바스치료군보다 수치료군에서 좀 더 향상된 변화가 있었다. 이것은 다른 연구자들이 연구한 수중치료가 보바스치료와 마찬가지로 만성뇌졸중 환자의 기능회복을 향상시킨다는 연구결과들과 유사한 결과를 보여주었다.^{10,17}

물의 역학적 특성 중 부력으로 인해 중력이 상쇄되어 뇌졸중 환자의 관절에 가해지는 부담이 감소하게 되고, 좀 더 넓은 가동범위에서 운동이 가능하게 된다.¹⁸ 본 연구에서 good balance system을 이용하여 정적 균형능력을 측정된 결과, 눈 뜬 상태에서 정적 균형능력은 보바스치료군은 $1.03 \pm 0.47 \text{mm/s}$ 에서 $0.76 \pm 0.21 \text{mm/s}$ 로 점차 감소하는 양상을 보였다. 그러나 수치료군에서는 $0.67 \pm 0.20 \text{mm/s}$ 에서 $0.70 \pm 0.24 \text{mm/s}$ 로 점차 증가하는 양상으로 군과 시기별의 상호작용이 있었다. 눈 감은 상태에서 정적 균형능력은 $1.54 \pm 1.16 \text{mm/s}$ 에서 $0.96 \pm 0.44 \text{mm/s}$ 로 점차 감소하는 양상을 보였으나, 수치료군에서는 변화가 거의 없었다. 이러한 결과는 물의 특성을 고려할 때 수치료 시 보다 넓은 운동범위로 인해 균형능력이 향상되고 있다고 보여진다. 그러나 good balance system을 사용하여 정적 균형능력을 연구한 선행연구가 거의 없기 때문에 이를 충분히 설명하기에는 어려운 제한점이 있다.

편마비를 가진 환자의 재활치료에서 가장 중요한 요소는 보행능력을 회복시키는 것이며, 보행속도의 증가를 보이는 것은 재활치료에서 회복을 의미하는 핵심항목에 해당한다.^{19,20} 정상인의 보행속도는 대체로 1.0m/초 ~ 1.2m/초 정도로 알려져 있다.²¹ 그러나 Holden 등²²이 관찰한 바에 의하면 뇌졸중환자들 중에서 독립적인 보행을 하지 못하는 그룹에서는 보행속도는 정상인의 24%에 해당하였으며, 독립적인 보행이 가능한 환자그룹은 정상인의 약 41% 정도의 보행속도가 유지되고 있다고 하였다. Hess 등¹⁹은 트레드밀을 통한 걷기 훈련에서 환자들의 보행을 쉽게 하기 위하여 현수장치를 이용하여 체중을 지지한 상태에서 훈련을 시행하였는

데 결과적으로 뇌졸중환자에서 대칭적 보행을 가능하게 해주고 경직을 감소시켜 일반 평지를 걷는 것 보다 더 효과가 있다고 하였다. 이러한 연구는 수중에서 재활치료를 할 경우 자연스럽게 부력에 의하여 현수장치를 이용하는 효과가 발생하기 때문에 수중치료가 유리할 수 있다는 것을 의미한다고 할 수 있다. Park과 Song²³은 뇌졸중 환자를 대상으로 수중에서 트레드밀을 이용하여 보행능력을 연구한 결과, 뇌졸중 환자의 보행능력이 호전되는 운동효과를 확인하였다. 본 연구에서는 보바스치료군과 수치료군의 보행능력 중 보행속도를 비교한 결과 수치료군에서 $61.99 \pm 12.10 \text{m/min}$ 에서 $85.19 \pm 29.80 \text{m/min}$ 으로 향상되었고, 보바스치료군에서도 $49.93 \pm 17.38 \text{m/min}$ 에서 $68.53 \pm 32.30 \text{m/min}$ 로 향상되었다. 두 그룹 모두에서 양호한 재활치료의 효과가 관찰되었으나 통계적 유의성은 관찰되지 않았다. 보행속도에 관하여 Nam¹⁰이 연구한 만성뇌졸중 환자에서 동일한 방법으로 연구한 결과에서 두 그룹 모두 보행능력의 향상은 관찰되었으나 그룹간 차이가 보이지 않았다고 하였다. 따라서 본 논문과 유사한 결과를 보였다.

결론적으로 수치료나 보바스치료는 뇌졸중환자나 고령화에 따른 균형과 보행능력이 저하된 환자들에서 보행과 균형조절에 효과적인 재활치료법으로 판단된다. 특히, 수치료는 수중에서의 움직임이 자유롭고, 치료 도중 발생할 수 있는 상해나 낙상의 부담이 없이 재활을 수행할 수 있는 치료과정이다. 그러므로 수중치료가 지상치료보다 편마비 환자에게 쉽고 안전하게 균형과 보행능력의 회복에 긍정적인 효과가 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구는 수치료 적용에 있어 단일병원에서 진행한 연구로서 본 연구를 일반화시키기에 어려움이 있다. 또한 수치료는 지상치료에 비하여 많은 장점을 가지고 있으나, 별도의 설비와 공간을 필요로 하고 고가의 유지비와 장비 등에 대한 제한점이 있다. 이러한 제한점을 보완하여 수치료에 대한 연구가 더욱더 많이 활성화가 되어 물리치료 임상에서 활용도를 증가시킬 수 있는 기초자료로 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 치료에 가장 널리 시행하고 있는 보바스 치료에 대하여 수치료의 재활효과를 연구하였다. 보바스치료군과 수치료군 모두 동적 균형능력이 향상되었고, 보행속도에서도 두 군 모두 향상된 것을 알 수 있었다. 그러나 정적 균형능력은 수치료군에서 향상된 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 보다 더 많은 수치료에 대한 연구가 이루어져야 할 것이며, 물리치료 임상에서 기초자료

로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

Acknowledgement

이 논문은 지식경제부에서 시행한 광역경제권 선도산업 육성사업 (기술개발)의 지원으로 이루어졌음.

참고문헌

1. Duncan PW, Horner RD, Reker DM et al. Adherence to postacute rehabilitation guidelines is associated with functional recovery in stroke. *Stroke*. 2002;33(1):167-77.
2. Langhorne P, Stott DJ, Robertson L et al. Medical complications after stroke: A multicenter study. *Stroke*. 2000;31(6):1223-9.
3. Hyndman D, Ashburn A. People with stroke living in the community: Attention deficits, balance, ADL ability and falls. *Disabil Rehabil*. 2003;25(15):817-22.
4. Kim BN, Lee YH. The influence of pelvic tilt exercise using visual feedback upon the gait characteristics of patients with hemiplegia. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2002;14(1):75-88.
5. Lee KH, Kim HS, Han DW et al. The effect of bobath and conventional method in gate of adult hemiplegic patients. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2008;3(4):277-84.
6. Koury JM. Aquatic therapy programming : Guidelines for orthopedic rehabilitation. *Human Kinetics*. 1996:1-9.
7. Poyhonen T, Sipila S, Keskinen KL et al. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(12):2103-9.
8. Dite W, Temple VA. A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(11):1566-71.
9. Kim DJ. The effects of bobath treatment for trunk alignment on the balance and gait in adult hemiplegic

patients. Dankook University. Dissertation of Master's Degree. 2006.

10. Nam HC. Effect of aquatic therapy for functional restoration in the persons with chronic stroke. Daegu University. Dissertation of Doctorate's Degree. 2006.
11. Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI et al. Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument. *Can J Public Health*. 1992;83 Suppl 2:S7-11.
12. Lee CK. Effects of aquatic rehabilitation exercise on balance and ambulatory capacity in adults with central nerve system disorders. Sungkyunkwan University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
13. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The balance scale: Reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med*. 1995;27(1):27-36.
14. Tyson SF, DeSouza LH. Reliability and validity of functional balance tests post stroke. *Clin Rehabil*. 2004;18(8):916-23.
15. Garland SJ, Ivanova TD, Mochizuki G. Recovery of standing balance and health-related quality of life after mild or moderately severe stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(2):218-27.
16. Noh DK, Lim JY, Shin HI et al. The effect of aquatic therapy on postural balance and muscle strength in stroke survivors a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil*. 2008;22(10-11):966-76.
17. Chou CY, Chien CW, Hsueh IP et al. Developing a short form of the berg balance scale for people with stroke. *Phys Ther*. 2006;86(2):195-204.
18. Park JS. Comparison of the effects of exercise in water and land on the rehabilitation of chronic stroke patients. Eulji University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
19. Hesse S, Werner C, Bardeleben A et al. Body weight-supported treadmill training after stroke. *Curr*

- Atheroscler Rep. 2001;3(4):287-94.
20. Roth EJ, Merbitz C, Mroczek K et al. Hemiplegic gait: Relationships between walking speed and other temporal parameters. *Am J Phys Med Rehabil.* 1997;76(2):128-33.
21. Rhee KJ, Byun KY, Kim BO et al. Comparison between normal group and anterior cruciate ligament deficiency patients after anterior cruciate ligament reconstruction in the pattern of gait. *Journal of Korean Knee Society.* 1996;8(2):184-9.
22. Holden MK, Gill KM, Maglozzi MR. Gait assessment for neurologically impaired patients. Standards for outcome assessment. *Phys Ther.* 1986;66(10):1530-9.
23. Park SW, Song CH. The effect of under-water treadmill training on gait ability in chronic stroke. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science.* 2011;50(2):149-65.