

대한고유수용성신경근촉진법학회 : 제11권 제2호, 2013년 12월
J. of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association
Vol.11, No.2, December 2013, pp.119~126

자세조절 증진이 편마비 환자의 보행과 균형에 미치는 영향 -증례 보고-

이진환·민동기^{1*}

강병원, 계명대학교 대학원 의학과 재활의학교실¹

Effects on Walking & Balance upon Improvement of Postural Control Therapy for Hemiplegic Patient.

Jin-Hwan Lee, PT, MS; Dong-Ki Min, PT, MS^{1*}

Dept. of Physical Therapy, Gang's Hospital

¹Dept. of rehabilitation medicine, Graduate School, Keimyung University

ABSTRACT

Purpose : The neurologically impaired patients have sensory, motor, cognition, perception problems which cause reduction of body schema, balance control and postural control provoke disfunction. The purpose of this case report was to evaluate effects on gait&balance upon improvement of postural control for left hemiplegia.

Methods : This study has performed single subject design from March to April 2013 for 6 weeks. The subject of this study was a 67years old female patient with left hemiplegia. Timed Up and Go (TUG) test and Functional Reach (FR) test were used as evaluation tool. The subject was treated 5 times a week for 30 minutes each.

Results : The result is that the walking velocity was decreased, the ability of gait was improved than before the training. The length of FR was increased from 8.33cm to 22.67cm.

Conclusion : According to the results, the treatment improves subject's ability of walking in this study.

Key Words : Postural control, Gait, Hemiplegia

I. 서론

자세(posture)는 주위의 환경에 대한 신체분절의 정렬을 의미한다. 자세조절(postural control)은 자세정렬의 조절(control of posture alignment)이라고도 하는데 ‘균형(balance)’ 혹은 ‘평형(equilibrium)’과 동의어로 사용된다(Cech와 Martin, 1995). 공간에서 균형을 유지하기 위해 몸의 위치를 조절하는 것을 말하며(O’Sullivan과 Schmitz, 1994) 목적은 지지하는 움직임을 실행할 때 신체가 균형을 유지하면서 기능을 수행하게 되는 것이다. 이러한 자세 조절은 자세 안정성(stability)과 자세 지남력(orientation)으로 이루어지며, 자세 안정성은 신체의 위치를 안정성 한계 내에서 신체중심을 유지하는 능력으로서 안정성 한계라고 설명되어지는 공간의 특정 영역 내에서 신체 중심의 유지를 의미한다. 여기에서 안정성 한계란 신체가 지지면을 변화시키지 않고 자세를 유지할 수 있는 공간 영역의 경계이다. 이 경계는 고정된 것이 아니라 개인의 신체적 역학과 환경의 다양성에 의해서 변화된다(Shumway-Cook, 등, 1996). 인간의 자세를 조절하는 체계는 지지, 안정 그리고 균형의 3가지 기능에 의하여 조절되어지며, 인체는 무한한 자세와 운동변화를 일으킬 수 있는 고도로 발달된 개체로서 숙련된 운동패턴의 발달을 위해서는 복잡한 자세 조절과 중력 중심에 대항해 신체를 유지하기 위한 머리와 체간 및 사지의 상호작용이 필요하다고 하였다(김대영 등, 2001).

적절한 자세 조절은 기립자세를 유지하고 이동하며, 모든 일상생활동작에 필요한 자발적인 팔과 머리의 움직임을 수행하고 신체를 안정화시키는데 필요하며(Dietz, 1992), 구심성 정보와 운동 활동의 복합적인 상호작용에 의해 이루어진다.

자세조절이 잘 이루지기 위한 중요한 요소로는 각 신체 부위가 어디에 어떻게 존재하는지를 아는 능력, 즉 신체 부위에 대한 인식능력을 말하는 신체도식(Body schema)이 있다. 신체 위치와 관련된 정보는 이석, 세반고리관, 근방추, 골지건, 관절수용기, 피부수용기, 눈등 여러가지 감각 기관을 통해서 획득된다. 어떤 과

체를 수행할 때 신체 움직임에 대한 정보는 하나의 감각 정보에 의해 얻어지는 것이 아니라 동원된 신체 분절에 있는 모든 감각 기관으로부터 전달해진다. 각각의 감각기관은 서로 다른 준거에 따른 정보를 중추신경계에 전달해 줌으로써 이를 통합적으로 재구성해야 적절한 반응을 할 수 있어진다. 많은 연구 결과 신체의 움직임을 조절하는데 필요한 정보들 중 지표면에 대한 정보는 시각을 통해서 신체 각 분절의 상대적 위치는 체감각 기관을 통해서 획득된다고 밝혀졌다. 다양한 환경의 변화 속에서 신체 균형을 유지하고 자세를 조절하기 위해서는 환경과 중력에 대한 신체의 위치와 움직임에 대한 정보 간에 통합 작용이 이루어져야한다.

자세조절을 이해하는 열쇠는 기본적인 생체역학적 개념을 이해하는데 있다. 이러한 개념은 신체의 무게중심(COG)과 기저면(BOS) 그리고 이들 사이에서 동요(sway)가 미치는 영향을 포함한다. 무게중심과 기저면의 관계에서 인체는 불안정하게 작용하는 중력을 극복하고 공간 속에서 무게중심을 능동적으로 이동시키기 위해 기저면 위에 수직적으로 무게중심을 유지해야만 한다(Jacobson 등, 1993). 또한 인체는 좁은 기저면에 높은 무게중심을 가지고 있기 때문에 불안정성 평형(unstable equilibrium) 상태에 있어서 신체를 기립하는데 지속적으로 중력이 작용한다(Smith 등, 1996). 인체는 약간의 앞, 뒤, 좌우로 움직이는 자세동요(postural sway)에 대하여 지속적으로 무게 중심을 교정하기 때문에 자세동요를 측정하는 것은 개인의 균형을 평가하는데 있어서 중요한 요소이다. 한 연구에 따르면, 안정적인 기저면 위에 선 자세에서 동작의 시작은 기저면에서 가까운 부위일수록 먼저 나타나는데, 처음에는 맞닿아 있는 발에서, 그다음에는 순차적으로 발목과 다리를 지나 두 팔이 마지막으로 동원된다고 하며(Nashner 1982) 이를 발목전략(ankle strategy)이라고 부른다. 발목전략은 선 자세에서 신체의 요동을 줄이며, 신체 원위부에서 근위부로 근 활성화가 이루어진다는 이론을 바탕으로 하고 있다. (Horak과 Nashner 1986; Rosenbaum 1993; Rothwell 1994, Shumway-cook과 woollacott 2001). 엉덩전략(hip st-

ategy)은 핵심안정성, 골반 및 엉덩관절 부근의 근육을 우선적으로 활성화시키게되는데, 이것이 근 동원의 머리-꼬리순서(cranial-caudal recruitment, 근 위-원위)가 되는 것이다. 최근 연구에서 Shumway-cook & woollacott(2006)은 중력선이 기저면 내에 존재하는 균형 유지에 별 어려움이 없는 조건에서도 신체운동에 걸음전략(stopping strategy)이 나타낸다고 하였다. 또한 체간과 관련해서 머리를 안정화시키는 두 가지 전략이 존재한다. 첫째는 체간에 대한 머리의 안정화 전략(Head stabilization on trunk)인데, 조절하는 자유도를 감소시키기 위해 머리와 체간이 하나의 단위로서 함께 움직이는 것이며(shumway-cook & wollacott, 1995), 공간에서 머리 안정화(head stabilization on space)전략은 체간의 움직임과는 상관없이 공간에서 지속적으로 머리의 정위(orientation)을 유지하게 하는 것이다(Di Fabio와 Emasithi, 1997).

자세조절능력저하는 뇌졸중 환자가 겪는 가동성 문제의 주된 원인 중 하나로 알려져 있다(de Haart 등 2004). 중추신경계 손상으로 신체가 약해지면서 자세 긴장도가 감소하고, 협응 동작의 기본 요소인 신경교차 지배가 사라지면서, 환자의 균형과 동작의 질은 떨어지게 된다. 더불어 자세 안정성과 자세 지남력이 감소하면서 그 결과 동작의 조절 능력 또한 감소하게 된다. 이때 손상된 균형감각에 대한 반응으로써 근 동원순서(Henneman의 동원법칙)와 활동의 변화가 일어나고, 그에 따라서 감각운동 재조직이 일어난다. 이전과는 다른 방식의 동작 및 감각운동 활동의 통합과 조절기능의 변화로 인해 중추신경계로 전달되는 동작 실행의 피드백(Feed back)이 달라진다. 이로 인해 선행성 자세조절과 같은 동작 실행의 근간이 바뀌게 되어 차후의 동작 특성이 변하게 된다. di Fabio(1997)는 뇌졸중 환자가 지지면이 움직이는 연구에서 자세 반응의 비정상적인 협응이 있었음을 보여주었고, Kirker 등(2000)은 뇌졸중 환자의 고관절 부위의 양쪽 외측으로 가하는 힘에 저항하는 능력에 대한 연구에서 근 활동이 느려지고, 적용된 힘의 이완에 대처하고 변위에 저항하는 근

력을 유지하는 데 어려움이 있다는 것을 증명하였다. 이러한 자세조절 문제는 균형 장애, 신체의 지남력 조절장애, 중력에 대항하는 신체의 안정화, 근긴장도 장애(Yelnik 등, 1999), 근력 약화 및 협력적 신전 운동 패턴(Bohannon, 1991) 등으로 인하여 기능적인 독립 보행에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 자세 조절은 기본적인 운동 능력으로서 필수적인 요소라 할 수 있으며, 장기적인 기능 개선과 관련이 있고 보행 능력의 예후를 예측할 수 있는 중요한 지표라고 하였다(Feigin 등, 1996).

본 연구는 상위운동신경원(Upper motor neuron: UMN) 증후군에 의한 자세조절문제를 가진 편마비 환자에 있어 보바스 치료를 통해 보다 효과적인 자세조절과 안정적인 보행을 수행하도록 하여 치료의 전과 후의 변화를 Timed Up and Go(TUG)와 Functional Reach(FR)을 통해 평가해 보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구 대상자는 뇌졸중으로 인해 왼쪽 편마비로 진단받은 1명으로 하였다. 연구 대상자는 나이 67세 여성으로 2013년 1월에 발병하여 재활센터로 옮겨 입원하여 주 5회 운동 치료를 받고 있다. 치료는 6주동안 이루어졌으며, 한 주당 주 5회, 매회 30분 동안 치료를 시행하였고, 연구 대상자의 정보는 다음과 같다.

표 1. 연구 대상자의 정보

<p>Case. Name : 김 ○ ○, F / 67 Dx. : Lt, hemiplegia d/t Rt, thalamic ICH+IVH. On set : 2013. 1. 16. Occupation : 주부 C/C : 잘 견고 싶습니다. Level of Education : 고졸</p> <p>Physical examination 1. mental status : Alert 2. communication : Intact. 3. cognitive function : (MMSE /30) 4. sensory : superficial - impaired proprioception - impaired cortical - impaired 5. ROM : full 6. MMT (Lt) shoulder flexion : F , abduction : P elbow flexion : F , extension : F wrist flexion , extension : F hip flexion : F, extension : P-, abduction : P knee flexion : P- , extension : P- ankle D/F : P , P/F : P 7. Modyfied Ashworth Scale elbow extension : G0 wrist extension : G0 ankle D/F : G1</p> <p>Functional ability * Static standing balance : P Dynamic standing balance : P * Walking(without cane) : Min. assist * Motor Assessment Scale : 22/48 * Berg Balance Scale : 10/56</p>

2. 연구 절차

치료를 시행하는데 있어서의 치료적 구성 요소는 본 연구자의 평가에 의해 감각능력에 따른 자세조절과 보행 패턴에 대한 문제점을 고려해 시행하였다. 그 문제점과 치료는 아래와 같다.

가. 문제점

연구 대상자는 왼쪽의 고유감각 등의 감각 기능 저하와 환측 근 기능 저하로 인한 불안정성으로 인해 울

바르지 못한 자세 정렬을 가지며 동작을 취하는데 있어 시각 의존도가 높다. 건측의 과긴장성으로 고정(Fixation)되어 있어 편심성 조절이 어려운 상태이다. 앉은 자세동안 시선이 오른쪽으로 치우쳐져 있었으며 환측의 골반이 후방경사 되어 있으며, 체간의 COG가 후방으로 이동한 것이 관찰되었고, 체중의 대부분을 오른쪽으로 지지한 상태이다.

일어서기동안, 건측 상지 굴근과 체간 및 고관절 굴곡근을 많이 사용하여 일어나서 전두면으로의 COG이동이 많아 불안정한 모습을 띄며, 환측으로의 체중 지지가 잘 이루어 않고 건측으로 많은 체중 지지 하고 있다. 대퇴사두근의 근 기능 약화로 인해 무릎관절에서의 불안정성이 관찰 되고, 앉는 동안에 하지의 편심성 수축이 어려워 떨썌 주저 앉는 모습이 관찰되었다.

보행동안 보행 시 환측의 감각 기능 저하로 시각적 의존도가 높게 일어나며 환측의 입각기(stance phase) 동안 불안정성으로 인해 적절한 정렬이 이루어 지지 않아 충분한 체중지지를 못해 불안정하며, 슬관절과신전(Genu recurvarum)이 관찰되어 졌다.

나. 치료

치료를 시행하는데 있어서의 치료적 구성 요소는 본 연구자의 평가에 의해 자세조절에 대한 문제점을 고려해 시행하였고, 그 치료는 다음과 같다

1)하지근의 선택적인 움직임 촉진(facilitation)을 통해 환측의 자세조절력 증진 유도

환자는 보행동안 대퇴사두근의 근 긴장력이 강해지고 종아리 근육(Calf muscle)의 과 긴장으로 인해 무릎관절이 후방으로 자주 이동하여 슬관절의 과신전을 사용해서 보행하였다. 이 문제점을 해결하기 위해 다음과 같이 치료하였다.

- ① 바로 누운 자세(Supine)에서 발목관절의 선택적 움직임 유도 - 하지의 닫힌 사슬 운동(Closed-Chain Exercise)에서 가자미근(soleus)

- 의 길이 확보와 비복근(Gastrocnemius) 원위부의 편심성 조절과 근위부의 구심성 조절을 유도
- ② 바로 누운 자세(Supine)에서 대퇴사두근의 구심성 수축과 슬딕근의 편심성 수축을 유도
- ③ 대퇴사두근 원위부의 편심성 조절을 통한 선택적인 골반경사 촉진과 발목과 무릎관절의 안정성과 근위부 슬딕근(hamstring), 둔근(gluteal muscle) 및 복근활동 유도
- ④ 환측 하지의 감각 입력과 선택적 움직임으로 근력 강화 후 환측 하지를 축으로 이용하여 sit up

2) 체간의 선택적인 움직임을 통한 몸통의 움직임 활성화

환자는 몸통 중심 근육(core muscle)의 약화로 늘어진 상태로 적절히 일을 하지 못해 체간 안정성이 떨어져 있었고 하부 체간을 누르는 자세를 취하고 있으며, 건측 상지의 과긴장으로 인해 고정(Fixation)되어 있는 모습이였다. 이 문제점을 해결하기 위해 다음과 같이 치료하였다.

- ① 건측의 뻗는 동작(reaching)을 통해 고정되어 있는 몸통 근육 신장(elongation) 및 환측의 감각 입력 유도
- ② 건측 및 환측 상지의 고정 후 하부 체간의 분리된 움직임 유도(선택적 골반 움직임)
- ③ 상지의 능동적 움직임을 통해 자세안정성과 신체 인식력 증가 유도

3. 측정 방법 및 측정 도구

가. 일어나 걸어가기(Time Up and Go: TUG)

TUG는 민첩성 및 동적 균형능력을 측정하는 도구로써, 팔걸이가 없는 의자에 앉은 자세에서 일어나 가능한 짧은 시간에 3 m을 걸어가 난 후 표적을 돌아 의자로 돌아와 앉는 시간을 측정하였다.

- 1) 측정 과정은 디지털 카메라에 의해 측정하였다.

- 2) 시간 기록은 총 2회 반복 실시하여 빠른 시간을 기록하였다.

나. 기능적 뻗기(Functional Reach ; FR)

FR은 일상생활 동작과 상관관계가 아주 높은 것으로 알려져 있는 균형검사로 피험자가 똑바로 서서 발을 움직이지 않고 한 팔을 90도 든 다음 손을 앞으로 뻗어 손가락 끝 부위에 해당하는 지점에 표시를 한다.

- 1) 측정 과정은 디지털 카메라에 의해 측정하였다.
- 2) 기록은 총 3회 반복 실시하여 중앙값을 내어 기록하였다.

다. 측정 장비

- 1) 등받이가 있는 의자
- 2) 스톱워치, 디지털 카메라
- 3) 줄자

Ⅲ. 연구결과

1. TUG

6주간의 치료 전의 TUG는 52.25초 이었으며, 중간 평가에서 58초로 5.75초 증가하였다. 6주 치료 후에는 43.12초로 치료 전에 비해 전체적으로 9.13초 감소하였다(그림 1).

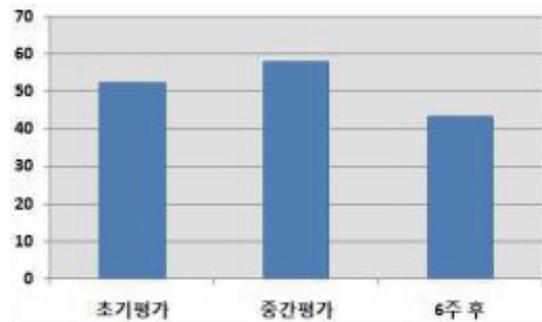


그림 1. TUG의 변화

2. FR

6주간의 치료 전 초기평가에서 FR은 8.34cm이었고 중간평가에서는 11.34cm 이다. 6주 치료 후 예는 22.67cm로 전체적으로 14.33cm 증가하였다(그림 2).

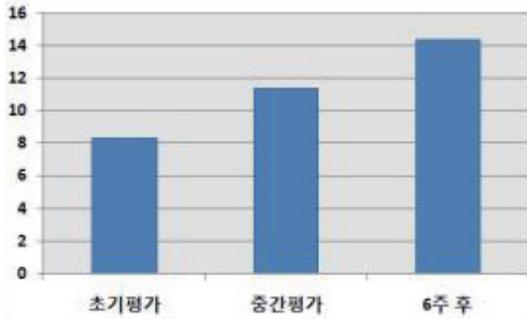


그림 2. FR의 변화

IV. 고찰

뇌졸중 환자의 특징 중 하나는 자세조절에 어려움을 갖는 것이다. 이는 뇌졸중 환자의 감각장애, 편마비, 인지 기능의 저하, 지각장애 등의 원인으로 설명할 수 있다(송보경과 김재현, 2008). 이러한 자세 조절의 저하는 중추신경계 손상 환자에 있어서 주요 문제중하나가 된다. 수의동작의 기반이 되는 안정성이 소실되면 균형 문제, 협응력 및 골격근간 상호작용의 감소, 반응속도 저하와 같은 문제가 발생한다. 뇌졸중 환자들의 재활 치료에 있어 이러한 자세조절은 기능적인 과제 수행을 위한 기본적인 운동 능력에 필수적 요소이며, 기립자세를 유지하고 이동하며, 모든 일상생활 동작에 필요한 자발적인 팔과 머리의 움직임을 수행하고 신체를 안정화시키는데 필요하다(Dietz, 1992; Johansson과 Magnusson, 1991). 뇌졸중 환자의 재활 치료에 있어서 자세 조절은 기능적인 과제 수행을 위한 기본적인 운동 능력에 필수 요소이다(Wade와 Langton, 1987).

사람이 서고 걷는 것과 같은 특정한 행동을 할 수 있는 것은 두 발을 딛고 하는 모든 동작을 수행하는 동안 신경계가 자동적으로 두 발 위에 무게중심의 균형을 맞출 수 있기 때문이다. 따라서 우리의 모든 동작은 자세

조절로 시작해서 자세조절로 끝을 맺는 것이라고 할 수 있다(Dietz 1992.). 보행동안에도 자세 조절은 요구된다. 신체와 환경 사이의 상호작용은 선 자세나 균형을 유지하는데 또는 보행에 아주 중요하며, 체감각과 전정 정보는 공간에서 신체를 지각하는데 도움을 준다(Wade와 Jones 1997).

편마비 환자가 감각을 느끼거나 지각하지 못하더라도 체감각 정보는 중추신경계의 여러 부위에서 통합된다. 오직 환자가 기능적인 동작을 수행할 때에만 감각 정보의 수용 및 통합 능력을 제대로 파악할 수 있다. 신경계 손상 환자의 일부는 정형화된 패턴으로 움직이거나 아예 움직이지 못할 수도 있다. 이와 같은 동작 저하는 수용기의 자극과 활성화를 감소시키며, 중추신경계는 동작을 통한 감각정보의 변화와 신체부위의 조절에 필요한 정보가 감소한다. 본 사례의 경우 이러한 감각 정보의 감소는 균형유지에 시각과 전정기관에 대한 의존도를 높이게 된다.

편마비 환자들은 동적이거나 정적인 자세적응이 잘 이루어지지 않기 때문에 균형과 주변에 대한 적응문제를 가지며, 뇌졸중 환자에게서 나타나는 근력 약화와 감각 및 지각 손상과 함께 분리된 관절움직임과 조절을 방해하는 강직은 기능장애를 흔히 일으키게 된다. 따라서 본 연구는 치료에서 체간과 하지의 선택적인 움직임을 통해 자세조절의 향상과 보다 안정적인 보행이 이루어 질 수 있도록 실시하였다. 본 연구에서 사용되어진 평가도구인 TUG는 노년층의 환자들의 보행 속도와 균형을 기본적으로 임상적으로 측정하기 위한 좋은 평가방법이다(Mathias 등, 1986).

본 연구의 경우 TUG가 1차 측정에서 52.25초로 측정되었으나, 6주간의 치료 후 재측정 시에 43.12초로 약 9초의 시간적 단축이 있었다. 이러한 시간적 단축은 첫 번째 측정과 마지막 측정 시의 환경이나 다른 외부적인 부분도 영향을 미쳤을 수 있다. 또한 본 연구에서 사용되어진 평가도구인 FR로 환자를 평가하였을 때, 초기 평가 시엔 8.33cm을 기록하였으나, 6주후의 최종 평가에서 22.67cm으로 그의 균형능력의 증진되었음을 볼 수 있었다. 6주간의 치료 후 평가에 더불어는 초

기와 비교하여선 환측 에서 조금 더 많은 체중지지를 하면서 다시선 앉기를 하였으며, 무릎 관절에서의 환자들의 증진 된 것을 볼 수 있었다. 또한 초기 보행 평가에 더불어도 약간의 보조를 통한 보행이 가능했으며, 환측의 불안정성으로 슬관절의 과신전과, 발목과 엉덩관절의 불안정성으로 입각기가 짧게 나타났다. 그러나 6주간의 치료 후 독립적으로 3m를 갔다가 돌아 올 수 있을 정도의 보행 능력과 속도 역시 향상 되는 것을 발견 할 수 있었으며, 과신전의 양상 또한 많이 개선되어 졌다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중으로 인한 좌측 편마비 환자를 대상으로 편마비 환자의 자세조절의 개선이 얼마만큼 보행을 효과적이고 안정적으로 수행하도록 하였는가를 초기평가와 6주 치료 후에 TUG와 FR을 통해 비교해 보았고, 결과는 다음과 같다.

첫째, TUG에서 초기측정 52.25초에서 6주 치료 후 43.12로 증가하였다. 둘째, FR에서 초기측정에서 8.33cm(3.2 inch)을 기록하였으나, 6주후의 최종 측정에서 22.67cm (8.9inch)을 기록하였다.

TUG에서 약 9초의 시간의 단축이 되었음을 보여준다. 앞서서도 언급했지만, 초기 측정과 마지막 측정시 환경 차이나 외부적인 영향도 있을 수 있으나, 환측에서의 Body Schema의 증진과 더불어 근 기능이 증진함으로 인해 슬관절 에서의 조절능력의 향상으로 안정성이 증진되어져 이러한 요소들이 시간 단축에 영향을 미친 것으로 추측해 본다. 실험과 평가를 마치고 TUG의 세분화된 측정이 이루어지지 못한 점 아쉬움이 남는다. 아울러 FR에서 초기측정보다 6주후 측정을 통해 나타난 결과를 통해, 본 연구의 체간과 하지의 선택적인 움직임의 치료적 접근이 균형 능력과 보행능력의 증진에 도움을 줬음을 볼 수 있었다.

그러나 본 연구의 제한점은 짧은 시간 동안 환자 한 명만을 대상으로 시행하여 비록 환자의 상태가 부분적으로 개선되었으나 전반적으로 향상되었다고 보기는

어려우며, 이 환자가 편마비환자의 모든 경우를 대변하기는 어렵다고 본다. 따라서 더 많은 연구 대상자들을 선정하여 좀 더 기간을 두고 정량적이고 심도 있는 연구의 진행이 필요할 것이라고 생각된다.

참고 문헌

- 김대영, 이원희, 박종윤 등. 주 조절점 핸들링을 이용한 항중력운동이 편마비 환자의 자세적응에 미치는 영향. 한국 BOBATH학회지. 6(1):13-26, 2001.
- 송은영, 송보경. 보바스 접근법에 의한 자세조절 증진이 편마비 환자의 보행에 미치는 영향. 대한 신경치료 학회지. 14(1):45-51, 2009.
- 황병용 역. Bente E. Bassoe G. 보바스 개념의 성인 신경치료학. 서울 메드-메디아. 2008.
- Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and treatment. 3rd ed. London, Butterworth-Heinemann Medical Books, 1990.
- Dietz V. Human neuronal control of automatic functional movements: interaction between central programs and afferent input. *Physiol Rev.* 72:33-69, 1992.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J et al. Functional reach: A new clinical measure of balance. *J Gerontol.* 45(6):M192-M197, 1990.
- FeiginL, Sharon B, Czaczkes B et al. Sitting equilibrium 2 weeks after a stroke can predict the walking ability after 6 months. *Gerontology.* 42(6):348-353, 1996.
- Horak FB, Nahner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol.* 55:1361-1381, 1986.
- de Haart M, Guerts AC, Huidekoper SC et al. Recovery of standing balance in post-acute stroke patients: A rehabilitation cohort study. *Arch phys med rehabil* 85(6):886-895,

2004.

Maki EB, Mclloy WE. The role of limb movements in maintaining upright stance: the 'change-in-support' strategy. *Phys Ther.* 77: 488-507, 1997.

Nashner LM. Adaptation of human movement to altered environments. *TINS* 358-361, 1982.

Wade DT, Hower RL. Motor loss and swallowing difficulty after stroke: Frequency, recovery, and prognosis. *Acta Neurol Scand.* 76(1):50-54, 1987.

Weiner DK, Bongiorni DR, Studenski SA et al. Does functional reach improve with rehabilitation? *Arch Phys Med Rehabil.* 74:796-800, 1993.

Yelnik A, Albert T, Bonan I et al. A clinical guide to assess the role of lower limb extensor over-activity in hemiplegic gait disorders. *Stroke.* 30(3)580-585, 1999.