

PNF 매트 운동이 뇌졸중 환자의 균형수행력 향상에 미치는 효과

송주민 · 김수민

울산과학대학 물리치료과

The Effect of Mat Activities in PNF on Improvement of Balance Performance in Stroke Patients

Ju-Min Song, P.T., Ph.D, Soo-Min Kim, P.T., Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, Ulsan Science College

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effect of mat activities in PNF on improvement of balance performance in stroke patients.

Methods : Included 12 persons with stroke who were living in the community. They participated in exercise class for 60minutes duration three times a week for 6 weeks. Mat activities in PNF program was modified PNF patterns and techniques on various posture. Balance indexes were measured at pre-treatment, post-treatment and follow-up by K.A.T.3000.

Results : Balance index scores had larger improvements after 6 weekends of treatment($p<.05$) than pre-treatment, also follow-up test($p<.05$).

Conclusion : The result of this study showed that PNF mat activities intervention can improve balance performance in disabled persons after stroke.

Key Words : Mat activities, PNF, CVA, Balance performance

교신저자 : 송주민(e-mail: ptjmsong@empal.com)

논문접수일: 2007년 5월 14일 / 수정접수일: 2007년 5월 30일 / 게재승인일: 2007년 6월 7일

I. 서 론

일상생활에서 특정 자세를 유지하거나, 신체를 움직이면서 과제를 수행할 때 또는 기대하지 못한 외부의 힘에 의해 신체가 동요할 때 신체를 보호하기 위해 균형을 유지하고 발달시키는 것은 다양한 환경에서 활동하는데 중요하다. 균형은 신경계와 근골격계의 통합이 관여하는 매우 복잡한 기능으로 시각, 청각, 전정각각 및 고유수용기로부터 유입된 자극에 대한 중추신경계의 통합작용, 시각적 공간 인지력, 환경변화에 대해 빠르고 정확하게 반응하는 근 긴장도, 근력, 지구력 및 관절의 유연성 등의 다양한 기능적 요인이 관여하고 이들 요인의 장애에 의해 균형 수행력의 상실이 야기될 수 있다(Allum 등, 1998; Sumway-Cook과 Horack, 1986; Carr과 Shepherd, 2003). 지지면을 움직여 신체 동요에 대한 근육 반응을 연구함으로써 균형을 유지하기 위한 자동적 자세 반응을 연구한 결과, 변화하는 지지면에 대해 신체의 원위에서 근위 쪽으로 근육 수축이 협력작용(synergy)으로 나타났다. 또한 팔 뻗기나, 잡기 등의 동작을 포함한 과제 수행에서도 과제 수행을 위한 주동근 보다 균형을 유지하는 자세 유지근의 선행적인 수축이 있었다(Kandael 등, 2001; Dean 등, 1999). 그러므로 자세조절을 위한 균형 획득을 강화하는 치료 전략은 일상생활동작을 하는 동안 목표 지향적인 과제들을 수행하기 위한 기본이 된다고 생각된다.

뇌의 허혈성 또는 출혈성 손상으로 인한 신경학적 결함이 나타나는 뇌졸중은 의료기술의 발달로 생존율은 크게 증가된 반면, 일상생활동작 제한과 균형수행력의 감소 등으로 인한 보행의 기능적 독립성이 제한된 채 삶을 유지해야하는 뇌졸중 장애인의 수는 늘어나는 실정이다(Richard 등, 1993; Thaut 등, 1997; Whittall 등, 2000). 균형수행력이 감소된 뇌졸중 환자는 마비측으로 체중을 부하하는 것이 어렵고, 중력중심을 유지하거나 기능적 동작 수행 시 선행적 자세조절 능력이 부족하다(Shumway-Cook과 Woollacott, 2001; Morgan, 1994; Sakley, 1990). 이는 뇌졸중 후 하퇴삼두근의 경직에 의한 아킬레스건의 단축으로 제한된 족관절의 배측 굴곡 정도와 근력의 약화 그리고 고유수용성 정보 상실이 균형 수행력과 운동조절에 영향을 주는 편측 감

각 소실에 의해 일어난다(Morgan, 1994; Thaut 등, 1997). 이로 인해 대부분의 뇌졸중 환자는 체중을 이동할 때 나타나는 불안감을 줄이기 위해 동작이나 물건을 잡을 때 넘어지지 않도록 쉽고 안전한 대상적 방법인 비마비측 손을 사용하게 되므로(Pai 등, 1994), 기능적 동작 수행 능력을 재획득 할 수 있는 앉은 자세에서 서기, 서서 균형 잡기와 보행과 같은 이동 동작 시에 마비측 상지의 동작을 포함하는 균형 훈련프로그램을 제공하는 것이 중요하다(Dean과 Shepherd, 1997; Eng와 Shu, 2002).

기능적 동작은 대단위 근육군을 동원하여 다면상에서 회전의 요소를 결합한 운동 형태가 나타나므로, 뇌졸중으로 인해 기능적 동작의 제한이나 다른 근육에 의한 대상작용이 나타날 때 이를 교정하여 바른 움직임이 일어날 수 있도록 해당 근육의 동원을 강화시킬 수 있는 대단위 운동의 중재가 필요하며, 이러한 대단위 운동에 적절한 치료방법으로 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation: PNF)을 들 수 있다(Ferber 등, 2002; Hall과 Brady, 1999). 고유감각(proprioceptive sensory)은 공간에서 자세의 인식, 운동감각, 위치감각, 중량감각, 근수축 타이밍에 관여하며, 전정기관으로부터의 입력과 협조하여 균형을 유지하고, 근 긴장을 정상화하여 자세와 운동을 조절한다(Allum 등, 1998; Kandael 등, 2001). 다양한 기술로 고유수용기를 자극하는 PNF는 근력, 유연성 및 균형수행력을 증가시키며, 신경근계 자극에 반응하는 협응력을 증가시켜 운동단위가 최대로 반응하도록 하는 효과적인 운동치료이다(O'Sullivan과 Schmitz, 2001).

그룹운동치료는 환자들 사이에 정보교류 및 사회적 상호작용을 함으로써 삶의 동기부여를 제공하는 긍정적 측면이 있으며, 지역사회 시설과 자원을 최대한 활용할 경우 비용과 인력을 절감할 수 있어 효율적이다(Carr와 Shepherd, 2003; Rusi, 1991).

이에 본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 균형수행력 증진을 위해 그룹운동 형태로 지지 기저면이 다른 다양한 자세에서 환측과 건측을 대칭적 또는 비대칭적으로 운동할 수 있는 PNF의 패턴과 기술을 응용한 PNF 매트 운동 프로그램을 적용하여 치료 전과 치료 후 그리고 추적 조사에 의해 그 효과를 관찰하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

뇌졸중으로 진단받고 마비측 사지의 운동장애가 나타나 2, 3급의 장애등급을 판정 받은 뇌졸중 장애인 12명을 대상으로 하였다. 한국판 약식 정신검사(MMSE-K) 점수가 20점 이상인 자로 하였으며, 운동 평가 척도(MAS)에서 걷기 점수가 2점 이하인 자와 불안정한 심장 질환자는 제외하였다.

2. 연구 설계

뇌졸중 환자를 대상으로 PNF 매트 운동은 매주 3회, 6주간 실시하였으며, 매회 운동은 60분간 적용하였다. 결과 측정은 치료 전과 치료 후(치료시작 6주 후)에 실시하였으며 추적검사는 치료 종료 6주 후(치료시작 12주 후)에 실시하였다.

3. PNF 프로그램 적용

주별 운동프로그램은 표 1과 같다.

4. 균형 수행력 평가 및 도구

균형수행력 평가를 위해 검사의 신뢰도와 타당도가 높다고 인정된 K.A.T. 3000(Kinesthetic Ability Trainer)을 사용하였다. 이 균형 측정기구는 원형 발판 중간에 작은 축이 있어 전, 후, 좌, 우 여러 방향으로 기울어질 수 있게 설계되어 있다. 원형발판 위에 발판이 기울어지는 각도를 감지하는 감지기가 원형발판 전면에 부착되어 1° 기울어질 때 모니터에 커서가 3.5mm의 비율로 이동하게 되며, 스크린상의 Q1, Q2, Q3, Q4의 각 부분의 지수총합이 균형지수가 된다. 이것은 균형지수가 높을수록 균형수행력이 낮은 것을 의미한다.

5. 자료 분석

측정결과를 통해 나온 각 변인들의 비교 분석을 위해 SPSS 12.0 Win을 사용하여 치료 전, 치료 후 및 추적 검사 간의 차이를 통계학적으로 검증하고자 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, LSD로 사후검정을 하였다.

표 1. Weekly exercise schedules

1 week	<ul style="list-style-type: none"> • Mass flexion • Mass extension • Chopping & Lifting • Upper pattern & Lower pattern 	Rolling
2 week	<ul style="list-style-type: none"> • Supine to hook lying • Hooklying(weight shifting) • Lower trunk rotation in the hooklying • Bridging 	Rolling
3 week	<ul style="list-style-type: none"> • Supine to sidelying on elbow • Side lying on elbow to side sitting • Side sitting to long sitting • Scooting in long sitting 	Supine Progression
4 week	<ul style="list-style-type: none"> • Prone to on elbow • Quadruped position(weight shifting) • Quadruped position to side sitting 	Prone Progression
5 week	<ul style="list-style-type: none"> • Crawling • Quadruped to kneeling • Kneeling(weight shifting) 	Prone Progression
6 week	<ul style="list-style-type: none"> • Half kneeling • Half kneeling(weight shifting) • Standing • Standing(weight shifting) • Stepping • Walking 	Prone Progression Walking

III. 결 과

1. 연구대상자의 특성 비교

연구대상자의 일반적 특성은 남자가 6명(50%), 여자가 6명(50%), 평균 연령은 61.50세이었고, 신장은 160.92cm, 체중은 63.00kg이었다.

연구대상자의 병력 특성은 발병일로부터 평균 72.58개월이었고, 출혈성 뇌손상 환자는 7명(58%), 허혈성 뇌손상 환자는 5명(42%)이었다. 우측 편마비는 6명(50%), 좌측 편마비는 6명(50%)이었다. 물리치료를 경험한 환자는 7명(58%)이었고, 물리치료를 경험하지 않은 환자는 5명(42%)이었다. 걸기 점수는 평균 4.2이었고, MMSE-K는 22.92이었다.

2. 균형분석

1) 총 균형지수(total balance index; score)

총 균형지수 평균은 치료 전 2783.50(±1534.37), 치료 후 559.08(±391.73), 추적검사 676.92(±411.21)로 측정시점에 따른 결과는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<.05) 사후 검증을 위해 LSD를 실시한 결과, 치료 전과 치료 후, 치료 전과 추적검사 사이에서 유의한 차이가 있었으나(p<.05), 치료 후와 추적검사 사이에는 유의한 차이가 없었다. 이는 치료 후에 정적 선 자세 유지 시에 환-건축과 전-후측으로 자세 흔들림(postural sway)의 정도가 감소되어 전반적인 균형수행 능력의 향상을 나타내고 치료 후 균형 수행능력의 향상이 6주 후 추적검사에서

도 유지되고 있음을 나타낸다(표 2, 그림 1).

2) 건축 균형지수(unaffected side balance index; score)

건축 균형지수 평균은 치료 전 1656.08(±12896.08), 치료 후 205.92(±172.30), 추적검사 378.92(±407.50)로 측정시점에 따른 결과는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<.05) 사후 검증을 위해 LSD를 실시한 결과, 치료 전과 치료 후, 치료 전과 추적검사 사이에서 유의한 차이가 있었으나(p<.05), 치료 후와 추적검사 사이에는 유의한 차이가 없었다. 이는 정적자세 유지를 위한 건축과 환측의 대칭성이 향상된 것을 나타내며, 치료 후 균형 수행능력의 향상이 6주 후 추적검사에서도 유지되고 있음을 나타낸다(표 3, 그림 1).

3) 환측 균형지수(affected side balance index; score)

환측 균형지수 평균은 치료 전 1127.42(±1195.45), 치료 후 353.17±229.80, 추적검사 298.00(±196.61)으로 측정시점에 따른 결과는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<.05) 사후 검증을 위해 LSD를 실시한 결과, 치료 전과 치료 후, 치료 전과 추적검사 사이에서 유의한 차이가 있었으나(p<.05), 치료 후와 추적검사 사이에는 유의한 차이가 없었다. 이는 정적자세 유지를 위한 환측과 건축의 대칭성이 향상된 것을 나타내며, 치료 후 균형 수행능력의 향상이

표 2. One-Way ANOVA on total balance index at pre-treatment, post-treatment and follow-up test

S	SS	df	MS	F	P-value
Between	37598430	2	18799215	21.069	.000*
Within	29445201	33	892278.8		
Total	67043631	35			

* P <.05

표 3. One-Way ANOVA on unaffected side balance index at pre-treatment, post-treatment and follow-up test

S	SS	df	MS	F	P-value
Between	15056268	2	7528134	12.2028.451	.000*
Within	20360027	33	616970.5		
Total	35416295	35			

* P <.05.

표 4. One-Way ANOVA on affected side balance index at pre-treatment, post-treatment and follow-up test

S	SS	df	MS	F	P-value
Between	5161754	2	2580877	5.092	.012*
Within	16726307	33	506857.8		
Total	21888060	35			

* P <.05.

표 5. One-Way ANOVA on forward balance index at pre-treatment, post-treatment and follow-up test

S	SS	df	MS	F	P-value
Between	16705998	2	8352999	8.451	.001*
Within	32616353	33	988374.3		
Total	49322351	35			

* P <.05.

표 6. One-Way ANOVA on backward balance index at pre-treatment, post-treatment and follow-up test

S	SS	df	MS	F	P-value
Between	43544050	2	2177025	5.356	.010*
Within	13413875	33	406481.0		
Total	17767925	35			

* P <.05.

6주 후 추적검사에서도 유지되고 있음을 나타낸다 (표 4, 그림 1).

전방 균형지수 평균은 치료 전 1722.83(±1685.58), 치료 후 309.00(±268.96), 추적검사 248.42(±227.15)로 측정시점에 따른 결과는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<.05) 사후 검증을 위해 LSD를 실시

4) 전방 균형지수(forward balance index; score)

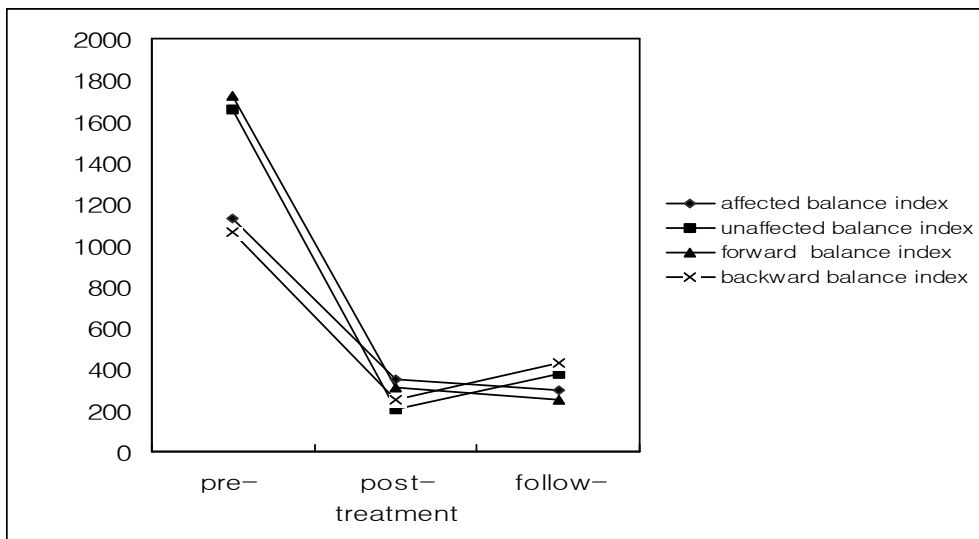


그림 1. Balance index scores change at pre-treatment and post-treatment, and follow up test.

한 결과, 치료 전과 치료 후, 치료 전과 추적검사 사이에 서 유의한 차이가 있었으나($p < .05$), 치료 후와 추적검사 사이에는 유의한 차가 없었다. 이는 정적자세 유지를 위한 전방과 후방의 대칭성이 향상된 것을 나타내며 치료 후 균형 수행능력의 향상이 6주 후 추적검사에서도 유지되고 있음을 나타낸다(표 5, 그림 1).

5) 후방 균형지수(backward balance index; score)

후방 균형지수 평균은 치료 전 1060.67(± 1003.93), 치료 후 250.08(± 300.78), 추적검사 428.50(± 348.00)으로 측정시점에 따른 결과는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($p < .05$) 사후 검증을 위해 LSD를 실시한 결과, 치료 전과 치료 후, 치료 전과 추적검사 사이에서 유의한 차이가 있었으나($p < .05$), 치료 후와 추적검사 사이에는 유의한 차가 없었다. 이는 정적자세 유지를 위한 후방과 전방의 대칭성이 향상된 것을 나타내며 치료 후 균형 수행능력의 향상이 6주 후 추적검사에서도 유지되고 있음을 나타낸다(표 6, 그림 1).

IV. 고 찰

뇌졸중 장애인의 대부분은 고령자로 병원치료 후 지속적이고 적절한 관리를 받지 못하면 체력이 감소하여 심혈관계 문제와 균형수행력의 감소에 의해 낙상에 대한 위험 요인들이 발생하게 되며, 생활 범위가 집안으로 제한 될 경우 육체적인 문제는 물론 정서적인 측면에도 영향을 줄 수 있다. 그러므로 적절한 치료방법을 제공하여 운동성과 지구력을 강화하고 기능적 활동을 향상시킬 수 있는 안전하고 효율적인 운동프로그램 개발이 중요하다(Eng과 Shu, 2003; Lord 등, 2004). 물리치료사와 여러 환자가 동시에 실시할 수 있는 그룹치료는 치료사의 업무를 가중시키지 않고 환자 스스로 운동하는 시간을 늘릴 수 있을 뿐만 아니라 환자들 간의 상호작용에 의해 정서적으로 긍정적인 강화도 이끌어 낼 수 있으며 환자보호자나, 봉사자의 보조를 받을 수도 있다(Rusi, 1991; Carr과 Shepherd, 2003; Eng과 Shu, 2002). 이에 본 연구에서는 2,3급 장애인 판정을 받은 재가 뇌졸중 장애인들을 대상으로 균형수행력을 증진시키기 위해 그룹운동치료를 적용하

였다.

뇌졸중 환자의 기능 회복을 증진시키기 위한 중재에 대한 많은 연구가 시행되었는데, 마비측 사용을 촉진하도록 설계된 기구를 적용한 연구, 환측 상지의 강제 유도 훈련을 적용한 연구, 과제 지향적 운동을 적용한 연구, 강제 유도훈련과 PNF 기술을 접목한 연구, 이동과제(locomotor tasks)를 수행하여 상지운동과 더불어 균형촉진과 보행 증진에 치료적 초점을 강조한 연구, 가상현실을 이용한 균형수행력 증진을 위한 연구들이 보고되었다(Jang 등, 2003; Perry 등, 1997; Liepert 등, 2001; Dean 등, 2000; Lum, 2002; Taub 등, 2003; Fasoli 등, 2003; Broern 등 2004). 또한 시각 피드백 훈련, 과제훈련(보행, 계단 오르내리기), 불안정한 기저면 보행훈련과 하지근육의 고강도 훈련이 균형수행력에 미치는 영향을 알아보기 위한 연구도 보고되었다(Pyöriä 등, 2004). 이들 연구의 주된 결론은 특정 동작과 기능들을 자발적으로 사용할 수 있도록 고안된 집중적인 운동프로그램을 반복 적용하여 운동학습이 이뤄질 때 뇌졸중 환자의 균형수행력을 포함한 운동기능회복이 증진될 수 있다는 것이다. 따라서 본 연구에서도 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 균형수행력 증진을 위해 PNF의 패턴과 기술을 응용하여 환자가 자발적으로 환측과 건측을 대칭적, 또는 비대칭적으로 사용할 수 있는 PNF 매트운동을 설계하여 6주간의 반복 훈련을 실시하였다. 또한 신체의 작은 이동이 동반된 간단한 동작을 연습하는 것은 균형에 대한 감각을 재학습하는데 효과가 있고, 환자가 스스로 움직일 수 있다는 자신감을 회복하므로(Kusoffsky, 2001), 체간의 조절과 균형 능력 향상을 위해 지지기저면이 다른 누운 자세, 네발기기 자세, 무릎 앉기 자세, 반 무릎 선 자세, 앉은 자세, 선 자세 및 발뒤꿈치 들고 선 자세에서 여러 방향으로 팔 뻗기 동작을 유도하여 체중을 이동시키는 훈련을 포함한 PNF 매트운동을 적용하였다.

균형수행력을 평가하기 위한 방법으로 과제를 수행하는 동안 제공되는 기저면을 변화시켜 기저면내에 중력중심점을 유지하는 능력을 평가하는 베르거 균형 검사(Berg balance test)(Garland, 2003; Karlsson과 Frykberg, 1999), 발판위에 정적으로 서있게 하여 중력중심점이 흔들리는 정도를 평가하

는 방법인 중력 코오드(Gravicorder) 측정법(Maeda 등, 2001), 갑작스런 동요반응에 대해 대상자가 자동자세 반응에 의해 얼마나 빠르게 적절히 균형을 유지하고 적응하는지를 체중분포의 대칭성과 흔들림의 진폭 등으로 평가하는 Equi 검사 시스템(Equi test system)(Shimada 등, 2003; Ikai 등, 2003)이 사용되었다. 또한 Pyöriä 등(2004)은 기능적 서기 균형(Functional Standing Balance: FSB) 검사에서 흔들림의 속도를 측정하였다. 본 연구에서는 균형수행력 평가에 검사의 신뢰도와 타당도가 높다고 인정된 K.A.T. 3000(Kinesthetic Ability Trainer)을 사용하여 총균형지수, 환측균형지수, 건측 균형지수, 전방 균형지수 및 후방균형지수를 측정하여 균형수행력을 분석하였다.

선행연구에 의하면 의자에서 일어나기와 같은 체중이동 동작과 하지근 강화 훈련을 적용한 결과 균형능력의 향상이 보고되었고, 근력강화, 균형 및 지구력 향상을 위해 마비측 사용을 강조하는 운동 프로그램의 적용 또한 상지 및 보행 기능의 회복과 더불어 균형 수행능력의 향상에 효과적이라고 보고되었으며, 피드백 시스템(biofeedback system)훈련으로 환측과 건측의 대칭성이 향상되었으며, 4주 후 추적조사에서도 향상된 균형수행력과 보행의 대칭성이 유지되었다고 한다(Eng 등; 2003, Duncan, 2003; Nichols, 1997). 본 연구에서도 지지기저면이 다른 다양한 자세에서 또는 한 자세에서 다른 자세로의 이동 동안 PNF 패턴을 응용한 상하지의 대칭, 비대칭 운동을 실시하여 전, 후, 좌, 우로의 체중이동을 동반한 균형훈련과 스텝핑(steping) 및 보행 훈련으로 구성된 PNF 매트 운동이 총균형지수, 환측균형지수, 건측 균형지수, 전방 균형지수 및 후방균형지수를 감소시켰고 이는 정적 균형 수행 동안 자세의 동요가 감소되었음을 의미한다. 치료 전, 건측균형지수가 환측균형지수보다 높은 것은 건측으로 자세동요가 높은 것으로 건측으로의 체중지지 정도가 높은 것을 의미하며, 이는 비대칭적인 자세를 나타나게 한다. 치료 후, 환측균형지수의 감소는 환측의 자세 동요 감소를 의미하고, 치료전과 치료후의 건측균형지수와 환측균형지수의 차도 감소하였으며 이는 환측과 건측의 전체 자세동요의 감소를 의미한다. 이러한 균형수행력의 증진은 6주 후 추적 조사에서도 유지된 것으로 나타났다.

V. 결 론

PNF 매트 운동이 뇌졸중 환자의 균형수행력 증진에 미치는 효과를 알아보기 위해 2,3급 장애 판정을 받은 뇌졸중 장애인 12명을 대상으로 PNF 패턴과 기술을 응용한 그룹운동 프로그램을 주 3회씩 6주간, 매 회 60분간 실시하였다. 균형수행력의 평가를 위해 K.A.T.3000을 이용하여 치료 전, 치료 후 및 추적 검사로 측정하여 분석하였다.

치료 전과 치료 후의 총 균형지수, 환측균형지수, 건측균형지수, 전방균형지수 및 후방 균형지수는 유의하게 감소하여 균형수행력의 향상을 나타내었으며, 치료 후와 6주 후 추적 검사의 결과 사이에는 유의한 차가 나타나지 않아 치료 후의 균형수행력 증진이 6주 후에도 유지되는 것으로 관찰되었다.

참 고 문 헌

- Allum, J.H.J. et al. Proprioceptive control of posture: a review of new concepts, *Gait & Posture*, 8(3), 214-242. 1998.
- Browen, A., Wenman, R. and Sunnerhagen K.S. Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 85. 1249-1250. 2004.
- Carr, J. H., Shepherd, R. B. Stroke rehabilitation, London: Butterworth -Heinemann. 2003.
- Dean, C., Shepherd, R. & Adams, R. Sitting balance I: trunk - arm coordination and the contribution of the lower limbs during self-paced reaching in sitting, *Gait & Posture*, 10(2), 135-146. 1999.
- Duncan, P., Studenski, S., Richards, L., Gollub, S., Lai, S. M., Reker, D., Perera, S., Yates, J., Koch, V., Rigler, S., Johnson, D. "Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke*, 34, 2173-80. 2003.
- Eng, J. J. Shu, K. S. Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke.

- Arch Phys Med Rehabil, 83, 1138-44. 2002.
- Eng, J. J., Chu, K. S., Kim, C. M., Dawson, A. S., Carswell, A., Hepburn, K. E. A community-based group exercise program for persons with chronic stroke. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 1271-78. 2003.
- Fasoli, S. I., Krebs, H. I., Stein, J., Frontera, W. R., Hogan, N. Effect of robotic therapy on motor impairment and recovery in chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 84, 477-82. 2003.
- Feber, R., Osterning, L. R., Gravells, D. C. Effect of PNF stretch technique on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *J. of Electromyography and Kinesiology*, 12, 391-97. 2002.
- Garland, S. J., Willems, D. A., Inanova, T. D., Miller, K. J. Recovery of standing balance and functional mobility after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 84, 1753-59. 2003.
- Hall, C. M., Brady, L. T. *Therapeutic Exercise*, Lippincott Williams & Wilins. 1999.
- Jang, S. H., Kim, Y. H., Cho, S. H., Lee, J. H., Park, J. W., Kwon, Y. H. Cortical reorganization induced by task-oriented training in chronic hemiplegic stroke patients. *Neuroreport*, 14, 137-41. 2003.
- Kandael, E.R., Schwartz, J.H. & Jessel, T.M. *Principles of Neural Science*, 4th, MacGrew-Hill Company.(2000),
- Karlsson, A., & Frykberg, G. Correlations between force plate measure for assessment of balance. *Clinical Biomechanics*, 15, 365-69. 1999.
- Kusoffsky, A., Apel, I., Hirschfeld, H. Reaching-lifting-placing task during standing after stroke: Coordination among ground forces, ankle muscle activity, and hand movement. *Arch Phys Med Rehabil*, 82, 650-60. 2001.
- Liepert, J., Uhde, I., Graf, S., Leidner, O., Weiller, C. Motor cortex plasticity during forced-use therapy in stroke patients: a preliminary study. *J. Neurol.*, 248, 315-21. 2001.
- Lord, S. E., McPherson, K., McNaughton, H. K., Rocheter, L., Weatherall, M. Community ambulation after stroke: How important and obtainable is it and what measures appear predictive? *Arch Phys Med Rehabil*, 85, 234-39. 2004.
- Lum, P. S., Burgar, C. G., Shor, P. C., Majmundar, M., Loos, M. Robot-Assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 83, 952-59. 2002.
- Maeda, A., Nakamura, K., Higuchi, S., Yuasa, T., Motohashi, Y. Postural sway during cane use by patients with stroke. *Am. J. Phys Med Rehabil*, 80, 903-08. 2001.
- Morgan P. The relationship between sitting balance and mobility outcome in stroke. *Aust J Physiother*, 40, 91-96. 1994.
- Nichols, D. S. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Physical therapy*, 77, 553-58. 1997.
- O'Sullivan, S. B., Schmitz, T. J. *Physical rehabilitation: Assessment and Treatment*. 4th edition. 529-64. 2001.
- Pai, Y. C., Rogers, M. W., Hedman, L. D., Hanke, T. A.. Alterations in weight-transfer capabilities in adults with hemiparesis, *Physical therapy*, 74, 647-57.(1994)
- Perry, J. *Gait analysis : Normal and pathological function*, New York: McGraw-Hill Inc. 1997.
- Pyöriä, O., Era, P., Talvitie, U. Relationships between standing balance and symmetry measurements in patients following recent strokes(≤ 3 weeks) or older strokes(≥ 6 months). *Physical therapy*, 84, 128-36. 2004
- Richards, C. L., Malouin, F., Wood-Dauphinee, S., Williams, J. I., Bouchard, J. P., Brunet, D.

- Task-specific physical therapy for optimization of gait recovery in acute stroke patient. *Arch Phys Med Rehabil*, 74, 612-20. 1993.
- Rusi, R. Effectiveness of group physiotherapy on motor function in elder stroke patients. *Hoitotiede*, 3, 169-75. 1991.
- Sakley, C. M. The relationship between weight-bearing asymmetry after stroke, motor function and activities of daily living. *Phsiother Theory Pract*. 6, 179-85. 1990.
- Shumway-Cook, A. & Horak, F.B. Asseessing the influence of sensory interaction on balance. *Phys Ther*, 66(10), 1548-1550. 1986.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H. (2001). *Motor control*: 2nd. 271-303.
- Shimada, H., Obuchi, S., Kamide, N., Shiba, Y., Okamoto, M., Kakurai, S. Relationship with dynamic balance function during standing and walking. *Am. J. Phys Med Rehabil*, 82, 511-16. 2003.
- Taub, E., Uswatte, G., Morris, D. M. . Improved motor recovery after stroke and massive cortical reorganization following constraint-induced movement therapy. *Phys Med Rehabil*, 14, 77-91. 2003
- Thaut, M. H., McIntosh, G. C., Rice, R. R. Rhythmic facilitation gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *J. Neurological Science*, 151, 207-12. 1997.
- Whitall, J., McCombe, W. S., Silver, K. H., Macko, R. F. Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke*, 31, 2390-95. 2000.