

만성 뇌졸중 환자에 대한 PNF 집단 운동프로그램의 효과

김수민* · 배성수**

울산과학대학 물리치료과* · 대구대학교 재활과학대학 물리치료학과**

Efficacy of PNF Group Exercise Program in Chronic Stroke

Soo-Min Kim, P.T., Ph.D*, Sung-Soo Bae, P.T., Ph.D**

*Department of Physical therapy, Ulsan College**,

*Department of Physical therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University***

<Abstract>

Objective : The purpose of this study was to evaluate the influence of a community based group exercise intervention on motor functional capacity. To evaluate the immediate(post-treatment) effects after 6-weeks exercise program on the group exercise intervention(PNF and Circuit exercise).

Methods : **Subjects**-Included persons with stroke who were living in the community. Thirty-seven subjects were randomly assigned to the PNF, Circuit exercise and control group participated in a repeated measures design that evaluated the subjects with pre-treatment, post-treatment(6 weeks). Functional ability outcome measures assessed the motor assessment scale(MAS) and EMG. Both treatment groups participated in exercise class three times a week for 6 weeks. Group programs focused on balance, functional motor capacity and walking ability. The PNF program was modified PNF pattern and techniques with emphasis on functional tasks when possible, as well as stretching of the more affected limb particularly in the more affected shoulder. The Circuit program with subjects completing practice at a series of work station as well as participating in walking races and relay with other members of the group.

Results : Compared with the control group, the treatment group had larger improvements in the motor function ability after 6 weeks treatment and Post-treatment test scores were more significant than the pre-treatment score.

1. Motor function were assessed by using MAS, sit to stand, walking and upper function were assessed pre-treatment versus post-treatment measures revealed a statically significant($p<.05$).

There were significant differences between the groups. Compared with the control group, the treatment group had larger improvements.

2. In the treatment groups, demonstrated difference in the electromyographic activation of biceps, triceps, quadriceps and tibialis anterior muscles on the paretic side in the response to the reaching arm movement and stepping motion in stance. The difference in muscle activation improvement were not statically significant.

Conclusion : The results of this study showed that the PNF and Circuit group exercise intervention can improve motor functional ability.

This study suggests that the PNF and Circuit exercise programs is appropriate for community-based group exercise principles. It leads to gain and maintain potential function for disabled persons after stroke in the community.

Key words : PNF, Circuit exercise programs, Community based group exercise

I. 서 론

1. 연구의 필요성

최근 의료기술의 발달로 뇌졸중 후 생존율이 높아지므로 발병 후에 다양한 신경학적 문제와 더불어 일상생활동작을 비롯한 균형과 보행의 기능적 독립성이 제한된 상태로 생활하는 지역사회 뇌졸중 장애인의 수가 늘어나는 실정이다(Richard et al., 1993 ; Whitall et al., 2000).

퇴원 후 또는 물리치료를 중단한 이후 만성 뇌졸중 환자는 활동 범위가 주거 공간 내로 한정되거나 의존적인 삶의 형태로 변화되기 쉽다. 이러한 시기에 적절한 치료적 혜택을 받지 못하면 사회적, 심리적 위축이 초래되고, 이는 신경학적 문제와 장애를 악화시키므로 나타나는 기능적 독립 수준의 감소는 개인의 삶의 질을 변화시킨다(Richard et al., 1993). 대부분의 뇌졸중 환자는 영구적으로 기능이 제한된 신경학적 장애를 나타내며 특히, 상지의 부전마비로 인한 일상생활동작(ADL)의 제한이 가장 크다(Gowland et al., 1992 ; Thaut et al., 1997).

뇌졸중 환자의 실제적인 운동장애는 운동 회복 정도가 높은 환자라 하더라도 일상생활 환경에서 자신의 마비측 상지를 자발적으로 사용하지 않아 더 악화된다(Thaub et al., 1993).

또한 마비측 상지의 기능상실과 함께 균형 수행 능력의 감소도 나타나며 이는 마비측으로 충분한 중력중심의 이동이 제한되면서 체중부하가 어렵기 때문이다(Shumway-Cook & Woollacott, 2001 ; Morgan, 1994 ; Sakley, 1990). 뇌졸중 환자는 대부분 체중이동시에 불안감을 느끼므로 동작을 하거나 물건을 잡을 때 넘어지지 않도록 쉽고 안전한 대상적 방법으로 비마비측 손을 사용하게 되는 현상을 볼 수 있다.(Pai et al., 1994).

그러므로 일상생활에 필요한 동작들을 학습할 수 있는 환경이 중요하고, 마비측 상지의 사용을 촉진하는 수정된 강제유도 치료나 PNF 기술과 기능적 과제를 수행하는 방법과 더불어 기능적 동작 수행 능력을 재획득 할 수 있는 앉은 자세에서 서기, 서서 균형 잡기 및 보행과 같은 이동을 위한 동작을 훈련할 때 마비측 상지를 사용 수 있는 치료를 제공하는 것이 중요하다(Dean & Shepherd, 1997 ; Eng & Shu, 2002). 따라서 환자의 장애를 최소화시키고 가정이나 사회에서 독립적인 일상생활을 영위할 수 있도록 하기 위해서는 통합적인 의료적 접근이 요구된다(Richards et al., 1993 ; 배성수, 2003). 재가 뇌졸중 장애인의 문제 해결을 위해 Dean 등(2000)은 지역사회 뇌졸중 환자들에게 이차적 합병증에 대한 위험요소의 감소와 활동에 대한 지구력을 증가시키는 집단훈련을 통해 전반적인 기

능 수준이 향상됨을 보고하였다. 기능적 동작을 수행할 때 근육군을 동원한 다면상과 회전의 요소를 결합한 운동 형태가 나타나므로 근약증으로 인해 기능제한이나 다른 근육으로 보상할 때 이를 교정하여 바른 움직임이 일어날 수 있도록 이들 근육들의 동원을 강화시킬 수 있는 운동으로 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation: PNF)을 들 수 있다(Ferber et al., 2002). PNF는 특정 근육군의 강화(촉진)와 이완(억제)을 위한 고유수용기 자극으로 기능을 향상시키는 운동치료법으로 운동의 정상패턴이나 자세반응과 보행능력의 회복과 강화를 위해 뇌졸중 환자에게 적용되고 있다(Hall & Brady, 1999 ; O'Sullivan & Schmitz, 2001). 또한 환자의 기능 회복을 촉진하기 위해 마비측 사지를 자발적으로 사용하게 하여 일상생활동작을 개선하고, 체중이동과 부하 훈련을 통해 균형과 운동조절 능력을 향상시키며, 보행의 속도 및 환측과 건측의 대칭성을 강조하는 치료를 적용하여 기능적 독립성을 향상시킬 수 있다(Dean & Shepherd, 1997 ; Page et al., 2002 ; Eng et al., 2003). PNF는 신경근 기전의 결핍으로 운동이나 자세패턴이 변하거나 부자연스럽게 되었을 때 사용할 수 있고, 치료의 주요한 목표는 운동의 정상 패턴이나 자세 반응을 회복 또는 강화하는 것이다. 특정 근육군에 직접적 효과를 촉진시키거나, 협력근 및 길항근에 간접적 영향을 촉진시키기 위해 특별한 요건이 사용된다(배성수 등, 1998). 강한 반응을 촉진시키는 조화된 정상운동 패턴은 나선상의 요소를 포함한 대각선 방향이며, 이러한 패턴은 스포츠나 일상생활동작에서 사지와 체간의 기능적 관계를 보여준다. 대각선상 운동은 치료과정에서 여러 동작을 훈련할 때 유용하다. 치료사들은 이러한 기능적 운동을 통해 수축 특성, 운동범위 그리고 기능손상이나 제한을 확인할 수 있고 수정된 운동패턴을 사용하여 치료에 적용할 수 있다(Hall & Brody, 1999).

집단훈련을 효과적으로 할 수 있는 또 다른 방법은 순환 운동 클래스를 조직하여 여러 사람이 동시에 또는 파트너와 교대로 운동을 하거나 설계된 치료기구와 동작을 순환하면서 차례대로 훈련을 하는 것이다. 파트너와 함께 교대로 운동하는 것은 혼자 연습하는 것보다 더 효율적이다(Dean et al., 2000).

다른 사람과 상호작용을 하면서 연습하는 것은 경쟁적, 협력적인 요소를 통해 동기 부여를 높여주며, 다른 사람의 과제 학습을 관찰하면서 배울 수 있다(McNevin et al., 2000). 이런 치료방법들은 설계된 치료 프로그램을 치료사와 함께 하는 집단훈련에 적합하며, 운동 클래스와 순환운동은 효과도 있고 편리하다(Taub et al., 1993). 치료사의 감독이 필요하기는 하지만, 환자는 동료들의 경험과 다른 사람들을 도와주는 것을 통해서도 효과를 얻을 수 있다. 이와 같은 기능 훈련 프로그램이나 운동 클래스는 환자들이 서로 정보교류 및 사회적 상호작용을 함으로써 삶의 동기부여를 제공하는 긍정적 측면을 강조하였다. 더구나 운동시간에 여러 사람이 함께 참여하므로 비용 면에서도 효율적이다(Carr & Shepherd, 2003 ; Rusi, 1991). 특히, 지역사회에서 물리치료가 필요한 만성 뇌졸중환자에 대해 지역사회의 시설과 자원을 최대한 활용하면서 환자 자신과 가족이 다같이 참여하여 비용과 인력을 절감할 수 있는 프로그램과 치료적 접근이 유용하다(Walker et al., 1999 ; Noad et al., 1998).

Eng 등(2003)도 지역사회 내의 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 보행 순환 프로그램을 설계하여 균형, 운동성, 기능적 근력, 기능적 활동의 향상을 목적으로 적용할 것을 제안하였다(Richards et al., 1993).

본 연구는 지역사회 만성 뇌졸중 장애인의 실제적인 문제해결 방안으로 지역사회 내의 시설(보건소와 학교)을 이용하여 운동기능 향상을 목적으로 PNF 치료와 순환운동을 집단훈련 형식으로 적용하였다. PNF 프로그램은 PNF의 패턴과 기술을 응용하여 환측과 건측을 대칭적, 또는 비대칭적으로 사용하도록 설계하였고, 순환운동 프로그램은 여러 작업대를 순환하면서 과제를 수행하는 동안 상지와 하지를 사용하게 하여 기능 회복을 촉진하고자 적용하였다. 재가 뇌졸중 장애인에게 이러한 운동 프로그램이 운동기능을 향상시키는데 효과적이지를 알아보고자 운동평가 척도(MAS)와 팔 뻗기와 걷기를 시작할 때 상지와 하지의 근활성에 대한 근전도 분석을 하였다.

2. 연구의 제한점

연구 대상자의 발병 시기 및 병변 부위와 관련하여 기능 수준의 다양성이 제한점으로 대두되나 보건의 환자 병력지를 근거로 병변 부위와 정도에 대해 선별기준을 통제하여 제한점을 줄였으며, 중재 기간 동안 대상자의 일상생활이 측정결과에 영향을 줄 수 있다는 것이 연구의 제한점으로 생각된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 ○○광역시 ○구 지역에 거주하며 뇌졸중으로 진단받고 마비측 사지의 운동장애가 나타나는 뇌졸중 장애인 37명을 대상으로 PNF군, 순환운동군 그리고 대조군으로 무작위 그룹배정을 하였다. 실험기준에 부합한 조건으로는 치료 프로그램에 동의한 2, 3급의 장애등급을 판정 받은 자를 대상으로 한국판 약식 정신검사(MMSE-K) 점수가 20점 이상인 자로 하였으며, 운동 평가 척도(MAS)에서 걷기 점수가 2점 이하인 자와 불안정한 심장 질환자는 제외하였다. 위의 선정 기준을 근거로 PNF군은 PNF운동을 집단훈련으로 적용한 군이고, 순환운동군은 순환운동을 집단훈련으로 적용한 군이며, 대조군은 치료적 중재를 적용하지 않은 군이다.

2. 연구 설계

본 연구의 실험 기간은 6주간 실시되었고 각 그룹의 운동 프로그램은 매주 3회 실시하였으며, 매회 운동은 60분간 적용하였다. 결과측정은 실험 전과 실험 후(6주 후)에 실시하였다.

3. 운동 프로그램 적용

1) PNF 운동프로그램

PNF 패턴을 수정한 상지, 하지, 체간 운동프로그램을 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 물리치료사의 지시 및 감독 하에 집단훈련으로 주별 운동 프로그램에 따라 실시하였다(Table 1).

2) 순환운동 프로그램

순환운동군은 치료실 내 기구를 배치하여 6개의

작업대를 순환하면서 운동하고, 주별 순환운동 프로그램에 따라 집단훈련을 적용하였다(Table 1).

4. 측정 및 도구

1) 운동 기능평가

대상자의 전반적인 운동능력에 대한 평가 도구로는 Carr와 Shepherd의 운동기능 평가방법으로 운동기능과 능력 및 근긴장을 보는 총 9항목을 7단계, 6점 만점으로 평가하는 운동 평가 척도(Motor Assessment Scale: MAS)를 사용하여 측정하였다.

2) 근전도 검사

MP 150(USA, Biopack)기기를 사용하여 앉은 자세에서 상지 팔 뻗기 동작 시에 상완이두근, 상완삼두근 활동과 선 자세에서 발을 전방으로 내딛을 때 대퇴사두근, 전경골근의 근활동 정도를 측정하였다. 해당 자료의 모든 근전도 측정치의 노이즈를 제거하기 위해 일차적으로 원신호(raw signal)를 50~200Hz 구간으로 여파(band-pass filtering)를 하여 선형포개(linear envelope)를 실시하였다. 또 대상자간 중재 전후의 근 활동 비교를 위해서는 최대 자발적 수축력을 참고 값으로 사용하는데 본 연구에서는 신경학적 기능장애를 가진 뇌졸중 환자라는 제한점 때문에 정상화 값을 얻기 위한 방법으로 측정 근육에 긴장도가 가해지지 않게 앉은 자세에서 안정시 수준(resting EMG level)을 측정하여 그 최고 값을 참고 값(reference value)으로 사용하였다.

5. 자료 분석

측정결과를 통해 나온 각 변인들의 비교 분석을 위해 SPSS 10.0 Win을 사용하여 PNF군, 순환운동군 그리고 대조군에 대한 운동기능과 근전도 결과를 치료 전과 치료 후의 변화된 차이를 대응 t-test를 하였으며, 각 그룹 간의 차이를 통계학적으로 검증하고자 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였고, Duncan방법으로 사후검정을 하였으며, 통계에 대한 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

Table 1. Weekly exercise schedule

week	PNF group	Circuit group	
1wk	<ul style="list-style-type: none"> • warm-up Ex • upper pattern • lower pattern • cool-down Ex 	<ul style="list-style-type: none"> • warm-up Ex • circuit training • cool-down Ex 	mat
2wk	<ul style="list-style-type: none"> • upper pattern with sandbag • lower pattern with sandbag • bridging • rolling 	<ul style="list-style-type: none"> • reaching • bridging • rolling • circuit training 	supine
3wk	<ul style="list-style-type: none"> • prone to quadruped position • quadruped position - weight transfer • quadruped position to heel sitting 	<ul style="list-style-type: none"> • prone on elbow • quadruped position • kneeling • circuit training 	prone
4wk	<ul style="list-style-type: none"> • upper pattern • lower pattern • chopping & lifting • scooting 	<ul style="list-style-type: none"> • reaching • weight transfer • ball play • circuit training 	sitting
5wk	<ul style="list-style-type: none"> • sit to standing • weight transfer • bilateral upper pattern (symmetry, asymmetry) 	<ul style="list-style-type: none"> • sit to standing • weight transfer • circuit training 	standing
6wk	<ul style="list-style-type: none"> • stepping(forward, backward) (both sideward) • walking • TUG* 	<ul style="list-style-type: none"> • circuit training 	walking

* TUG : 의자에서 일어나 3m 걷고 난 후, 다시 제자리로 돌아와 앉는다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 특성 비교

연구대상자의 일반적 특성은 전체 대상자 37명 중 남자가 18명(49%), 여자가 19명(51%)이었고, 평균 연령은 58.46세, 신장은 161.30cm, 체중은 61.59kg이었다.

연구대상자의 병력 특성은 전체 대상자 37명 중 발병일로부터 평균 61.90개월이었고, 출혈성 뇌손상 환자는 21명(57%), 허혈성 뇌손상 환자는 16명(43%)이었다. 우측 편마비는 18명(49%), 좌측 편마비는 19명(51%)이었다. 물리치료를 경험한 환자는 27명(73%)이었고, 물리치료를 경험하지 않은 환자는 10명(27%)이었으며, MAS로 평가된 걷기 점수는 평균 4.08이었고, 한국판 약식 정신검사(MMSE

-K)의 평균 점수는 23.21이었다.

연구대상자의 병력 특성에 대한 각 그룹의 분산은 같았으며, 유의한 차이는 없었다($p>.05$, Table 2).

2. 실험군과 대조군의 운동평가척도(MAS) 분석

각 그룹의 운동기능 변화에 대한 분석 결과는 다음과 같다.

1) 돌아눕기(supine to side lying ; score)

세 그룹의 치료 전, 후 돌아눕기의 평균 변화는 유의한 차이가 없었으며, 각 그룹간의 분산분석도 유의한 차가 없었다($p>.05$).

2) 일어나 앉기(supine to sitting ; score)

세 그룹의 치료 전, 후 일어나 앉기의 평균 변화

Table 2. Characteristics of subjects

		PNF	Circuit	Control	p-value
Gender	male	6	6	6	0.847
	female	6	9	4	
Age		61.50(4.21)	56.67(2.87)	57.50(9.48)	0.092
Height(cm)		160.92(10.08)	162.20(4.38)	160.40(7.40)	0.820
Weight(kg)		63.00(11.39)	62.67(4.94)	58.30(8.17)	0.353
Months after stroke		72.58(64.72)	57.47(45.46)	55.70(36.89)	0.674
Cause	Hemorrhage	7	8	6	0.943
	Infarction	5	7	4	
Plegic side	Rt	6	6	6	0.635
	Lt	6	9	4	
Physiotherapy	Yes	7	13	7	0.266
	No	5	2	3	
Walking(MAS scale)		4.2(1.03)	3.9(0.96)	4.2(0.79)	0.736
MMSE-K		22.92(2.07)	23.13(1.85)	23.70(0.25)	0.679

Rt: Right hemiplegia

Lt: Left hemiplegia

MAS: Motor Assessment Scale

MMSE-K: Mini-Mental State Examination- Korea.

를 보면 PNF군은 1.25±0.97, 순환훈련군은 0.73±0.59로 증가하였고($p<.05$), 대조군은 -0.20±0.63으로 감소하였다. 치료 후 PNF군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 각 그룹간의 분산분석은 0.000으로 유의한 차가 있었으며 사후 검정을 위해 Duncan을 실시한 결과 PNF군과 대조군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 유의한 차가 있었다($p<.05$).

3) 앉기 균형(balanced sitting ; score)

세 그룹의 치료 전, 후 앉기 균형의 평균 변화를 보면 PNF군은 1.00±0.85, 순환훈련군은 0.80±0.86으로 증가하였고($p<.05$), 대조군은 -0.20±0.42로 감소하였다. 치료 후 PNF군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 각 그룹간의 분산분석은 .002로 유의한

차가 있었으며 사후 검정을 위해 Duncan을 실시한 결과 PNF군과 대조군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 유의한 차가 있었다($p<.05$).

4) 서기(sit to standing ; score)

세 그룹의 치료 전, 후 서기의 평균 변화를 보면 PNF군은 1.08±1.16, 순환훈련군은 0.67±1.18로 증가하였고($p<.05$), 대조군은 -0.10±0.32로 감소하였다. 치료 후 PNF군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 각 그룹간의 분산분석은 .034로 유의한 차가 있었으며 사후 검정을 위해 LSD를 실시한 결과 PNF군과 대조군 사이에서 유의한 차가 있었다($p<.05$), (Table 3, 4, Fig. 1).

Table 3. Comparison of sit to standing between pre and post-treatment in each groups

	M±SD		t-value	P-value
	Pre-treat	Post-treat		
PNF	4.33±1.83	5.42±1.16	-3.223	.008*
Circuit	4.87±2.03	5.53±1.06	-2.197	.045*
Control	4.80±1.55	4.70±1.49	1.000	.343
Total	4.68±1.81	5.27±1.24		

* $P <.05$

Table 4. ANOVA on standing of pre and post-treatment in each groups

	PNF group	Circuit group	Control group	F	P-value
Pre-Post (SD)	1.08 (1.16)	.67 (1.18)	-.10 (.32)	3.757	.034*
Duncan	a	ab	b		

* $P < .05$

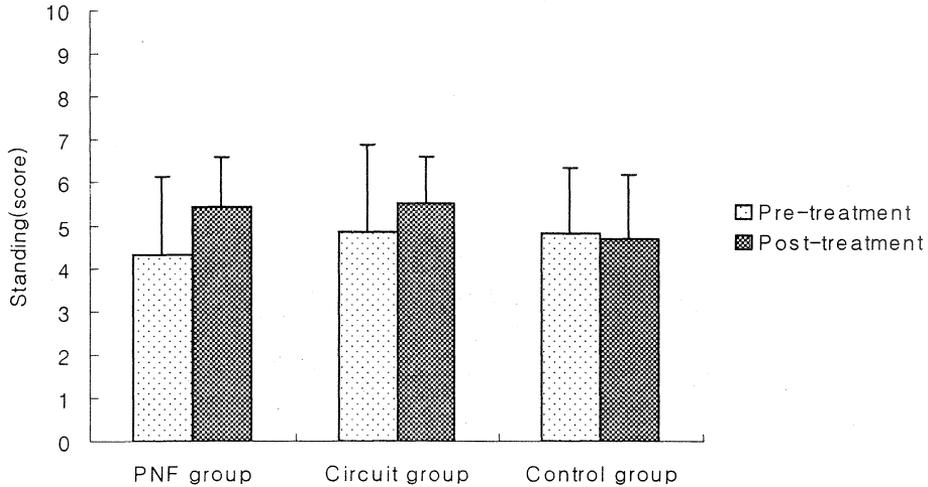


Fig.1. Average change in sit to standing between pre and post treatment in each groups.

5) 걷기(walking ; score)

세 그룹의 치료 전, 후 걷기 균형의 평균 변화를 보면 PNF군은 1.25 ± 0.97 , 순환훈련군은 1.47 ± 0.52 로 증가하였고($p < .05$), 대조군은 -0.10 ± 0.99 로 감소하였다. 치료 후 PNF군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 각 그룹간의 분산분석은 .000으로 유의한 차이가 있었으며 사후 검정을 위해 Duncan을 실시한 결과 PNF군과 대조군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

6) 상지 기능(upper arm function ; score)

세 그룹의 치료 전, 후 상지 기능의 평균 변화를 보면 PNF군은 0.67 ± 0.65 , 순환훈련군은 0.60 ± 0.83 으로 증가하였고($p < .05$), 대조군은 -0.20 ± 0.42 로 감소하였다. 치료 후 PNF군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 각 그룹간의 분산분석은 .009로 유의한 차이가 있었으며 사후 검정을 위해 Duncan을 실시한 결과 PNF군과 대조군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 유의한 차이가 있었다($p < .05$), (Table 5, 6, Fig. 2).

Table 5. Comparison of upper function between pre and post-treatment in each groups

	M±SD		t-value	p-value
	Pre-treat	Post-treat		
PNF	4.08±1.93	4.75±1.42	-3.546	.005*
Circuit	3.20±2.62	3.80±2.40	-2.806	.014*
Control	4.10±1.97	3.90±2.02	1.500	.168
Total	3.73±2.23	4.14±2.02		

* $P < .05$

Table 6. ANOVA on upper function of pre and post-treatment in each groups

	PNF group	Circuit group	Control group	F	p-value
Pre-Post (SD)	.67 (.65)	.60 (.83)	-.20 (.42)	5.413	.009*
Duncan	a	a	b		

* $P < .05$

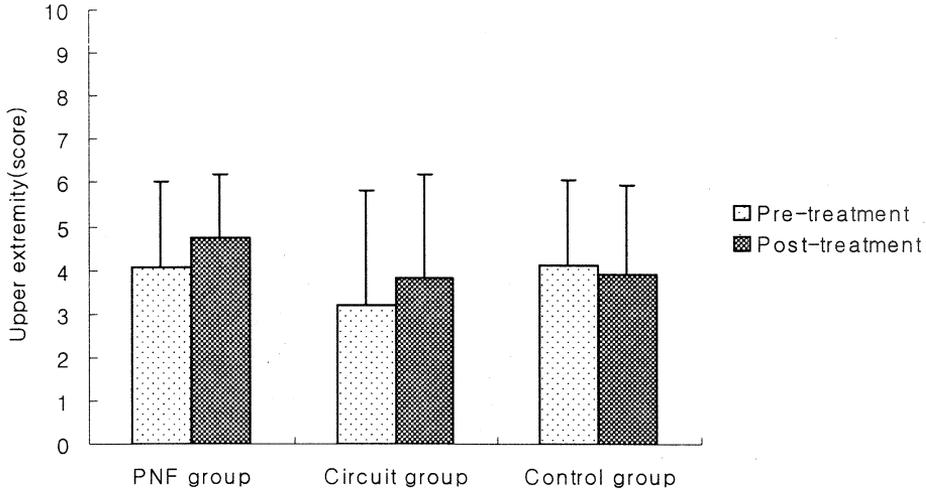


Fig. 2. Average change in upper function between pre and post treatment in each groups.

7) 손 운동(hand movement ; score)

세 그룹의 치료 전, 후 손 운동 기능의 평균 변화를 보면 PNF군은 0.92 ± 0.90 , 순환훈련군은 0.67 ± 0.90 으로 증가하였고($p < .05$), 대조군은 0.00 ± 0.00 으로 변화가 없었다. 치료 후 PNF군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 각 그룹간의 분산분석은 .026으로 유의한 차가 있었으며 사후 검정을 위해 Duncan을 실시한 결과 PNF군과 대조군, 순환훈련군과 대조군 사이에서 유의한 차가 있었다($p < .05$).

3. 실험군과 대조군의 근전도 분석

1) 상완이두근의 근활동 변화

PNF군은 치료 전 2.20(3.31), 치료 후 7.48(10.04), 순환운동군은 치료 전 2.42(1.57), 치료 후 7.43(5.21), 대조군은 치료 전 4.64(1.70), 치료 후 4.74(1.74)로 근활동이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차는 없었다($p > .05$), (Table 7, Fig. 3).

2) 상완삼두근의 근활동 변화

PNF군은 치료 전 1.83(2.71), 치료 후 7.58(6.20), 순환운동군은 치료 전 1.85(2.52), 치료 후 5.05(5.43)로 근활동이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차는 없었다($p > .05$), (Table 7, Fig. 3).

3) 대퇴사두근의 근활동 변화

PNF군은 치료 전 3.26(5.01), 치료 후 6.28(9.50), 순환운동군은 치료 전 3.06(5.11), 치료 후 4.42(9.66), 대조군은 치료 전 0.97(0.27), 치료 후 1.16(0.37)으로 근활동이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차는 없었다($p > .05$), (Table 7, Fig. 4).

4) 전경골근의 근활동 변화

각 그룹별 전경골근의 근전도 분석 결과는 다음과 같다.

Table 7. Comparison of EMG in musculi between pre and post treatment in each group

Muscle	Group	Mean(SD)			
		Pre-treat	Post-treat	<i>t</i> -value	<i>p</i> -value
Biceps	PNF	2.20(3.31)	7.48(10.04)	1.192	0.299
	Circuit	2.42(1.57)	7.43(5.21)	2.259	0.061
	Control	4.64(1.70)	4.74(1.74)	0.168	0.875
Triceps	PNF	1.83(2.71)	7.58(6.20)	2.668	0.056
	Circuit	1.85(2.52)	5.05(5.43)	2.259	0.087
	Control	3.17(1.69)	1.88(0.77)	2.346	0.079
Quadriceps	PNF	3.26(5.01)	6.28(9.50)	1.228	0.299
	Circuit	3.06(5.11)	4.42(9.66)	0.669	0.094
	Control	0.97(.27)	1.16(0.37)	1.288	0.875
Tibialis anterior	PNF	4.04(7.93)	7.65(4.55)	1.214	0.292
	Circuit	3.78(8.05)	9.44(4.19)	1.668	0.171
	Control	2.07(1.46)	1.93(1.07)	0.172	0.872

* $p < .05$

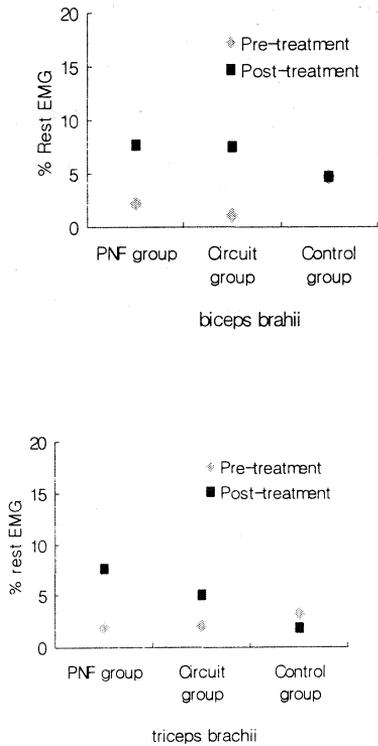


Fig. 3. Change scores from pre and post treatment between each group for muscle activation in biceps and triceps brachii.

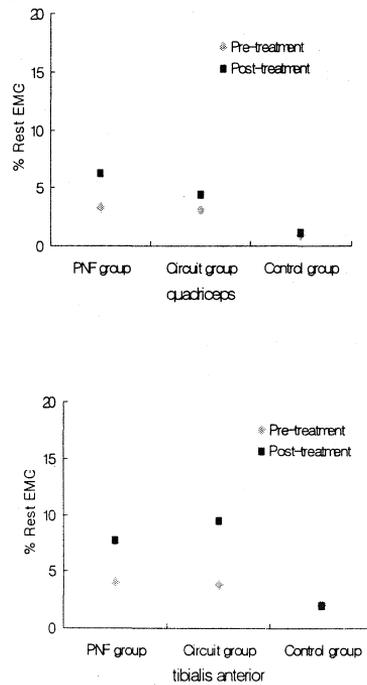


Fig. 4. Change scores from pre and post treatment between each group for muscle activation in quadriceps and tibialis anterior.

PNF군은 치료 전 4.04(7.93), 치료 후 7.65(4.55), 순환운동군은 치료 전 3.78(8.05), 치료 후 9.44(4.19)로 근활동이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차는 없었다($p>.05$), (Table 7, Fig 4).

5) 근활동에 대한 그룹 간 비교

세 그룹의 치료 후 상완이두근 근활동 변화를 보면, PNF군 5.28(9.91), 순환운동군 5.01(4.34)로 증가하였고, 대조군 0.10(1.31)으로 변화를 나타내지 않았다. 이는 PNF군과 순환운동군에서 치료 후 근활동의 증가를 나타내고, 이들 세 그룹 간의 분산분석 결과는 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

상완삼두근의 근활동 변화는 PNF군 5.75(4.82), 순환운동군 3.20(3.17)으로 증가하였고, 대조군 -1.29(1.23)로 약간 감소하였다. 이는 PNF군과 순환운동군에서 치료 후 근활동의 증가를 나타내고, 이들 세 그룹 간의 분산분석 결과는 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

대퇴사두근의 근활동 변화는 PNF군 3.02(5.50), 순환운동군 1.36(4.55), 대조군 1.86(3.76)으로 약간 증가하였다. 이는 PNF군에서 대퇴사두근의 근활동 변화가 다른 그룹에 비해 크게 나타났으나, 이들 세 그룹 간의 분산분석 결과는 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

전경골근 근활동 변화는 PNF군 3.61(6.65), 순환운동군 5.66(7.59)으로 증가하였고, 대조군 -0.14(1.87)로 감소하였다. 이는 PNF군과 순환운동군에서 치료 후 근활동의 증가를 나타내고, 이들 세 그룹 간의 분산분석 결과는 유의한 차이가 없었다

($p>.05$) (Table 8).

IV. 고 찰

제가 뇌졸중 장애인들은 대부분 고령자들로 비활동 상태가 장기적으로 지속될 경우 체력이 감소하여 심혈관계 문제와 낙상에 대한 위험 요인들이 발생하기 때문에 적절한 치료방법을 제공하여 운동성과 지구력을 강화하고 기능적 활동을 향상시키는 것이 중요하다(Lord et al., 2004). 이를 위해 안전하고 효율적인 지역사회 중심의 운동 프로그램 개발이 절실하게 필요하다(Eng, 2003).

Dean 등(2000)은 치료사의 직접적인 감독이 적은 그룹훈련의 효과를 보고하였는데, 이는 치료사의 업무를 가중시키지 않고 환자 스스로 연습하는 시간을 늘일 수 있을 뿐만 아니라 지역사회의 시설을 이용하여 기능 훈련 프로그램이나 운동 클래스를 운영함으로써 지역사회의 환자들이 쉽게 치료적 혜택을 받을 수 있다고 제안하였다(Rusi, 1991 ; Carr & Shepherd, 2003 ; Eng & Shu, 2002).

또한 Jang 등(2003)은 뇌졸중 환자의 운동기능을 향상시키는 구체적인 치료방법으로 실제 생활의 과제를 반복적으로 연습하고 훈련하는 것이 보다 효과적이고 기능적인 뇌조직의 연결을 만드는 데 중요한 자극이 된다고 하였다. 최근에는 기능 회복을 증진시키기 위해 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, 이

Table 8. Comparison of average change EMG in four muscles for each group

	PNF	Circuit	Control	F	p-value
Biceps	5.28(9.91)	5.01(4.34)	0.10(1.31)	1.076	0.372
Duncan					
Triceps	5.75(4.82)	3.20(3.17)	-1.29(1.23)	5.482	0.020*
Duncan	a	a b	b		
Quadriceps	3.02(5.50)	1.36(4.55)	1.86(3.76)	0.167	0.848
Duncan					
Tibialis anterior	3.61(6.65)	5.66(7.59)	-0.14(1.87)	1.234	0.325
Duncan					

* $p <.05$

동과제(locomotor tasks)를 수행하여 상지운동과 더불어 균형축진과 보행 증진에 치료적 초점을 강조한 연구들이 보고되었다(Perry et al., 1997 ; Liepert et al., 2001 ; Dean et al., 2000 ; Lum, 2002 ; Taub et al., 2003 ; Fasoli et al., 2003). 결과적으로 뇌졸중 환자의 기능회복은 특정한 동작과 기능들을 자발적으로 사용할 수 있는 훈련프로그램과 적절한 연습을 반복하는 것이 필요하다.

균형을 재획득하기 위해서는 자세를 섬세하게 조절하는 과정을 학습해야 하며, 이 과정이 학습된 후 팔 뻗기 동작을 포함한 도수조작과 일어서기 및 보행과 같은 동작을 통해 자세조절을 향상시킬 수 있다. 앉은 자세에서 팔 뻗기 동작을 하는 동안 균형을 유지하는 능력은 독립된 생활을 위해서는 필수적이다. 신체의 작은 이동이 동반된 간단한 동작을 연습하는 것은 균형에 대한 감각을 재학습하는데 효과가 있고, 환자가 스스로 움직일 수 있다는 자신감을 회복하게 돕는다(Kusoffsky, 2001).

따라서 본 연구에서는 체간의 조절과 균형 능력 향상을 위해 앉은 자세 또는 선 자세에서 여러 방향으로 팔 뻗기 동작을 유도하여 체중을 이동시키는 훈련을 적용하였다. 만성 뇌졸중 환자들은 활동 환경이 집으로 제한된 경우가 많기 때문에 보행 속도와 지구력을 증가시키는 운동이 필요하며(Rimmer et al., 2000), 선 자세에서 체중을 지지하기 위해 충분한 근력을 발휘할 수 있도록 하지 신전근의 활동을 이끌어내는 치료가 필요하다(Sharp & Brouwer, 1997). 또한 근 활동의 다양한 조절기능을 위해서는 전방보행 뿐만 아니라 측면이나 후방보행도 훈련 프로그램에 포함되어야 하며(Duncan et al., 1998), 균형을 향상시키기 위해 시각 피드백 훈련, 과제훈련(보행, 계단 오르내리기), 불안정한 기저면 보행훈련과 하지근육의 고강도 훈련도 기능을 향상시키므로(Brown et al., ; Pyöriä et al., 2004). 보행 속도와 협응 능력을 향상시키기 위해 장애물 오르내리기, 계단보행과 같은 기능훈련을 목적으로 순환운동 프로그램이 적용될 수 있다고 한다(Dean et al., 2000).

이러한 연구 결과들을 바탕으로 본 연구에서도 보행을 위한 운동 프로그램을 다양한 높이의 나무블록 위를 전-후, 좌-우로 오르내리기, 기저면이 불안정한 경사로 오르내리기, 계단을 전-후, 좌-우로

오르내리기를 반복하여 연습할 수 있도록 설계하였고, PNF 패턴과 기술을 응용한 PNF 치료와 보행과 이동 동작을 강조한 순환운동 프로그램을 그룹 치료로 적용하여 나타나는 운동기능과 근전도 변화를 분석하였다.

본 연구에서 운동기능은 운동 평가 척도(MAS)를 통해 앉기, 서기, 걷기 및 상지기능을 분석하였는데, Mao 등(2001)의 연구에서도 보행을 비롯한 운동기능 평가를 신뢰도와 타당성이 인정된 MAS로 측정하였고, 뇌졸중 환자의 운동기능을 측정하는 평가 방법으로는 기능적 독립수준 측정(FIM)도구를 이용하여 일상생활동작(ADL)을 평가하였으며(Sonoda et al., 2004), Sakai 등(2002)은 지역사회 중심 재활에서 뇌졸중 환자의 기능과 보행능력을 앉기, 서기와 걷기를 포함하는 기능적 휘트니스 검사(functional fitness test)를 사용하였다. Barthel index, Fugl-Meyer, Wolf motor functional test, Motor Status Scale 등을 사용한 연구들도 실시되었다(Thaut et al., 1997 ; Whitall et al., 2000 ; Lord et al., 2004 ; Fasoli et al., 2003).

Kusoffsky 등(2001)은 팔 뻗기 동작시 상지근육 활동과 체중의 부하에 따른 전경골근과 비복근의 활동 변화를 분석하였고, Thaut 등(1997)은 보행하는 동안 비복근 활동과 선 자세에서 앉은 동안 대퇴사두근의 활동을 분석하였다. 본 연구에서는 팔 뻗기와 보행을 위해 발을 내딛는 과제를 수행하는 동안 근활동 변화를 근전도로 측정하였다. 선행된 연구 결과들을 바탕으로 재가 뇌졸중 장애인에게 그룹치료 형식으로 PNF와 순환운동을 적용하여 균형, 보행, 운동평가 척도 및 근전도 측정을 통해 나타난 결과에 대해 다른 연구와 비교하여 논의하고자 한다.

본 연구의 상지기능(shoulder 90° flexion & elbow extension) 향상은 MAS 평가에서 PNF군과 순환운동군에서 치료 후 모두 유의하게 증가하였다. Whitall 등(2000)의 연구에 의하면 청각 자극과 함께 반복적 양측 상지훈련을 6주간 주 3회 적용하여 울프 운동기능(wolf motor function)과 Fugl-Meyer 상지 운동검사를 실시한 결과 기능증진이 나타났고, 8주 후 추적검사 검사에서도 상지의 운동기능이 모두 유의하게 증가하였다. 이는 본 연구의 결과에서 상지 기능이 더 향상된 결과와 동일

하다. Lum 등(2002)과 Fasoli 등(2003)은 상지의 원위부보다 근위(견관절, 주관절)부 기능이 유의하게 향상됨을 보고하였다. Page 등(2002)은 수정된 강제유도 치료를 팔 뻗기 동안에 마비측 상지를 비마비측이 보조하게 하여 PNF기술을 적용하였을 때 수행할 수 있는 일상생활동작 범위가 향상됨을 보고하였다.

본 연구에서도 PNF의 상지패턴과 체간패턴을 적용하였고, 순환운동에서 팔 뻗기와 높이가 다른 테이블 위에 작은 물건을 옮겨 놓는 동작을 훈련한 후 유의한 상지기능의 향상이 나타났다. 중재가 끝난 6주 후의 추적검사에서도 향상된 기능을 유지한 결과를 통해 선행된 연구자들의 결과와 같이 치료적 중재가 상지기능 특히, 상지의 근위부 운동성 증진에 효과적이라고 생각된다. 앉은 자세에서 일어서기 기능이 PNF군과 순환운동군 모두 중재 후에 모두 유의하게 향상되었다. 이는 마비측으로 체중부하를 균등하게 독립적으로 일어서기를 할 수 있는 수준을 나타낸다.

Eng 등(2003)은 균형을 향상시키고자 의자에서 일어나기와 같은 체중이동 동작과 하지근 강화 훈련을 적용한 후 베르거 균형 검사(Berg balance test)를 실시하여 균형능력의 향상을 보고하였고,

Duncan(2003)은 근력강화, 균형 및 지구력 향상을 위해 마비측 사용을 강조하는 운동 프로그램의 적용은 상지 및 보행 기능의 회복과 더불어 균형 수행능력의 향상에 효과적이라고 보고하였다.

Nichols(1997)는 피드백 시스템(biofeedback system)훈련으로 입각시에 환측과 건측의 대칭성이 향상되었으며, 4주 후 추적조사에서도 향상된 균형수행력과 보행의 대칭성이 유지되었다고 한다.

본 연구에서도 치료 후 마비측 체중지지 정도가 개선되어 정적 균형 유지능력이 향상되었다. Dean 등(2000)은 보행 순환 프로그램에서 10개 작업대에서 5분간 연습하는 방법으로 마비측 하지 근력강화에 중점을 두고 하지운동을 동반하는 기능적 과제운동을 훈련시켜 상지과제만 수행하는 대조군과 비교하였다. 치료 후 결과를 보면 상지운동을 집중으로 받은 군보다 6분 걷기에서 보행거리와 보행 속도가 증가하였고, TUG 검사(Timed up and go test)의 소요시간이 감소하였다. 8주 후 추적조사에서도 대조군과 유의한 차를 나타내었다.

Green 등(2002)은 만성뇌졸중 환자 운동치료에 대한 효율성을 평가하는데 운동성과 보행 속도 향상이 요구된다고 하였고, Thaut 등(1997)은 청각 자극과 보행훈련을 병행하여 치료한 결과 보행속도와 활보장 대칭성의 향상을 보고하였으며, 보행의 대칭성 증가는 정상 보행패턴으로의 회복을 의미하며 보행패턴의 안정성은 낙상의 위험요인을 줄여 보행 기능을 회복하게 된다고 하였다. Hsu 등(2003)은 건강한 노인과 뇌졸중 환자의 보행을 비교한 결과 비대칭성에서 유의한 차이가 나타났고 보행 속도 또한 뇌졸중 환자에게서 감소하였다. 이 연구는 뇌졸중 정도가 경·중등도인 경우에 해당하며 심한 만성 뇌졸중 환자에게는 결과에서는 다른 변수의 가능성도 제기되었다.

본 연구에서도 지역사회인 만성 뇌졸중 환자들에게 운동 클래스를 조직하여 그룹치료를 6주간 적용하여 운동기능과 근전도 활성을 관찰한 결과에서 치료 후 앉기균형, 서기, 상지기능과 보행 등에서 운동기능이 향상되었으며, 근전도 활성의 증가를 보였다. 이상의 결과에서 PNF 치료와 순환운동 프로그램이 그룹으로 적용한 방법이 만성 뇌졸중 장애인의 운동기능을 향상시키는데 효과가 있는 것으로 나타났다.

V. 결 론

PNF와 순환운동의 집단훈련이 운동기능 향상에 미치는 효과를 알아보기 위하여 재가 뇌졸중 장애인 37명을 대상으로 PNF군, 순환운동군 그리고 대조군으로 배정하여, 중재방법을 집단 운동 프로그램을 적용하였다. 치료적용은 주 3회씩 6주간, 매 회마다 60분간 실시하였고, 측정 내용은 운동기능과 근 활동 변화이며, 치료 전과 치료 후의 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 운동 평가 척도(MAS)에 의한 운동기능 평가는 치료 후 PNF군과 순환운동군에서 일어나 앉기, 앉기 균형, 서기, 걷기, 상지기능과 손 운동이 유의하게 증가하였다.
2. 상완이두근, 상완삼두근, 대퇴사두근과 전경골근의 근활동 변화는 치료 후 증가하였으나 통계적

으로 유의한 차이는 없었다.

본 연구는 집단훈련을 통한 PNF와 순환운동 프로그램의 적용은 만성 뇌졸중 장애인의 운동기능을 개선시키는데 효과가 있었다. 그러므로 이 치료 프로그램을 이용하여 지역사회 뇌졸중 장애인에게 적용할 수 있도록 소개하고, 보건소 중심의 집단훈련에 활용할 것을 제안한다.

참 고 문 헌

- 배성수 : 가정방문 물리치료의 전략. 대한물리치료 학회, 제 15권, 제4호, 755-762, 2003.
- 배성수, 정형국, 김호봉. : 고유수용성 신경근 촉진 법 패턴의 운동분석. 대한물리치료학회, 제 10권, 제1호, 213-221, 1998.
- Brown, L. A., Sleik, R. J., Winder, T. R. : Attentional demands for static postural control after stroke. Arch Phys Med Rehabil, 83, 1732-35, 2002.
- Carr, J. H., Shepherd, R. B. : Stroke rehabilitation, London: Butterworth -Heinemann, 2003.
- Dean, C. M., Shepherd, R. B. : Task-Related training Improves performance of seated reaching tasks after stroke. Arch Phys Med Rehabil, 28, 722-8, 1997.
- Dean, C. M., Richards, C. L., Malouin, F.: Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. Arch Phys Med Rehabil, 81, 409-17, 2000.
- Duncan, P., Richards, L., Wallace, D. : A randomized controlled pilot study of a home-based exercise program for individual with mild and moderate stroke, Stroke, 29, 2055-60, 1998.
- 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.
- Gowland, C., de Bruin, H., Basmajian, J., Plews, N., Nurcea, I. : Agonist and antagonist activity during voluntary upper-limb movement in patients with stroke. Physical therapy, 72, 624-33, 1992.
- Green, J., Forster, A., Bogle, S., Young, J. : Physiotherapy for patients with mobility problems more than 1 year after stroke: a randomized controlled trial. The Lancet, 359, 199-203, 2002.
- Hall, C. M., Brady, L. T. : Therapeutic Exercise, Lippincott Williams & Wilins, 1999.
- Hsu, A. L., Tang, P. F., Jan, M. H. : Analysis of impairments Influencing Gait Velocity and Asymmetry of Hemiplegic Patients After mild to moderate stroke. Arch Phys Med Rehabil, 84, 1185-93, 2003.
- 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.
- 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.
- Mao, H. F., Hsueh, I. P., Tang, P. F., Sheu, C. F., Hsieh, C. L. : Analysis and comparison of the psychometric properties of three balance measures for stroke patients. *Stroke*, 33, 1022-27, 2001.
- McNevin, N. H., Walf, G., Carlson, C. : Effects of attentional focus, self-control, and dyad training on motor learning : implications for physical therapy, *Physical therapy*, 80, 373-85, 2000.
- 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.
- Noad, R., Lincoln, N. B., Challen, K. : Community and hospital stroke patients: long term rehabilitation. *Br J. Ther Rehabil*, 5, 578-81, 1998.
- 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.
- Page, S. J., Sisto, S., Johnston, M. V., Levine, P., Hughes, M. : Modified constraint-induced therapy in subacute stroke: a case report. *Arch Phys Med Rehabil*, 83, 286-89, 2002.
- 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.
- Rimmer, J. H., Riley, B., Creviston, T., Nicola, T. : Exercise training in a predominantly african-American group of stroke survivors. *Medicine & science in Sports & Exercise*, 32, 1990-96, 2000.
- Rusi, R. : Effectiveness of group physiotherapy on motor function in elder stroke patients. *Hoitotiede*, 3, 169-75, 1991.
- Sakai, T., Tanaka, K., Holland, G. J. : Functional and locomotive characteristics of stroke survivors in japanese community-based rehabilitation. *Stroke*, 81, 675-83, 2002.

- 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.
- Sharp, S. A., Brouwer, B. J. : Isokinetic strength training of the hemiparetic knee : effects on function and spasticity, *Arch phys Med Rehabil*, 78, 1231-36, 1997.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H.: *Motor control*: 2nd. 271-303, 2001.
- Sonoda, S., Saitoh, E., Nagai, S., Kawakita, M., Kanada, Y. : Full-Time integrated treatment program, a new system for stroke rehabilitation in Japan. *Am. J. Phys Med Rehabil*, 83, 88-93, 2004.
- Taub, E., Miller, N. E., Novack, T. A., Cook, E. W. III, Fleming, W. D. : Deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 74, 347-54, 1993.
- 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.
- Walker, M. F., Gladman, J. R. F., Lincoln, N. B., Siemonsma, P., Whiteley, T. : Occupational therapy for stroke patients not admitted to hospital: a randomized controlled trial. *The Lancet*, 354, 278-80, 1999.
- 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.