

Case study

Open Access

점진적 앉은 자세에서의 PNF운동이 소뇌 손상환자의 동적 균형능력에 미치는 효과 -단일 사례 연구-

김대경 · 나은진¹ · 문상현[†]

대한고유수용성신경근축진법학회 부산시회, ¹드림병원 물리치료실

Effects of Using PNF in Progressive Sitting Position on Dynamic Balance in a Patient with a Cerebellar Injury -Single Subject Design-

Dae-Kyeong Kim · Eun-Jin Na¹ · Sang-Hyun Moon[†]

Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association in Busan Branch

¹*Department of Physical Therapy, Dream Hospital*

Received: May 19, 2016 / Revised: August 10, 2016 / Accepted: August 11, 2016

© 2016 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effects of using proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) exercise in the progressive sitting position on the dynamic balance ability of a patient with a cerebellar injury.

Methods: The subject had ataxia due to cerebellar injury. The subject participated in a PNF bilateral scapular pattern exercise with stabilizing reversal technique during a progressive sitting position session as well as baseline for 20 minutes a day for 4 weeks. In the first session, PNF exercises were performed at a height of 40 cm for 10 minutes, and in the second session they were performed at 50 cm for 10 minutes from a lower center of gravity (COG) to a higher COG sitting position. We used the Berg Balance Scale (BBS), Five-Times-Sit-to-Stand Test (FTSST), and the Timed Up and Go Test (TUGT) to measure the subject's dynamic balance ability every two days through the entire session.

Results: After participating in the program, the subject's dynamic balance ability improved compared to the first baseline, as measured by BBS (2 points increased), FTSST (5.3 sec decreased), and TUGT (2 sec decreased). The increase was also maintained in the second baseline session.

Conclusion: PNF exercise using bilateral scapula patterns with a stabilizing reversal technique helps to enhance the dynamic balance ability of a cerebellar injury patient.

[†]Corresponding Author : Sang-Hyun Moon (ptist5003@hanmail.net)

Key Words: Cerebellar injury, Dynamic balance, Proprioceptive neuromuscular facilitation

I. 서론

환경 안에서 여러 과제를 수행하기 위해 기저면(base of support, BOS) 위에서 신체의 균형을 유지하는 능력은 일상생활에서 가장 중요한 운동 조절 요소 중 하나이다(Carr & Shepherd, 2003). 균형은 기저면과 지지하는 관절에 연계된 신체 분절의 운동을 조절하는 것이다(Mackinnon & Winter, 1993). 우리가 일상생활을 효과적이고 효율적으로 수행하기 위해서는 기저면 위에서 신체 균형을 유지하는 능력이 필요하다. 안정된 자세를 유지하고 균형을 유지하는 능력은 운동 기술의 수행을 통합하며, 수행될 동작이나 동작이 발생하는 환경에서 분리할 수 없다(Carr & Shepherd, 1998). 우리가 움직일 때 균형을 유지하는 역학적인 문제점은 중추신경계(central nervous system)에 대한 변화이다. Ghez (1991)는 움직이고 자세를 유지하는 데 필요한 조절(adjustment)은 중력과 다른 외부적인 힘에 대해 신체를 지지하기, 기저면(BOS)위에서 신체 중심(center of mass, COM)을 정렬하고 균형을 유지하기, 다른 부분을 움직일 때 신체의 분절을 안정시키기 등의 3가지 목표를 가진다고 하였다(Carr & Shepherd, 2003).

소뇌는 신체 각 부위의 운동을 조합하여 평형을 지키며 운동이 원활하게 이루어지도록 정교하게 조정하는 기능을 한다. 그러나 이러한 운동조절은 소뇌에서만 이루어지는 것은 아니고 대뇌와도 깊은 관계를 맺으면서 일어난다. 소뇌에 손상이 오면 운동기능이나 평형감각을 조절할 수 없어 정밀하게 움직일 수 없게 되며 걸음걸이도 불안정하게 된다. 소뇌 손상의 임상적 증상으로는 운동거리조절이상(dysmetria), 활동떨림(intentional tremor), 근육협동장애(dyssynergia), 시각운동협동운동장애(visuomotor incoordination), 상반운동반복수행장애(dysdiadochokinesia), 자세와 보행(posture and gait), 근육긴장저하(hypotonia), 눈떨림

(nystagmus), 조음곤란(dysarthria), 인지장애(cognitive impairment)등이 나타날 수 있다(Kim et al, 2007).

Chini 등(2016)의 연구에서는 소뇌 손상환자에게서 넘어짐의 위험도가 증가하고, 몸통의 동적 안정성은 자세를 유지하거나 걷기 등의 활동을 하는데 있어 매우 중요하다고 하였고, 몸통 중심 안정화 운동이 소뇌 손상환자의 균형과 보행능력, 몸통 근육의 등척성 지구력을 유의하게 향상시켰다고 보고 하였다(Freund & Stetts, 2010).

고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 인체의 많은 움직임을 알기 쉽고 이해하기 쉽도록 여러 가지 패턴을 이용하여 설명하고 있고, 이 패턴과 함께 여러 가지의 기법을 가지고 목적에 맞게 사용하도록 설명하고 있다. 그 중에 어깨뼈 패턴(scapula pattern)은 몸통의 움직임에 영향을 주고, 한 쪽 뿐만 아니라 양측을 같이 사용하여 몸통의 움직임을 더욱 증진시킬 수 있으며, 균형과 안정성이 떨어진 환자에게 적용할 수 있는 기법을 제시하고 있는 방법이 PNF이다(Adler et al, 2014).

PNF를 이용한 운동 프로그램이 요통이나, 뇌졸중 등의 연구에는 많은 결과들이 보고되고 있지만, 소뇌 손상 환자에게 적용한 PNF운동은 아직도 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 소뇌 손상환자에게 점진적 앉은 자세에서의 PNF운동이 동적균형능력에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 소뇌 손상의 진단을 받고 서울시에 위치한 D병원에 재원중인 소뇌 실조 환자 1명을 대상으로 실시하였다. 대상자는 소뇌 실조로 인한 운동 및 감각 마비가 있는 사람, 인지 및 지각에 손상이 없는 사람,

정형외과적 손상이 없는 자를 선정하였다. 선정된 연구 대상자는 38세의 여성으로 2015년 5월에 소뇌 위축(atrophy)으로 인한 소뇌 실조증으로 진단을 받았다. 환자분은 단독 보행이 가능하였으나, 많이 불안한 상태로 관찰이 필요하였으며 개안시 Romberg 검사는 23초, 폐안 시 Romberg 검사는 11초 가능하였다. 발병 이후 매일 오전, 오후로 물리치료와 작업치료를 받고 있고, 연구 대상자로부터 연구 동의를 받고 나서 연구를 실시하였으며, 본 연구의 방법인 단계별 앉은 자세에서의 PNF운동은 치료 시간 이외의 시간에 시행하였다.

2. 연구 도구 및 절차

1) 실험 설계

본 연구에서는 단일 사례 연구 설계 중 가장 많이 사용하는 방법 중 하나인 A-B-A' 방식을 사용하였다. A와 A'는 기초선 기간이었으며, B는 앉은 자세에서의 PNF운동 기간이었다. 전체 연구 기간은 4주였으며, 첫 번째 기초선은 6일, 훈련 기간은 12일, 두 번째 기초선 역시 첫 번째 기초선과 같은 6일이었다. 각 종속변수마다 첫 번째 기초선은 2일 1회씩, 총 3회를 실시하였으며, 두 번째 기초선 역시 2일 1회씩, 총 3회를 측정하였다. 훈련기간은 1일 30분, 주 6일, 2주 동안 모두 총 12회 실시하였다.

(1) 기초선(A)

첫 번째 기초선은 중재를 적용하기 전 대상자의 균형능력을 알아보기 위한 기간이다. 균형 능력의 변화를 알아보기 위하여 berg balance scale (BBS), five times sit to standing test (FTSST), timed up and go test (TUGT)를 2일 1회, 총 3회 실시하였다.

(2) 중재 기간(B)

첫 번째 기초선 기간에서 종속변수의 변화가 안정되었다고 판단하여 앉은 자세에서의 PNF운동을 적용하는 중재기간을 시행하였다. 본 훈련은 어깨뼈 패턴과 PNF의 안정화 기법을 병행하여 적용하였고, 중재

기간은 1일 1회 20분씩, 총 12일 동안 실시하였다. 훈련 후 2일째가 되는 날, 2일에 1회씩, 총 6회 동안 기초선에서 사용한 도구들을 사용하여 균형 능력을 2일에 1회씩 측정하였다.

(3) 기초선(A')

중재 전 후의 종속변수의 변화와 중재 후의 지속적인 효과를 알아보기 위하여 중재기간 후의 기초선 기간을 다시 설정하였다. 모든 과정은 첫 번째 기초선 기간 절차대로 반복 시행하였다.

2) 측정 도구

본 연구의 종속변수인 기립자세에서의 동적 균형 능력 변화를 알아보기 위하여 Berg Balance Scale (BBS), Five Times Sit to Standing Test (FTSST), Timed Up and Go Test (TUGT)를 각각 사용하였다.

(1) Berg balance scale (BBS)

Berg balance scale (BBS)은 동적균형능력을 알아보기 위한 도구이다. 이 척도는 총 14개의 항목으로 되어 있고, 각 항목에서는 자세를 유지하거나 변경하는 과제 수행능력을 파악하여 기록한다. 각 항목은 5점 척도로 되어 있으며, 0점은 과제를 전혀 수행하지 못한 것이고, 4점은 독립적으로 수행 할 수 있음을 의미한다. 총 56점으로 되어 있고, 0~20점은 균형능력에 손상이 있고, 21~40점은 균형능력이 좋지는 않지만 그런대로 괜찮은 것을 의미하고, 41~56점은 좋은 균형능력을 의미한다(Berg et al, 1992).

(2) Five times sit to standing test (FTSST)

Five times sit to standing test(FTSST)는 하지의 근력과, 앉은 자세에서의 일어서는 능력, 균형 능력 등을 알아보기 위한 도구이다. 환자의 양 손은 가슴에 포개어 놓고 16인치(약 40cm) 높이의 의자에서 5회 반복하여 일어나는 것을 초시계를 이용하여 측정하도록 한다. 이 도구는 동적 균형능력을 측정하기 위한 신뢰도와 타당도가 입증되었다(Whitney et al, 2005).

Table 1 . Program of PNF exercise

Procedures	Intervention	Period
		Total 4 weeks
Baseline (A)		1 week
Intervention (B)	Bilateral scapula anterior elevation – posterior depression	2 week
	Bilateral scapula posterior depression – anterior elevation Stabilizing Reversal technique	
Baseline (A')		1 week

(3) Timed up and go test (TUGT)

Timed up and go test (TUGT)는 기본적인 운동성과 균형을 측정하고 넘어짐을 예측하는데 사용 되는 도구이다. 환자는 팔걸이가 있는 의자에서 일어나서 3m 거리를 걸어서 다시 되돌아와 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법인데 기본적 운동성과 균형을 측정하기 위한 신뢰도와 타당도가 입증되었다(Podsiadlo & Richardson, 1991; Shumway-Cook et al, 2000).

3) PNF 운동

PNF의 패턴인 어깨뼈 패턴(scapula pattern)은 몸통의 움직임에 영향을 미친다(Adler et al, 2014). PNF 어깨뼈 패턴과 PNF의 기법중 하나인 안정화 반전(stabilizing reversal, SR)을 이용하여 운동을 실시하였다. 환자는 40cm높이의 매트에 앉은 자세에서 한 쪽의 어깨뼈 앞쪽-위쪽 패턴(scapula anterior elevation pattern)과 반대측 어깨뼈 뒤쪽-아래쪽 패턴(scapula posterior depression pattern)을 동시에 적용하고 번갈아가며 한 쪽의 어깨뼈 뒤쪽-아래쪽 패턴(scapula posterior depression pattern)과 반대측 어깨뼈 앞쪽-위쪽 패턴(scapula anterior elevation pattern)을 안정화 반전(SR) 기법을 이용하여 동시에 실시하였고, 몸통의 움직임은 거의 일어나지 않도록 하였으며, 어깨뼈의 움직임 역시 거의 허용하지 않았다. 40cm 높이의 매트에서 10분간 운동을 실시하고 이어서 단계적으로 환자의 중력 중심점(center of gravity, COG)을 높이기 위하여 50cm에서도 역시 10분간 똑같은 운동을 실시하였다. 훈련시간은 총 20분이었다(Table 1).

3. 분석 방법

두 번의 기초선 및 중재기간을 통하여 대상자의 균형능력 변화를 알아보기 위하여 그래프를 이용한 시각분석법을 이용하였으며, 각 변수들의 각 단계간의 변화를 비교 제시하였다.

III. 연구 결과

1. 동적균형능력 변화

1) Berg balance sScale (BBS)

두 번의 기초선과 운동기간 동안 동적균형능력의 변화를 알아보기 위해 측정한 버그균형척도의 값을 아래의 그림에 제시하였다. 첫 번째 기초선에서는 평균 42점이었던 동적균형능력이 PNF운동 기간에는 평균 44점으로 2점 향상되었으며, 두 번째 기초선에서는 43.3점으로 운동이 끝난 후에도 동적균형능력은 유지되는 것으로 나타났다(Fig. 1).

2) Five times sit to standing test (FTSST)

일어서는 활동의 변화를 알아보기 위해 실시한 5회 일어서기 변화를 아래의 그림과 같이 제시하였다. 첫 번째 기초선에서는 평균 49.3초에서 PNF운동 기간에는 평균 44초로 5.3초 정도의 감소를 보였으며, 두 번째 기초선에서는 47.5초로 운동이 끝난 후에도 일어서는 활동의 능력은 유지되는 것으로 나타났다(Fig. 2).

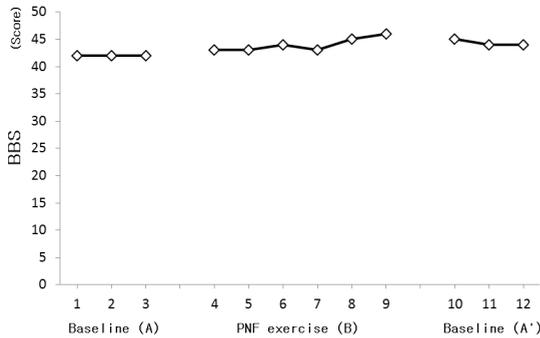


Fig. 1. Mean values of BBS[†] of each sessions.
BBS : berg balance scale

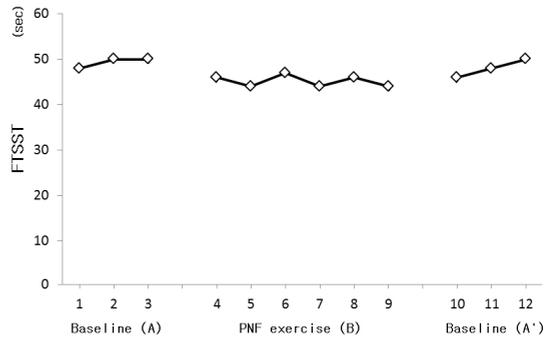


Fig. 2. Mean values of FTSST[†] of each sessions.
FTSST : five times sit to standing test

3) Timed up and go test (TUGT)

역시 동적균형능력 및 이동 능력 변화를 알아보기 위하여 TUGT를 실시하였고, 변화를 아래의 그림에 제시하였다. 첫 번째 기초선에서는 평균 19.3초였던 TUGT가 PNF운동 기간에는 17.3초로 2초 감소를 보였으며, 두 번째 기초선에서는 18.6초로 운동이 끝난 후에도 동적균형능력 및 이동 능력은 유지되는 것으로 나타났다(Fig. 3).

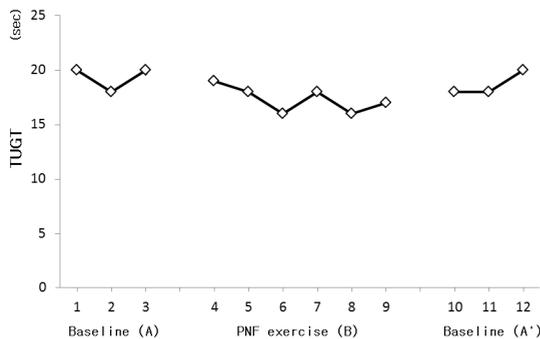


Fig. 3. Mean values of TUGT[†] of each sessions.
TUGT : timed up and go test

IV. 고 찰

소뇌 손상 후에는 협응 능력 저하(incoordination), 운동 거리조절 이상(dymtria), 움직임의 분절화(decomposition) 및 활동 떨림(intension tremor)과 같은

다양한 신경학적 증상들이 함께 복합적으로 동반된다(Smeets & Verbeek, 2014). PNF를 이용한 운동법과 치료법들이 뇌졸중과 요통 등의 환자들에게도 많이 사용되어지고 있고, 또한 효과가 있다고 보고되고 있다(Lee et al, 2012; Jeon & Lee, 2009).

본 연구에서는 PNF를 이용하여 소뇌 손상환자에게 어깨뼈 패턴의 운동을 통한 몸통의 운동을 촉진하였다. 양측을 이용한 PNF의 어깨뼈 패턴과 함께 울동적 반전 기법을 이용하여 몸통의 근육을 촉진하고 주동근과 길항근을 수축이 끊기지 않게 번갈아 가며 시행하는 방법이다. 이런 PNF를 이용한 몸통 안정화 운동은 소뇌 환자는 아니지만 뇌졸중 환자에게 적용했을 때 균형능력이 향상되었다고 보고하였다(Kang & Ham, 2014). 또한 Folz와 Sinaki (1995)의 연구에서는 소뇌 손상환자에게 자세재활운동이 균형능력에 향상을 가져 왔다고 보고하고 있으며, 몸통의 운동 또한 소뇌 손상환자들에게 균형능력에 좋은 효과가 있다고 보고하였다(Freund & Stetts, 2010).

본 연구에서는 PNF를 이용한 몸통운동이 뇌졸중과 요통 환자에게 균형능력에 효과를 가져왔기에 이를 소뇌 손상환자에게 적용해 보았다. PNF를 이용하여 몸통의 운동을 시행한 결과 동적균형능력을 알아보기 위해 평가한 BBS가 운동 전보다 2점이 증가하였고, 운동이 끝난 후에도 첫 번째 기초선 보다 점수가 향상되어 동적균형능력이 유지되는 것으로 나타났다. 또한 FTSST에서도 역시 운동 시작 전보다 운동 시행하

는 기간에 평균 5.3초의 시간 감소가 나타났고, 운동이 끝난 후에도 첫 번째 기초선보다 시간이 감소되어 운동의 효과가 유지되는 것을 확인할 수 있다. 그리고 마지막으로 실시한 TUGT에서도 운동을 시행하기 전보다 운동을 시행하는 기간에 2초의 감소가 나타났다. 역시 운동이 끝난 후에도 첫 번째 기초선보다 시간이 감소되어 그대로 운동의 효과가 지속되는 것을 볼 수 있다. 이는 Hwangbo 등(2016)의 연구에서 PNF의 목 패턴 운동을 적용하여 동적균형능력의 증가를 보였다고 보고한 연구와 비슷한 결과를 보인다. 목 패턴 운동은 목의 움직임과 함께 몸통의 움직임에도 영향을 미치므로(Adler et al, 2014), Verheyden 등(2009)의 연구에서와 같이 몸통의 움직임이 뇌졸중 환자에게 동적균형능력이 증가하였다고 보고하였는데 이런 유사한 결과는 본 연구에서의 PNF를 이용한 몸통 운동이 동적균형능력에 효과가 있다고 볼 수 있다.

Jung (2014)의 연구에서는 몸통조절능력이 부족한 환자에게 점진적으로 중력 중심점(COG)을 증가시키며 안정화 반전기법을 적용한 PNF운동이 균형능력 및 일상생활에 효과가 있다고 보고하였는데, 본 연구에서 사용한 PNF의 안정화 기법, 즉 양측 어깨뼈 패턴의 주동근과 길항근의 수축이 끊기지 않고 번갈아 가면서 몸통의 근육들을 수축하여 몸통의 안정성이 증가된 것으로 생각할 수 있다. 또한 한 자세에서의 앉은 자세에서만 운동을 시행한 것이 아니라, 앉은 자세에서 점진적으로 중력 중심점(COG)을 높여서 운동을 실시했기 때문에 변화된 자세에서도 균형능력의 훈련을 실시한 결과라고 생각할 수 있다. 그러므로 한 자세에서의 앉은 자세에서만 PNF운동을 실시하는 것이 아니라 점진적으로 중력 중심점(COG)을 높여주면서 있는 자세와 최대한 비슷한 자세에서 PNF운동을 시행해야 좋은 균형능력을 촉진할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 실제적으로 임상에서 PNF로 소뇌 손상환자에게 사용할 수 있는 운동들을 적용하여 몸통의 안정성에 관여하고 동적균형능력의 변화를 관찰하였다는 점에서 의미가 있다.

본 연구는 단일 사례 연구 중 A-B-A'방식을 사용하였고, 소뇌 손상환자 1명을 대상으로 하여 점진적으로 앉은 자세에서 PNF를 이용한 몸통 축진 운동이 동적균형능력의 치료효과에 대하여 검증한 것으로 연구를 실시하였기 때문에 모든 소뇌 손상환자에게 일반화 하기는 어려운 부분이 있을 것으로 사료된다. 그렇기에 앞으로의 연구에서는 보다 많은 대상자들에게 PNF를 적용하여 동적균형능력을 검증하는 연구가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 한 명의 소뇌 손상환자에게 점진적 앉은 자세에서의 PNF 운동이 동적균형능력에 미치는 영향을 알아보기 위한 것이다. 전체의 연구기간은 총 4주였으며, 초기 1주일 동안 초기 기초선 측정을 한 후 1일 30분씩, 주6회, 2주 동안 모두 12회 동안 PNF 운동을 실시하였다. 그리고 마지막 1주 동안은 두 번째 기초선을 측정하였다.

그 결과 소뇌 손상환자에게 적용한 어깨뼈 패턴과 울동적 반전 기법을 함께 적용한 PNF 운동은 동적균형능력을 향상시켰고, 운동이 끝난 후에도 그 효과는 지속되었다. 결론적으로 종합해보면 소뇌 손상환자에게 적용한 PNF 운동은 동적균형능력에 좋은 결과를 가져오므로써 향후 소뇌 손상환자의 동적균형능력을 증진시키기 위한 운동프로그램으로 적용할 수 있다는 것이 확인되었다.

References

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 4th ed. Heidelberg, Springer. 2014.
- Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, et al. Measuring balance in the elderly: Validation of an instrument. *Canadian journal of public health*. 1992;83(2):7-11.

- Carr JH, Shepherd RB. Neurological Rehabilitation Optimizing Motor Performance. Butterworth-Heinemann. Oxford. 1998.
- Carr JH, Shepherd RB. Stroke Rehabilitation: Guidelines for Exercise and Training to Optimize Motor Skill. 1ed. Butterworth-Heinemann. Oxford. 2003.
- Chini G, Ranavolo A, Draicchio F, et al. Local stability of the trunk in patients with degenerative cerebellar ataxia during walking. *Cerebellum*. 2016;1(25):1-8.
- Freund JE, Stetts DM. Use of trunk stabilization and locomotor training in an adult with cerebellar ataxia: a single system design. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2010;26(7):447-58.
- Folz T, Sinaki M. A nouveau aid for posture training in degenerative disorders of the central nervous system. *Journal of Musculoskeletal Pain*. 1995;3(4):59-70.
- Ghez C. Posture. Principles of Neural Science. 3rd ed. Appleton and Lange. Norwalk. 1991.
- Hwangbo PN, Kim KD. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation neck pattern exercise on the ability to control the trunk and maintain balance in chronic stroke patients. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(3):850-853.
- Joeh HJ, Lee MH. The effects of PNF technique versus trunk exercise program on the pain, disability, and balance in chronic LBP patients. *Korea Contents Association*. 2009;9(12):665-673.
- Jung DK. The effect of trunk stability exercises on trunk control ability and daily living activities on the osmotic demyelination syndrome of a patient with hyponatremia(a case study). *Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2014; 12(4):249-258.
- Kang TW, Ham KH. Effect of trunk stability exercises with stabilizing reversal and rhythmic stabilization of PNF for muscle strength and balance ability in stroke patients. *Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2014;12(2): 63-69.
- Kim SH, Kim KJ, Kim SY, et al. System physical rehabilitation (II) in nervous system and cardiopulmonary. Seoul. Hanulbook. 2007.
- Lee MK, Yoon TW, Kim YH, et al. Effect of gait training using PNF on balance and walking ability in person with chronic stroke(single subject design). *Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2012;10(1):43-52.
- Mackinnon CD, Winter DA. Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *Journal of Biomechanics*. 1993;26(6):633-644.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up and Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991; 39(2):142-148.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the timed up and go test. *Physical Therapy*. 2000;80(9):896-903.
- Smeets CLM, Verbeek DS. Cerebellar ataxia and functional genomics: Identifying the routes to cerebellar neurodegeneration. *Biochimica et Biophysica Acta. Molecular basis of disease*. 2014; 1842(10); 2030-2038.
- Verheyden G, Vereeck L, Truijen S, et al. Additional exercise improve trunk performance after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Neurorehabilitation & Neural Repair*. 2009;23(3):281-286.
- Whitney SL, Wrisley DM, Marchetti GF, et al. Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders; validity of data for the five-times-sit-to-stand test. *Physical Therapy*. 2005; 85(10):1034-1045.