

## PNF를 이용한 닫힌사슬운동이 불완전 경수 손상 환자의 손 기능과 일상생활동작에 미치는 영향 : 단일사례연구

정두교<sup>†</sup> · 이재한<sup>1</sup>

순천향대학교 서울병원 물리치료실, <sup>1</sup>더 필립병원 물리치료실

The Effect of Closed Kinetic Chain Exercise Using PNF on Hand Function and Activities of Daily Living of Patient with Incomplete Spinal Cord Injure : Single Subject Design

Du-Kyo Jung<sup>†</sup> · Jae-Han Lee<sup>1</sup>

Department of Physical Therapy, Soon Chun Hyang University Seoul Hospital

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, The Philip Hospital

Received: November 30, 2013 / Revised: December 20, 2013 / Accepted: January 15, 2014

© 2014 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:** Deficits in upper-extremity function in individuals with tetraplegia are primarily due to the loss of motor pathways. The purpose of this case report is to describe the effect of closed kinetic chain exercise using PNF on hand function and ADL of patient with incomplete spinal cord injure.

**Methods:** Patient was a 53-year-old man with C4 tetraplegia and hand and upper extremity impairment who participated in this training intervention for 10 weeks.

**Results:** Patient demonstrated improvements in upper extremity strength, hand function and performance of ADL. Outcome measures(ASIA motor scale, Hand power, Jepsen-Taylor Hand Function test, SCIM) were measured before and after the training program.

**Conclusion:** The results of this case suggests that an closed kinetic chain exercise program in incomplete spinal cord injury patient may induce Hand function and ADL.

**Key Words:** Closed kinetic chain exercise, Incomplete spinal cord injury, Hand function, Activities of daily living

### I. 서론

불완전경수손상 환자 중 중심성 척수증후군은 전체 경추 손상의 약 10-30%로 보고되어 졌다(Martyn 등, 2000). 척수손상 후 실제적으로 신경 근육의 회복에 대한 예후는 손상 정도가 완전히 손상되었는지 불완전하게 손상되었는지에 따라서 달라진다(Coleman과 Geisler, 2004).

Pedretti와 Early(2001)는 불완전 경수 손상 환자의 경우 완전 척수 손상 환자와는 다르게 감각이나 운동의 기능의 약화

는 보이지만, 부분적으로만 결손을 보이는 특징을 가지고 있다고 하였다. 불완전 경수 손상 환자에게는 주로 하지보다는 상지에서 더 많은 손상을 보인다고 하였고 이러한 상지 기능의 결손으로 인하여 옷 입고 벗기나 식사하기와 같은 기본적인 일상생활동작을 하는데 많은 문제점을 가지고 있다. 그래서 경수 손상 환자들은 재활기간동안 손과 상지 기능의 회복을 주요 목적으로 하고 있다(Anderson, 2004).

상지 기능 회복을 위한 방법은 다양하지만, 특히 닫힌사슬운동(closed kinetic chain exercise)은 상지 기능 부전의 재활로서 많이 사용되어졌다. 닫힌사슬운동은 관절가동범위의 증

<sup>†</sup>Corresponding Author : Du-Kyo Jung (jung46000@naver.com)

진, 중추신경계에 감각 되먹임을 통해 효과적인 근재교육을 할 수 있다(Chakerian과 Larson, 1993). 체성감각의 자극은 뇌 손상 후에 기능적으로 재 조직화 하고 운동학습능력을 증진 시켜 줄 수가 있다(Pavlidis 등, 1993). 닫힌사슬운동은 원위부의 고정과 함께 체중 지지 하는 활동이며(Steindler, 1955), 주동근과 길항근이 동시 수축하면서 원심성 수축을 유도하며 근육의 동적 안정성을 발생시킨다. 이때 닫힌사슬에 의해 발생한 관절 압박이 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 제공한다. 또한 관절낭의 압력의 의하여 기계적 수용기가 민감하게 반응하여 고유수용성감각을 촉진하게 된다(Iwasaki 등, 2006). 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 근육과 건내의 고유수용기를 자극함으로써 기능을 향상 시키고 신경과 근육의 활동을 촉진하는 운동 방법이다. PNF는 고유수용성감각 자극을 통하여 운동 수행 능력을 촉진하는 것으로 근력과 지구력, 협응적인 움직임 촉진하기 위한 방법으로 사용된다(Adler 등, 2008). 이것은 대각선과 나선형 운동패턴을 사용하는 대단위 근운동으로서 강한 쪽을 이용하여 약한 쪽의 근 수축을 유발하는 신체의 전반적인 상호작용을 촉진시킨다(Knott와 Voss, 1968). 닫힌사슬운동은 위팔, 아래팔, 손으로 걸쳐서 어깨 관절 전체에 직접적으로 압력을 줄 수가 있으며, 주위 근육들의 협응 수축을 유도하여 다른 관절에 간접적인 기능 회복을 위한 운동 방법으로 사용되어지고 있다(Tucker 등, 2010). 뇌성마비 아동을 대상으로 닫힌사슬 운동을 적용 했을 때 잡기 능력의 증진을 가져왔다고 보고하였다(Chakerian 등, 1993). 30명의 뇌졸중 환자들을 대상으로 체중 지지 활동은 신전 근육의 반응을 활성화 할 수가 있다고 하였고, 손 신전근의 약화가 있는 뇌졸중 환자에게 체중 지지 활동을 추천하고 있다(Hummelsheim과 Colleagues, 1995). 척수 손상 환자들을 대상으로 상지의 근력과 일상생활동작과의 상관관계를 보았는데 상지의 근력이 일상생활동작과 상관관계가 있다고 보고되었다(Claudia 등, 2009). 닫힌사슬운동과 열린사슬운동(closed kinetic chain exercise)에 따라 활성화되는 근육이 달라진다고 보고되어져 왔고, 닫힌사슬운동을 하는 동안에는 많은 관절에 영향을 줄 수 있기 때문에 더 많은 근육군에서 동작을 조절하기 위하여 근육과 관절에서도 감각 수용기들이 활성화된다고 하였다. 이와 같이 닫힌사슬운동이 관절, 근육 등에 효과적인 운동 방법임을 제시하였지만, 불안전 경수 손상 환자를 대상으로 실시한 연구들은 미흡하였고, 특히 닫힌사슬운동을 이용하는 PNF의 효과에 대한 연구는 부진하였다.

따라서 선행 연구들에서 제시한 닫힌사슬운동의 효과를 알아보고 PNF를 적용하여 닫힌사슬운동을 실시하여 불안전 경수 손상 환자의 손 기능과 일상생활동작에 미치는 영향을 알아보고자 연구를 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 서울시에 소재한 OO병원에서 치료를 받고 있는 ASIA 척도 D와 중심성 척수 증후군 진단을 받은 불안전 경수 손상 환자 1명을 대상으로 하였으며 유병 기간은 9개월이다.

ASIA 척도 D는 근력 3을 포함한 척수 분절의 50% 이상을 차지한다. 2013년 6월 3일부터 동년 8월 9일까지 10주간 실시하였다.

### 2. 연구방법

불안전 척수 손상 환자(중심성 척수증후군)을 대상으로 고유수용성신경근촉진법을 이용한 닫힌사슬운동을 이용하여 다음과 같은 운동 방법으로 실시하였다.

첫째, 옆으로 누운 자세에서 견관절 굴곡, 내전, 외회전 상태로 매트에 유지한 상태에서 팔꿈치를 구부리고 펴는 운동.

둘째, 엷드린 자세에서 견갑골을 전인한 상태에서 유지하는 운동.

셋째, 옆으로 앉은 자세에서 손바닥이 매트에 유지한 상태에서 팔꿈치를 구부리고 펴는 운동.

넷째, 네발기기 자세에서 손바닥을 매트에 유지한 상태에서 전·후방 이동, 팔굽혀펴기 운동.

다섯째, 선 자세에서 손바닥을 매트에 유지한 상태에서 전·후방 이동 운동.

각각의 자세에서 PNF의 기본 절차와 기술을 사용 하였으며, 위의 5가지 운동은 10주 동안 1주일에 5일, 30분씩 실시하였다.

### 3. 측정도구

고유수용성신경근촉진법을 이용한 닫힌사슬운동 전·후의 상지의 근력의 변화를 측정하기 위하여 ASIA Motor scale을 이용하였다. 상지의 ASIA 운동 능력 근력점수는 손 기능 회복과 많이 밀접하게 관련되어 있고, 운동능력 점수는 기능을 예측할 수 있는 지표가 될 수 있다(Curt 등, 1998). 상지의 근력점수는 양측의 5개의 주요 근육을 검사하며, 총 50점으로 0에서 5까지 6개의 점수 단계로 구분한다. 완전마비는 0, 약간의 수축이 보이면 1, 중력을 제거한 상태에서 능동운동이 가능하면 2, 중력에 대한 능동운동이 가능하면 3, 약간의 저항에 대하여 능동운동이 가능하면 4, 완전한 저항에 대한 능동 운동이 가능하면 5점을 부여한다. 상지의 근력 점수는 주관절 굴곡근, 수근 관절의 신전근, 주관절 신전근, 3번째 수지 원위지절 굴곡근, 5번째 수지 외전근을 평가하였다(ASIA, 2000).

장악력(grasp) 및 집기력(pinch) 기능의 변화를 측정하기 위하여 악력계(dynamometer)를 이용하여 1981년 미국 수부치료사협회(American Society of Hand Therapist)에서 제시한 방법으로 앉은 자세에서 견관절은 내전시키고, 주관절은 90도 굴곡 시키고, 전완관절은 중립을 유지하고, 손목은 0에서 30도 범위로 하였으며, 0에서 15도 각도 내에서 척측으로 편위된 상태에서 측정하였다. 장악력과 측면집기, 3점 집기를 측정하였다. 환자에게 3초간 최대의 힘을 발휘 하도록 하였으며, 측정 사이에는 5초간의 휴식 시간을 주었다.

손 기능의 변화를 측정하기 위하여 Jebsen-Taylor Hand Function test를 이용하였다. 이 검사는 손의 기능을 평가하기 위한 객관적인 평가도구로서 총 7개의 항목인 글씨쓰기(Writing), 카드 뒤집기(card turning), 작은 물건 옮기기(small object), 먹는 흉내 내기(feeding), 장기말 쌓기(checker), 크고 가벼운 물건 옮기기(large light object), 크고 무거운 물건 옮기기(large heavy object)의 항목을 우세손과 비우세손으로 구분하여 수행 시간을 측정하였고, 단위는 초(sec)로 사용하였다(Jebsen 등, 1969).

일상생활동작의 변화를 측정하기 위하여 SCIM을 이용하였다. 이 평가 방법은 척수 손상 환자를 위해 개발된 것으로, 자조관리, 호흡과 팔약근 조절, 이동의 3가지의 영역으로 분류되어 있으며, 각 항목은 20, 40, 40점으로 총점 100점으로 점수화 하고 있다. 첫 번째 영역인 자조관리는 식사, 목욕 옷 입기, 세면 및 몸단장하기로 나뉘어져 있으며, 두 번째 영역인 호흡과 팔약근 조절은 호흡, 팔약근 조절, 화장실 이용으로 나뉘어

졌다. 세 번째 영역인 이동(방과 화장실)은 침상 동작과 욕창 방지 동작, 이동 동작(침대-휠체어), 이동 동작(휠체어-번거-욕조)으로 구분되며, 이동(실내와 실외)은 실내 이동, 중등도 거리 이동(10-100m), 실외 이동(100m 이상), 계단 오르기, 이동 동작(휠체어-자동차), 이동 동작(바닥-휠체어)로 나뉘어져 있다.

#### 4. 분석방법

본 연구에서는 손 기능과 일상생활동작의 변화를 알아보기 위하여 치료 전과 치료 후를 평가하여 비교하였다.

### III. 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

이 연구에 참여한 환자는 53세의 남성이다. C4 불완전 경수 손상 환자(중심성 척수 증후군)로서 ASIA 척도 D로 진단을 받았다. 키는 168 cm이며, 체중은 73kg이다.

#### 2. 중재 전·후의 ASIA motor scale의 비교

고유수용성신경근촉진법을 이용한 단한사슬운동 중재 전과 후의 ASIA motor scale에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 1). 단한사슬운동 중재 전의 ASIA motor scale은 우측상지에서 중재 전 11점에서 중재 후 14점으로 향상되었고, 좌측상지에 중재 전 17점에서 중재 후 18점으로 향상되었다. 주관

Table 1. Preintervention and postintervention american spinal injury association (ASIA) motor scores for individual upper-extremity muscles and total upper-extremity motor score

Key upper-extremity muscles	Right upper extremity		Left upper extremity	
	Preintervention	Postintervention	Preintervention	Postintervention
Elbow flexors	2	3	4	4
Wrist extensors	2	3	3	4
Elbow extensors	3	4	4	4
Finger flexors	2	2	3	3
Finger abductors	2	2	3	3
Total upper-extremity motor score	11	14	17	18

Table 2. Preintervention and postintervention american spinal injury association (ASIA) motor scores for individual hand power

Unit : kg

Motion	Right hand		Left hand	
	Preintervention	Postintervention	Preintervention	Postintervention
Grasp	0	0	2	5
Lateral pinch	0	0	0.5	1.5
Palmar pinch	0	0	1	0.5

Table 3. Preintervention and postintervention scores (in Seconds) on individual items on the Jebsen-Taylor Hand Function test

Task	Right upper extremity		Left upper extremity	
	Preintervention	Postintervention	Preintervention	Postintervention
Writing	45.75	41.97	54.50	50.50
Card turning	09.16	08.38	06.56	05.38
Small object	23.88	17.46	11.50	14.47
Feeding	16.84	18.16	13.63	13.78
checker	15.37	08.67	09.16	08.16
Large light object	06.75	05.60	06.04	04.28
Large heavy object	08.85	07.37	07.05	06.75
Total time	126.6	107.61	108.44	103.32

Total time includes the summated times for all tasks the individual completed independently prior to intervention. Decrease in total time indicates an increase in speed of performing the tasks on the Jebsen-Taylor Hand Function test.

Table 4. Summary of preintervention and postintervention results from strength test and Jebsen-Taylor Hand Function test

Motion	Right hand		Left hand	
	Preintervention	Postintervention	Preintervention	Postintervention
Upper-extremity motor scores	11	14	17	18
Jebsen-Taylor Hand Function Test	126.6	107.61	108.44	103.32

절 굴곡근은 2점에서 3점으로, 수근 관절의 신전근은 2점에서 3점으로, 주관절 신전근은 3점에서 4점으로 향상되었다. 3번째 수지 원위지절 굴곡근은 2점에서 2점으로, 5번째 수지 외전근은 2점에서 2점으로 변화를 보이지 않았다.

### 3. 중재 전 후의 hand Power의 비교

중재 전과 후의 hand Power에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 2). Hand power는 우측 손의 기능이 저하되어 측정을 할 수가 없었고, 좌측 손의 장악력은 2점에서 5점으로 향상되었고 측면집기는 0.5점에서 1.5점으로 향상되었다. 그리고 3점 집기는 1점에서 0.5점으로 감소되었다.

### 4. 중재 전 후의 Jebsen-Taylor Hand Function test의 비교

중재 전과 후의 Jebsen-Taylor Hand Function test에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 3). Jebsen-Taylor Hand Function test는 우측이 126.6초에서 107.61초로, 좌측이 108.44초에서 103.32초로 향상되었다. 우측 손의 글씨 쓰기에서 45.75초에서 41.97초로 시간이 감소되었으며, 카드 뒤집기에서는 09.16초에서 08.38초로 감소되었다. 작은 물건 옮기기에서 23.88초에서 17.46초로 감소되었으며, 먹는 흉내 내기에서는 16.84초에서 18.16초로 증가 되었다. 장기말 쌓기에서는 15.37에서 08.67초로 감소되었으며, 크고 가벼운 물건 옮기기에서는 06.75초에서 05.60초로 감소되었으며, 크고 무거운 물건 옮기기에서는 08.85초에서 07.37초로 감소되었다. 좌측 손의 글씨 쓰기에서는 54.50초에서 50.50초로 시

간이 감소되었으며, 카드 뒤집기에서는 06.56초에서 05.38초로 감소되었다. 작은 물건 옮기기에서 11.50초에서 14.47초로 증가 되었으며, 먹는 흉내 내기에서는 13.63초에서 13.78초로 비슷한 수행 능력을 보였다. 장기말 쌓기에서는 09.16에서 08.16초로 감소되었으며, 크고 가벼운 물건 옮기기에서는 06.04초에서 04.28초로 감소되었다. 크고 무거운 물건 옮기기에서는 07.05초에서 06.75초로 감소되었다. ASIA Motor scale과 Jebsen-Taylor Hand Function test에 대한 요약은 다음과 같다(Table 4).

### 5. 중재 전 후의 SCIM의 비교

중재 전과 후의 SCIM에 대한 비교 결과는 다음과 같다(Table 5). SCIM은 총점에서 중재 전 74점에서 중재 후 83점으로 향상되었다. 세부 항목으로 자조관리에서는 5점에서 9점으로 향상되었고, 호흡과 팔약근 조절은 30점에서 34점으로 향상되었다. 이동은 39점에서 40점으로 향상되었다.

Table 5. Preintervention and postintervention SCIM

SCIM subscales	Preintervention	Postintervention
Self care	5/20	9/20
Respiration and sphincter management	30/40	34/40
Mobility	39/40	40/40
SCIM Total	74/100	83/100

#### IV. 고 찰

본 연구는 고유수용성신경근촉진법을 이용한 단한사슬운동이 불완전 척수 손상 환자(중심성척수 증후군)의 손 기능과 일상생활에 미치는 주요 연구 결과는 다음과 같다.

1) ASIA motor scale은 우측 상지에서 중재 전 11점에서 중재 후 14점으로 향상되었고, 좌측 상지에 중재 전 17점에서 중재 후 18점으로 향상되었다. 2) hand power는 좌측 손의 장악력은 2점에서 5점으로 향상되었고, 측면 집기는 0.5점에서 1.5점으로 향상되었다. 그리고 3점 집기는 1점에서 0.5점으로 감소되었다. 3) Jebsen-Taylor Hand Function test는 우측이 126.6초에서 107.61초로, 좌측이 108.44초에서 103.32초로 향상되었다. 4) SCIM은 74점에서 83점으로 향상되었다.

PNF는 고유수용기를 자극하여 신경근 기전의 반응을 촉진 또는 증진시키는 방법으로 사용된다. 그리고 신경근을 자극시키기 위한 다양한 방법을 가지고 있으며, 근력 강화, 협응 증진, 이완기법 등 움직임을 방해하는 여러 요소를 개선하기 위한 기법들을 이용하여 손상을 개선한다(Adler 등, 2008; Voss 등, 1985). 선행연구에서는 중추신경계 손상 환자가 가지고 있는 여러 형태의 손상을 향상시키고 기능적 활동을 훈련시키기 위하여 PNF 운동을 사용하였다(Jette 등, 2005).

Prentice(2005)는 단한사슬운동은 동적인 근육의 안정성을 위한 동시 수축으로 원심성 수축이 우세하며, 관절 압박력으로 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 주고, 기계적 수용기는 관절낭 압력의 변화에 민감하게 반응하여 고유수용성 감각을 촉진한다고 하였다.

본 연구에서 중재 후에 상지의 근력의 증가를 볼 수가 있었다. 이러한 상지 활동의 증가는 대뇌피질의 조절의 증가와 연관되어 있다. 뇌졸중환자를 대상으로 장악력과 손목 신전근, 주관절 굴곡·신전근의 근력강화운동이 근력과 운동 기술이 증가되었다고 보고하였다(Renner 등, 2009). 또한 C6 완전 척수 손상 환자에게 과제 훈련과 함께 체성감각자극 훈련을 병행하였을 때 대뇌피질의 운동량을 활성화 시켜 상지의 기능과 근력 감각의 향상과 관련이 되어졌다고 보고하였다(Hoffman와 Field-Fote, 2007).

단한사슬 환경에서 PNF를 적용한 사례로 정상인을 대상으로 발을 벽에 고정시키고 한쪽 상지에 견관절 굴곡, 외전, 외회전 패턴과 양쪽 상지를 이용한 들어올리기 패턴을 적용하여 반대쪽 하지의 근 활성도를 측정된 결과, 안쪽넓은근에서 근활성도가 가장 높은 것으로 나타났다(김경환, 2005). 또한 한향완과 김상수(2009)는 오른쪽 상지의 PNF 패턴을 적용하여 양쪽 하지의 근 활성도를 비교하였는데, 단한사슬

조건에서 왼쪽 하지의 근 활성도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

위와 같은 선행 연구들로 보았을 때, 단한 사슬에서의 운동이 손상된 근 활성도에 많은 영향을 미치고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 비록 본 연구와 치료 중재 방법에서 자세 또는 환경에서의 차이는 있었지만, 단한사슬운동의 공통점을 가지고 있었고, PNF 적용법을 동시에 적용하였다는 부분에서 환자의 손상된 부분을 개선할 수 있었고, 기능적 활동에서도 영향을 미칠 수 있었다고 사료된다.

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 내용을 제안할 수 있다. 첫째, 단한 사슬 운동은 손상된 근 활성도를 개선시킬 수 있다. 둘째, PNF의 적용은 환자의 고유수용기에 자극을 통해서 신경근의 활동을 촉진할 수 있었다. 셋째, 단한 사슬에서의 운동과 PNF의 접목으로 보다 효과적인 치료와 일상생활에서의 개선을 기대할 수 있다.

다만 본 연구는 치료 사례를 한명의 환자에게만 적용한 연구이기 때문에 모든 중추신경계손상 환자를 대변하기는 어렵다. 향후 많은 대상군을 선정하여 비교하는 연구를 진행할 경우 이러한 결함은 보완되리라 사료된다.

#### V. 결 론

본 사례연구는 불완전 경수 손상 환자 1명을 대상으로 고유수용성신경근촉진법을 이용한 단한사슬운동을 적용하였다. 중재 전과 중재 후의 ASIA motor scale, hand power, Jebsen-Taylor Hand Function test, SCIM을 실시하여 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

1. ASIA motor scale에서 중재 전과 중재 후에 상지 근력의 차이를 나타내었다.
2. hand power에서 중재 전과 중재 후에 왼손에서 장악력과 집기력의 차이를 나타내었다.
3. Jebsen-Taylor Hand Function test에서 중재 전과 중재 후에 손 기능의 차이를 나타내었다.
4. SCIM에서 중재 전과 중재 후에 기능의 차이를 나타내었다.

본 연구의 결과를 바탕으로, 불완전 경수 손상 환자(중심성척수증후군)에게 단한사슬운동 프로그램이 상지 근력, 장악력, 집기력, 손 기능, 일상생활 동작의 증진에 영향을 미치므로 임상에서 치료적 운동 중재의 한 방법으로 이용할 수 있다고 사료된다.



## 참고문헌

- 김경환. 편측 상지에 적용된 고유수용성신경근축진법이 반대측 하지의 근활성도에 미치는 영향. 대한고유수용성신경근축진법학회지. 4(1):9-18, 2005.
- 한향완, 김상수. 닫힌사슬과 열린사슬 자세에서 편측상지에 적용된 PNF가 양측하지의 근활성도에 미치는 영향. 대한고유수용성신경근축진법학회지. 7(3): 17-27, 2009.
- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide. 3rd ed. Heidelberg. Springer, 2008.
- Anderson K D. Targeting recovery: priorities of the spinal cord-injured population. J Neurotrauma. 21:1371- 1383, 2004.
- American Spinal Injury Association. International standards for neurological classification of spinal cord injury. Chicago: Author. 2000.
- Chakerian DL, Larson MA. Effects of upper-extremity weight-bearing on hand-opening and prehension patterns in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 35(3):216-229, 1993.
- Claudia R, Hubertus JA, Van H. Upper extremity function in persons with tetraplegia: Relationships between strength, capacity, and the spinal cord independence measure. Neurorehabilitation and Neural Repair. 23(5):413-421, 2009.
- Coleman WP, Geisler FH. Injury severity as primary predictor of outcome in acute spinal cord injury: Retrospective results from a large multicenter clinical trial. Spine Journal. 4(4):373-378, 2004.
- Curt A, Keck ME, Dietz V. Functional outcome following spinal cord injury: Significance of motor-evoked potentials and ASIA scores. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 79(1):81-86, 1998.
- Hoffman LR, Field-Fote EC. Cortical reorganization following bimanual training and somatosensory stimulation in cervical spinal cord injury: A case report. Physical Therapy. 87:208-223, 2007.
- Hummelsheim H, Hauptmann B, Neumann S. Influence of physiotherapeutic facilitation techniques on motor evoked potentials in centrally paretic hand extensor muscles. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 97(1):18-28, 1995.
- Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. Tohoku J. Exp. Med. 209:33-40, 2006.
- Jebsen RH, Taylor N, Trieschmann P B. An objective and standardized test of hand function. Arch Phys Med Rehabil, 50: 311-319, 1969.
- Jette DU, Latham NK, Smout RJ et al. Physical therapy interventions for patients with stroke in inpatient rehabilitation facilities. Phys Ther. 85(3):238-248, 2005.
- Knott M, Voss DE. Proprioceptive neuromuscular facilitation: Patterns and Techniques. Am J Medical Sciences. 233(1):490, 1968.
- Martyn LM, Pradeep Kw, Robert DF. The long-term outcome after central cord syndrome. J Bone and Joint Surg. 82(B):851-855, 2000.
- Pavlidis C, Miyashita E, Asanuma H. Projection from the sensory to the motor cortex is important in learning motor skills in the monkey. JNeurophysio. 70(2): 733-741, 1993.
- Pedretti LW, Early MB. Occupational Therapy Practice Skills for Physical Dysfunction 5th ed. Missouri: Mosby. 2001.
- Prentice E, William, Michael I, Voight. 근골격계 재활[techniques in musculoskeletal rehabilitation], (엄기매 외 8인 역), 서울: 군자출판사, 2005.
- Renner CIE, Bungert-Kahl P, Hummelsheim, H. Change of strength and rate of rise of tension relate to functional arm recovery after stroke. Archive Physical Medical Rehabilitation, 90:1548-1556, 2009.
- Steindler A. Kinesiology of the human body. Springfield, IL: Charles C. Thomas. Vol. 63, 1955.
- Tucker WS, Armstrong CW, Gribble PA et al. Scapular muscle activity in overhead athletes with symptoms of secondary shoulder impingement during closed chain exercises. Arch Phys Med Rehabi. 91(4):550-556, 2010.
- Voss DE, Ionta MK, Myers BJ. Proprioceptive neuromuscular facilitation: Patterns and techniques. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins. 1985.