

대한고유수용성신경근촉진법학회 : 제10권 제4호, 2012년 12월
J. of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association
Vol.10, No.4, December 2012. pp.25~31

고유수용성신경근촉진법의 들어올리기가 반대측 하지의 근활성도에 미치는 영향

곽선규 · 기경일* · 김다연 · 김기용 · 윤혜진

보니파시오 요양병원 물리치료실

The Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Applied to the Lifting on the EMG Activation of Contralateral Lower Extremity

Seon-Kyu Kwak, PT; Kyong-Il Ki, PT, MS*; Dae-Yeon Kim, PT; Ki-Yeong Kim, PT; Hye-Jin Youn, PT, MS

Dept. of Physical Therapy, Bonifacio Hospital

ABSTRACT

Purpose : The purpose of present study was to investigate the effects of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) lifting on contralateral leg muscle activities in a seated position.

Methods : Twenty healthy subjects were recruited for this study. Lifting was performed from each of the three position. An surface electromyogram (EMG) was used to record the EMG activities from vastus medialis (VM), biceps femoris (BF), tibialis anterior (TA), and gastrocnemius medialis (GM) in contralateral leg muscle. The data were analyzed using a repeated measures of one-way analysis of variance (ANOVA) with post-hoc Bonferroni's correction to determine the statistical significance.

Results : The results of this study were summarized as follows: In comparison to the start position, percentage maximal voluntary isometric contraction (%MVIC) values of the VM, TA and GM demonstrated a significantly higher activities in the end position($p < .05$).

Conclusion : The result shows that contralateral leg muscles activities significantly more increase in the end position when PNF lifting was applied. Therefore, this study will be used to prove effect of indirect approach for the stability and strengthening in patients with leg impairments.

Key Words : PNF, Lifting, Irradiation, Electromyogram

I. 서론

근력강화를 위한 저항운동은 근육의 힘과 지구력을 향상시켜 외적인 손상을 막아주고 뼈의 성분을 튼튼하게 해준다고 보고하였다(Allen과 Jackson, 1999). 근력(strength)은 근육에 부과된 요구에 대한 장력(tension)과 힘(force)을 생산하는 수축성 조직의 능력을 가리키는 광범위한 용어로 인체의 기능적 활동 능력에 영향을 미치는 중요한 구성 요소 중 하나이다(Kisner와 Colby 2002).

Carr와 Shepherd(2011)는 하지의 근력을 강화하기 위한 훈련 방법들로 기능적 체중지지 훈련과 비체중지지훈련으로 구분하였다. 체중지지 훈련은 서기의 반복적인 훈련과 앉기, 계단 오르내리기, 쪼그려 앉아 물체잡기, 지면 걷기, 경사로 오르내리기, 발 떼기 등이 있으며 체중지지를 사용하거나 사용하지 않는 트레드밀 보행등이 있다.

고유수용성신경근축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 철학(philosophy)과 기능 축진을 위한 기본절차(basic procedures), 그리고 다양한 목적의 기술(techniques)등으로 구성되어 있다(Adler 등, 2008). PNF는 인체의 움직임(movement)과 기능적 능력(functional ability)을 관리하기 위한 하나의 개념(concept)으로 임상에서 많이 사용되어지고 있다. Kisner와 Colby(2002)는 다양한 치료 접근 방법 중에서 PNF는 움직임과 기능적 능력을 증진시키고, 운동 반응들을 유발하는 신경근 축진기술과 기능적인 대각선 운동 패턴을 결합한 운동 치료 접근법이라고 하였다. 또한 Klein 등(2002)은 PNF가 근육과 건 내의 고유수용기를 자극함으로써 근력 및 유연성, 그리고 신경근계 자극에 반응하는 협응력을 증가시켜 운동단위(motor unit)가 최대로 반응하는데 효과적이었다고 하였다.

들어올리기(lifting)는 상부 몸통의 펴 및 옆굽힘과 돌림을 축진하기 위한 목적으로 사용되어지고 있다. 들어올리기는 양측 상지 비대칭성 굽힘 패턴으로 몸통의 움직임과 같은 방향으로 목의 펴와 옆굽힘, 그리고 돌

림의 움직임으로 구성되어진다(Adler 등, 2008).

PNF의 축진을 위한 기본 절차 중 하나인 방산(irradiation)은 치료적 목적으로 강한 쪽에 저항을 적용하면 약한 쪽을 강화할 수 있는 반응의 확산이다(Knott과 Voss, 1968). 이러한 원리를 이용하여 임상에서는 과거부터 현재까지 동시활성(coactivation), 반대측 효과(contralateral effects), 교차 교육(cross education) 또는 교차 훈련(cross training) 등으로 사용되어지고 있다(Carolan과 Cafarelli, 1992; Carroll 등, 2006; Hellebrandt 등, 1947; Hortobgyi 등, 1999; Koforolis와 Kellis, 2007; Pink, 1981; Shima 등, 2002). 이러한 방법들을 임상에서는 신체의 강한 부위에 대한 저항을 이용하여 약한 부위의 근활성도를 간접적으로 축진하는 방법으로 사용하고 있다(Munn 등, 2004). 국내에서도 우영근 등(2002)은 편마비 환자를 대상으로 비마비측에 상지와 하지 패턴을 적용하였을 경우 마비측의 근 긴장도 감소로 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 김경환 등(2006)은 PNF의 상지 패턴과 들어올리기를 건강한 대상자들의 상지에 적용하여 반대측 하지의 근활성도에 미치는 영향을 비교하였다. 그 결과, 상지 패턴보다 들어올리기 패턴이 근활성도를 증가시켰다고 보고하였다. 게다가 끝 자세에서 압박을 적용하였을 경우 더욱 증가한다고 하였다. 이문규 등(2008)은 PNF의 양측 비대칭 하지 굽힘 패턴이 목빗근의 근활성도를 증가시킨다고 하였다. 또한 이문규 등(2009)은 뇌졸중 환자를 대상으로 하여 하지 패턴을 적용한 실험연구에서 마비측과 비마비측 위팔 두갈래근과 위팔세갈래근의 근활성도를 증가시킨다고 보고하였다. 전해진 등(2009)은 만성 요통환자들을 대상으로 한 연구에서 몸통운동프로그램으로 PNF의 들어올리기 및 내려치기와 수정, 보완된 몸통운동프로그램을 비교하였고 그 결과, 통증 및 기능장애정도와 정적균형과 동적균형 능력에 미치는 효과에서 PNF가 효과적이라고 보고하였다.

최근 국내외 많은 선행연구에서 PNF는 패턴과 방산을 이용하여 간접적으로 약한 신체 부위를 활성화 시키는 방법으로 사용되어지고 있다. 하지만, 들어올리기가

반대측 하지에 동일한 시간과 강도로 적용하였을 경우 시행 각도에 따른 근활성도에 미치는 영향에 대해서는 아직 명확하게 밝혀지지 않았다.

그러므로 본 연구는 동일한 시간과 강도에서 PNF의 들어올리기를 시작 자세와 중간 자세, 그리고 끝 자세에서 각각 적용하여 방산효과로 인한 반대측 하지 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 또한 연구의 결과를 토대로 근골격계, 신경계 손상 환자의 부분적 체중 부하 훈련의 기초자료로 사용하고자 실시하였다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫 번째, 들어올리기는 상지의 각도별로 반대측 하지의 근활성도에 차이가 있을 것이다. 두 번째, 들어올리기 시 상지의 각도가 커질수록 반대측 하지의 근활성도가 증가할 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구기간 및 대상자

본 연구는 2012년 10월부터 동년 11월까지 대전광역시 소재 B 요양 병원에서 실시하였다. 연구대상자는 실험의 내용을 이해하고 참여에 동의한 20대의 건강한 성인 남자 10명과, 여자 10명으로 총 20명을 대상으로 실시하였다. 대상자의 선정 기준은 신경계와 근골격계에 문제가 없는 자, 심호흡계에 문제가 없는 자, 과거에 이와 관련된 수술 및 질병의 경험이 없는 자를 대상으로 선정하여 실시하였다.

연구 대상자의 일반적인 특성은 표 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=20)

Gender (M/F)	10/10
Age (yr)	27.10±3.40 ^b
Height (cm)	166.40±8.95
Weight (kg)	61.20±9.95
BMI (kg/m ²) ^a	21.97±1.97

^aBMI: Body Mass Index

^bMean±Standard deviation

2. 측정 도구

실험 시 하지 근육들의 근활성도를 측정하기 위해 4개의 채널이 있는 근전도 장비 QEMG-4(LXM3204, Laxtha, Korea)를 사용하였다. 수집된 근전도 자료는 소프트웨어 Telescan 2.89(Laxtha, Korea)를 사용하여 분석하였다. 일회용 표면전극은 지름이 11.4mm인 Ag/AgCl(3M, USA)을 사용하였으며, 근전도 측정 시 환경은 표본 추출률(sampling rate)은 1024Hz로 하였다. 근전도 신호는 1785배로 증폭하였으며, 대역통과(band-pass) 필터는 20~450Hz, 노치(notch) 필터는 60Hz로 처리하였다. 측정 시 피부의 저항을 줄이기 위해서 측정부위 체모를 면도기로 제거한 후, 의료용 알코올 솜으로 닦은 후 전극 배치를 하였다.

전극의 배치는 SENIAM project(Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles, 2005)의 제시 방법을 이용하여 비우세측 넙다리내갈래근의 안쪽넓은근(vastus medialis)과 뒤넙다리근의 넙다리두갈래근(biceps femoris), 그리고 앞정강근(tibialis anterior)과 안쪽장딴지근(gastrocnemius medialis)의 각각 근섬유와 같은 방향으로 부착하였다(표 2).

근전도의 자료값은 근수축 시 초기 1초와 마지막 1초 값을 제외한 중간 3초의 평균값을 이용하였으며, 제곱평균제곱근법(root mean square, RMS)으로 기록하였다. 각각의 실험에서 측정된 근활성도 자료를 정량화하기 위하여 %MVIC(percentage maximal voluntary isometric contraction)로 표준화하였다.

3. 실험 방법

실험 전 각각의 근육에 대한 근활성도 변화량을 비교하기 위한 표준화 과정으로 Kendal 등(2005)이 제시한 자세에서 최대 수의적 등척성 근수축력(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 측정하였다.

Table 2. Anatomical landmarks for sensor location on the lower muscle

Muscle	Sensor location
Vastus medialis	Placed at 80% on the line between the anterior spina iliaca superior and the joint space in front of the anterior border of the medial ligament
Biceps femoris	Placed at 50% on the line between the ischial tuberosity and the lateral epicondyle of the tibia
Tibialis anterior	Placed at 1/3 on the line between the tip of the fibula and the tip or the medial malleolus
Gastrocnemius medialis	Placed on the most prominent bulge of the muscle

실험 자세는 높낮이가 조절 가능한 테이블에 넓적다리 길이의 절반을 기저면으로 하여 앉는 자세를 취하였다. 측면에서 봤을 때 각도계를 이용하여 엉덩관절과 무릎관절의 각도는 90°, 정면에서는 엉덩관절과 무릎관절 그리고 발목관절을 일직선이 되는 자세를 취하였다. 실험 방법은 우세측 팔을 사용하였으며, 들어올리기 시 반대측 하지 근육의 근활성도를 측정하였다. 첫 번째 자세는 시작 자세(start position, SP)로 반대측 무릎관절 앞에서 들어올리기를 하였으며, 두 번째 자세는 중간 자세(middle position, MP)로 들어올리기 대각선 방향 전체 범위에서 중간 지점인 어깨관절이 90° 되는 위치에서 실시하였다. 마지막 자세는 끝 자세(end position, EP)로 어깨관절이 180° 되는 위치에서 들어올리기를 실시하였다(그림 1). 모든 실험의 순서는 무작위로 시행하였으며, 각각의 자세에서 3회

반복 측정하였다. 측정 사이에 근피로를 고려하여 1분 간의 휴식 시간을 제공하였다. 측정 시 최대 등척성 수축이 5초 동안 지속될 수 있도록 구두로 지시하였다.

4. 자료 분석

자료처리는 윈도우용 SPSS version 18.0 통계 프로그램을 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였으며, 각각의 실험 자세에서 들어올리기 시 하지의 근활성도(%MVIC)의 변화를 비교하기 위하여 반복 측정 일요인 분산분석(one-way repeated ANOVA)을 이용하였다. 분산분석 결과에서 유의한 차이가 있을 경우 사후검정으로 Bonferroni 다중 비교를 실시하였다.

통계적 유의성을 분석하기 위한 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

들어올리기 시 각각의 자세에 따른 반대측 하지의 안쪽넓은근과 넙다리두갈래근, 그리고 앞정강근과 안쪽장딴지근의 근활성도(%MVIC)를 분석하였다. 안쪽넓은근과 앞정강근, 그리고 안쪽장딴지근에서 들어올리기 시 시작 범위 자세가 가장 낮고 끝 범위 자세에서 가장 높았으며, 통계학적으로 유의하게 높았다($p<.05$). 넙다리두갈래근 역시 시작 범위 자세에서 가장 낮고 끝



Fig. 1. Lifting position. SP:start position, MP: middle position, EP:end position.

Table 3. Changes of the muscle activations according to the application of lifting (n=20)

Muscle	Lifting angle			F
	Start Position	Middle Position	End Position	F
Vastus medialis	44.91±31.62a	47.25±25.00	61.41±21.62	3.786*
Biceps femoris	18.65±9.83	22.94±7.60	23.55±8.70	2.252
Tibialis anterior	9.63±9.84	16.59±13.22	25.19±13.99	25.014*
Gastrocnemius medialis	8.37±5.34	11.44±8.70	12.97±8.14	7.013*

aMean±Standard deviation

*p<.05

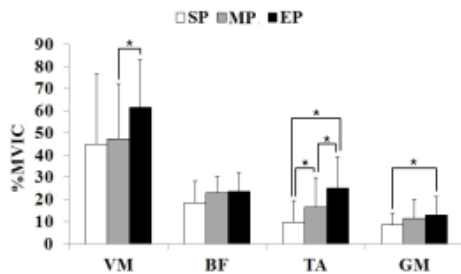


Fig. 2. Changes of the leg muscle according to the application of lifting. (VM) vastus medialis, (BF) biceps femoris, (TA) tibialis anterior, (GM) gastrocnemius medialis.

*p<.05

범위 자세에서 가장 높았으나, 통계학적 유의성은 없었다(p>.05)(표 3). 사후검정 결과는 그림 2와 같다.

IV. 고찰

Kabat(1950)은 모든 인간에게 잠재력이 존재한다고 하였다. 배성수 등(1998)은 패턴을 적용할 때 어떤 근육군을 촉진할 것인지에 대해서 명확하게 설정해야 한다고 하였다. 따라서 본 연구는 PNF의 들어올리기를 시작 자세와 중간 자세, 그리고 끝 자세에서 최대 등척성 수축을 유발한 후 반대측 하지의 근활성도를 알아보고자 실시하였다. 그 결과, 하지의 근육 중에서 안쪽

넓은근(vastus medialis)과 앞정강근(tibialis anterior), 그리고 안쪽장딴지근(gastrocnemius medialis)에서 유의하게 근활성도가 증가되었다.

촉진을 위한 기본 절차 중에서 방산은 신체 지절 중에서 강한 부위에 저항을 적용하여 자극에 대한 반응의 확산으로 약한 부위를 촉진시키는 방법 중 하나이다(Adler 등, 2008). 방산은 교차훈련(cross training) 또는 반대측 효과(contralateral effect)라는 개념과 유사한 의미로 사용되어진다(Carolan과 Cafarelli, 1992; Carroll 등, 2006; Hortobgyi 등, 1999; Kofrolis와 Kellis, 2007; Pink, 1981). Shima 등(2002)은 비마비측을 사용해서 훈련하기 때문에 환자의 참여도와 긍정적인 효과가 있다고 보고하였다. 들어올리기는 양측성 비대칭적 상지 굽힘을 이용하여 몸통의 펴 및 목의 펴와 옆굽힘, 그리고 돌림으로 구성되어진다. 따라서 들어올리기는 몸통 및 목의 움직임과 안정성 증진, 그리고 몸통 펴근이 강할 때 엉덩관절 펴 운동 등의 신체 기능을 촉진하는 목적으로 사용되어진다. 또한 이러한 들어올리기의 움직임 구성 요소들은 뒤로 구르기와 앉아 있는 자세 등의 활동을 촉진하는 목적으로 사용되어진다(Adler 등, 2008). 이문규 등(2009)은 건강한 성인 남자를 대상으로 하지 패턴을 적용한 실험에서 목 굽힘근의 근활성도가 유의한 증가를 가져왔다고 하였으며, 김원호(2009)는 뇌졸중 환자를 대상으로 비마비측 상지의 펴 패턴이 마비측 위팔두갈래근과 위팔세갈래근의 근활성도를 증진시킨다고 보고하였다. 본

연구에서도 선행 연구들과 마찬가지로 들어올리기 시 반대측 하지 근육의 근활성도가 유의한 증가를 보였다.

박태준 등(2011)은 정상 성인을 대상으로 열린사슬과 닫힌사슬에 따른 PNF 상지 패턴을 적용하였다. 그 결과, 열린사슬에서 보다 닫힌사슬에서 안쪽넓은근과 앞정강근의 근활성도가 증가한다고 보고하였다. 본 연구의 실험 자세 역시 닫힌사슬에서 진행하였으며, 안쪽넓은근과 앞정강근의 근활성도가 증가하여 일치함을 보였다. 하지만, 장딴지근은 근활성도가 통계학적으로 유의하지 않았다고 하였으나 본 연구에서는 장딴지근 활성도가 유의하게 증가되었다. 들어올리기는 양측성 상지 패턴으로 더욱 큰 몸통의 폼을 촉진하여 발목관절의 안정성을 제공하기 위해 동시 수축을 일으켰을 것이라 사료된다.

김경환 등(2006)은 건강한 사람들을 대상으로 바로 누운 자세에서 상지의 굽힘과 벌림, 그리고 바깥돌림 패턴과 들어올리기를 적용하고 각 패턴의 끝 자세에서 유지 및 압박을 적용하였다. 그 결과, 반대측 하지의 안쪽넓은근과 넓다리두갈래근, 그리고 앞정강근에서 통계적으로 유의한 근활성도의 증가를 보였다. 본 연구에서도 동일하게 안쪽넓은근과 앞정강근에서 유의하게 증가하였다. 하지만, 본 연구의 실험 자세는 앉은 자세로 넓다리두갈래근의 근활성도는 유의하게 증가하지 않았을 것이라 사료된다.

본 연구는 들어올리기를 시작 자세와 중간 자세, 그리고 끝 자세의 세 가지 자세에서 실시하였다. 그 결과, 시작 자세 보다 끝 자세에서 반대측 하지의 안쪽넓은근과 앞정강근, 그리고 장딴지근에서 더 많은 근활성도의 유의한 증가함을 증명하였다.

본 연구결과를 일반화하기에는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫 번째로 연구 대상자가 적었고 건강한 성인 남녀를 대상으로 실시하였으므로 임상에 다양한 환자에게 적용하기에는 문제가 있다. 두 번째로 들어올리기 시 하지의 근활성도만 측정하였다. 따라서 향후 연구에서는 환자들을 대상으로 들어올리기 시 몸통 근육의 근활성도를 명확히 제시하여 하지 근활성도에 미치는 영향에 대한 연구가 진행 될 필요가 있을 것이라 사

료된다.

V. 결론

본 연구는 20명의 건강한 성인 남녀를 대상으로 PNF의 들어올리기를 시작 자세와 중간 자세, 그리고 끝 자세에서 최대 등척성 수축을 유발하여 반대측의 하지 근활성도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 그 결과, 안쪽넓은근과 앞정강근, 그리고 안쪽장딴지근에서 시작 자세 보다 끝 자세에서 근활성도가 높았으며, 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 따라서 반대측 하지의 근육 활동을 간접적으로 증진시키기 위한 방법으로 PNF의 들어올리기를 적용할 경우 어깨관절의 각도가 커질수록 근활성도가 증가하므로 치료사들의 목표 설정 및 증재 시 도움이 될 것이라 사료된다.

참고 문헌

- 김경환, 박지원, 배성수. 편측상지에 적용된 고유수용성 신경근축진법이 반대측 하지의 근활성도에 미치는 영향. 대한고유수용성신경근축진법학회지. 4(1):9-18, 2006.
- 김원호. 뇌졸중 환자에서 고유수용성신경근축진법이 환측 근육의 방사 형태에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 16(2):59-66, 2009.
- 박태준, 박형기, 김종만. 열린사슬과 닫힌사슬에 따른 PNF상지패턴이 하지 근활성도에 미치는 영향. 대한물리의학회지. 6(2):215-223, 2011.
- 배성수, 정형국, 김호봉. 고유수용성신경근축진법 패턴의 운동 분석. 대한물리치료학회지. 10(1):212-221, 1998.
- 우영근, 조규행, 유은영. 편마비 환자의 건측에 적용한 고유수용성신경근축진법이 환측 근 긴장도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 9(2):157-168, 2002.
- 이문규, 김종만, 김원호. PNF 하지패턴이 뇌졸중 환자의 상지 근활성도에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 21(1):1-7, 2009.

- 이문규, 김종만, 박형기. 고유수용성신경근축진법 중 하지패턴이 경부 굴곡근 근활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 15(1):46-53, 2008.
- 전혜진, 이문환. 만성 요통환자에 대한 PNF와 체간운동프로그램이 통증, 기능장애 및 균형에 미치는 영향. 한국콘텐츠학회지. 9(12):665-673, 2009.
- Allen W. Jackson. Physical Activity for Health and Fitness. Champaign: Human Kinetics. 158-195, 1999.
- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide. 3rd ed. Springer. 2008.
- Carolan B, Cafarelli E. Adaptations in coactivation after isometric resistance training. J Appl Physiol. 73(3):911-7, 1992.
- Carr JH, Shepherd RB. Neurological rehabilitation: Optimizing motor performance. 2nd ed. Churchill Livingstone. 2011.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, et al. Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechanisms. J Appl Physiol. 101(5):1514-1522, 2006.
- Hellebrandt FA, Parrish AM, Houtz SJ. Cross education-the influence of unilateral exercise on the contralateral limb. Arch Phys Med. 28:76-85, 1947.
- Hortobágyi T, Scott K, Lambert J, et al. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions. Motor Control. 3(2):205-219, 1999.
- Kabat H. Studies on neuromuscular dysfunction, XIII: New concepts and techniques of neuromuscular re-education for paralysis. Perm Found Med bull. 8(3):121-143, 1950.
- Kendal FP, McCreary EK, Provance PG. Muscles: Testing and function with posture and pain. 5th ed. Baltimore. Williams & Wilkins. 2005.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise foundations and techniques. 4th ed. Philadelphia (PA)F.A. Davis Company. 2002.
- Klein W, Stone W, Phillips J, et al. PNF Training and Physical Function in Assisted-Living Older Adults, Journal of Aging & Physical Activity. 10(4):476-488, 2002.
- Knott M, Voss DE. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. 3rd ed. New York. Harper&Ro. Publishers. 1968.
- Koforolis D, Kellis E. Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. Physical Therapy in Sport. 8:109-116, 2007.
- Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: A meta-analysis. J Appl Physiol. 96(5):1861-1866, 2004.
- Pink M. Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. Phys Ther. 61(8):1158-62, 1981.
- SENIAM Project: Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles. 2005.
- Shima N, Ishida K, Katayama K et al. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. Eur J Appl Physiol. 86(4):287-94, 2002.