

주관절 굴곡 각도가 어깨주위 근육의 활동전위에 미치는 영향: 편측 상지 고유수용성 신경근 촉진법 중심으로

송태승
연세의료원 재활병원 물리치료팀
유상원
두산 베어스 운영팀
김완수
연세대학교 재활학과

Abstract

Electromyographic Activity of Shoulder Muscles by Elbow Flexion Angle: During Unilateral Upper Extremity Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Patterns

Song Tae-seung, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Yonsei Rehabilitation Hospital

Yoo Sang-won, B.H.Sc., P.T.

Doosan Bear's Athletic Trainer

Kim Wan-soo, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Yonsei University

Thirty normal adults were tested to measure the electrical activity of the anterior (AD), middle (MD), and posterior portion (PD) of the deltoid muscle and sternal portion of the pectoralis major muscle (PM) during the performance of four upper extremity PNF diagonal patterns with elbow flexion angle in 0°, 45°, and 90°. The PNF patterns in which these muscles function optimally have been theoretically advanced by Kabat and further described by Knott and Voss. They theorize that the MD should be most active with shoulder flexion, abduction, and external rotation (D2F); the PD with shoulder extension, abduction, and internal rotation (D1E); the AD with shoulder flexion, adduction, and external rotation (D1F); and the PM with shoulder extension, adduction and internal rotation (D2E). The patterns were performed through range of motion, with an isometric contraction performed in the shortened range. When the EMG activity of AD, MD, PD and PM in its optimal patterns was measured, it does not have significant difference among fixed elbow flexion angle 0°, 45°, and 90° ($p > .05$). In addition, suggestions were made for study of patients who exhibit imbalance of muscle strength and have muscle weakness.

Key Words: PNF diagonal patterns; Electromyographic activity.

I. 서론

고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation: PNF)은 1940년대 Kabat에 의해 시작되었고 Knott, Voss와 Mead 등에 의하여 계속적으로 발전, 보급되었다. 고유수용성 신경근 촉진법은 초기에는 회백수염(polomyelitis)과 다발성경화증(multiple sclerosis) 환자의 치료를 위해 적용되었으나, 오늘날에는 신경계 질환뿐만 아니라 정형외과적인 질환에도 사용되어진다.

PNF의 이론은 운동 기능부전(motor dysfunction) 유·무에 관계없이 모든 사람들이 해부학(anatomy), 신경생리학(neurophysiology), 운동기능학(kinesiology)을 바탕으로 발현하지 않는 잠재력을 가지고 있다는 것에 기초를 두고 있다. 따라서 이 기술의 기본적인 목적은 목표 근육을 지배하고 있는 알파운동뉴런풀(alpha motor neuron pool)을 흥분시키거나 억제하는 것으로 알려진 요소들을 신중하게 자극하여 최종적인 공통 경로에 영향을 주는 것이다(Knott와 Voss, 1968).

Voss 등(1985)은 PNF의 기본 원리를 첫째, 인간의 기관은 필요에 따라 반응하고, 둘째, 운동은 선택되고 목표가 있어야 하며, 셋째, 운동은 근육 내의 지구력, 강도, 협동성 증가에 필요하다. 넷째, 인체의 강한 부분은 약한 부분을 증원하고, 다섯째, 정상적인 발달은 머리쪽에서 꼬리쪽으로, 근위부에서 원위부로 향한다고 제시하였다.

이전 연구자들의 연구 논문은 PNF와 다음과 같은 연구를 비교하였다. 전통적인 치료와의 비교(Snyder와 Forward, 1972), 이완요법과 분석비교(Markos, 1977; Tanigawa, 1972), 과도일출(overflow) 효과 관찰(Partridge, 1954; Russell, 1971) 등이다. 또한 Carpenter 등(1994)은 어깨의 불완전한 이상을 갖고 있는 환자를 대상으로 한 실험에서 고유감각과 관절

위치감각이 어깨 관절 기능(근피로 감소)에 중요한 역할을 한다는 것을 제시하였고, Tibone 등(1997)은 어깨의 이상을 갖고 있는 환자를 대상으로 한 실험에서 고유감각과 관절 위치감각은 어깨 관절 기능의 고유감각 경로에 대해 어깨의 어떤 부위가 손상되었는지 후색(dorsal column)을 통해 지나가는 고유감각 자극에 대한 진폭과 잠복(latency)의 현저한 차이가 없다고 하였다. Rickards와 Cody(1997)는 파킨슨씨 질환을 갖고 있는 환자에게서 손목 움직임(굴곡근의 진동)이 손목 신전근의 긴장성 반사(tonic reflex)를 억제한다고 하였으며, Garland와 Miles(1997)는 고유감각 되먹임이 세밀한 운동과제들(fine motor tasks)의 실행 능력의 향상을 가져온다고 보고하였다.

Kabat(1952), Knott와 Voss(1968)는 편측 상지의 PNF 패턴 동안에 대흉근의 흉골부분(sternal portion of the pectoralis muscle: PM), 삼각근의 앞부분(anterior portion of the deltoid muscle: AD), 중간부분(middle portion of the deltoid muscle: MD), 뒷부분(posterior portion of the deltoid muscle: PD)의 활동전위를 실험하여 삼각근의 중간부분은 어깨의 굴곡, 외전, 외회전 시(Diagonal 2 Flexion: D2F) 가장 활성화되었으며, 삼각근의 뒷부분은 어깨의 신전, 외전, 내회전 시(Diagonal 1 Extension: D1E), 삼각근의 앞부분은 굴곡, 내전, 외회전 시(Diagonal 1 Flexion: D1F), 대흉근은 어깨의 신전, 내전, 내회전 시(Diagonal 2 Extension: D2E) 가장 활성화된다고 하였다.

Sullivan(1980)은 어깨의 각 근육(삼각근의 앞부분, 중간부분, 뒷부분, 대흉근)이 각 PNF 패턴 중에 가장 활성화되는 주관절의 상태는 다음과 같다. 삼각근의 중간부분과 앞부분은 각 최상의 패턴(D2F, D1F)을 시행함에 있어서 주관절을 편 상태로 패턴을 시행하는 것이 구부리면서 시행하는 것과 펴면서 시행하는 것보다 더 활성화되고, 주관절을 구부리면

서 시행하는 것이 퍼면서 시행하는 것보다 더 활성화되며, 삼각근의 뒷부분은 최상의 패턴(DIE)을 시행함에 있어서 주관절을 퍼면서 혹은 편 상태로 시행하는 것이 구부리면서 시행하는 것보다 더 활성화된다고 하였다.

현재까지 상지에 PNF 기술을 적용한 연구에서 주관절 굴곡각도를 특별히 고려하지 않았다. 따라서 본 연구의 목적은 Knott와 Voss(1968)의 선행 연구를 전제로 정상 성인 남자 30명의 편측상지를 대상으로 실험하여 PNF의 각 대각선패턴 시행 시 주관절 굴곡각도(0° , 45° , 90°)에 따른 어깨의 각 대상 근육 활동 전위 차이를 알아보는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구의 취지를 알고 참여하겠다고 자원한 사람 중 오른쪽 상지에 특별한 질환이나 운동제한이 없는 20대 정상 성인 남자 30명을 대상으로 하였다(평균연령 22.2 ± 2.4 세).

2. 실험도구

근육의 활동전위를 측정하기 위하여 근전도 기계¹⁾를 사용하였다(그림 1).

주관절 굴곡각도(0° , 45° , 90°)를 측정하고 고정시키기 위하여 관절각도계와 자체 제작한 보조장비를 사용하였다(그림 2).

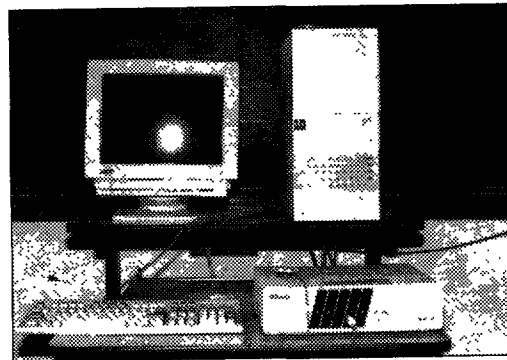


그림 1. 근전도 기계(Davicon, NeuroDyne Medical Corporation)

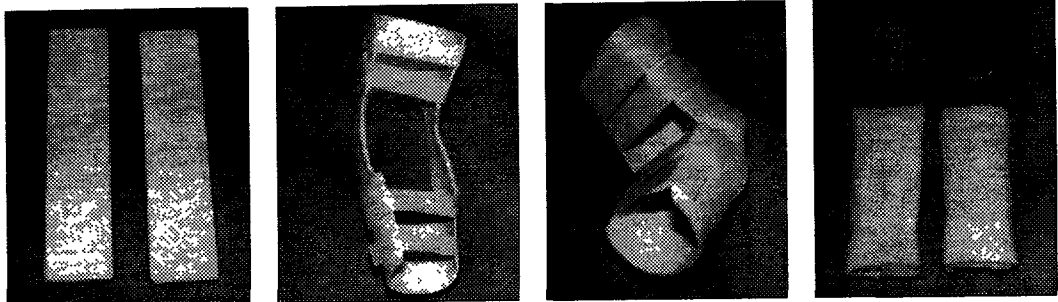


그림 2. 각도 고정을 위한 보조 장비

1) Davicon, NeuroDyne Medical Corporation
U.S.A., 1994

3. 실험방법

가. 주관절 각도의 적용 순서는 각각의 조사단위를 같은 크기의 확률로 추출하기 위해 제비뽑기를 이용하여 대상자마다 임의의 순서로 할당하였다.

나. 연구대상자의 움직임에 제한을 주는 요소들(옷, 장신구 등)을 제거하였다.

다. 연구대상자가 바로 앉은 자세에서 각

근육(대흉근의 흉골부분, 삼각근의 앞부분, 중간부분, 뒷부분)을 알코올로 소독하고 전극 부착부위(muscle belly)를 표시 한 후 바로 누운자세에서 전극을 부착하였다(Warfel, 1985), (그림 3).

라. 대상자 주관절 각도 적용순서에 따라 첫번째 각도를 고정하기 위해 보조장비를 이용하여 고정하였다(그림 4).

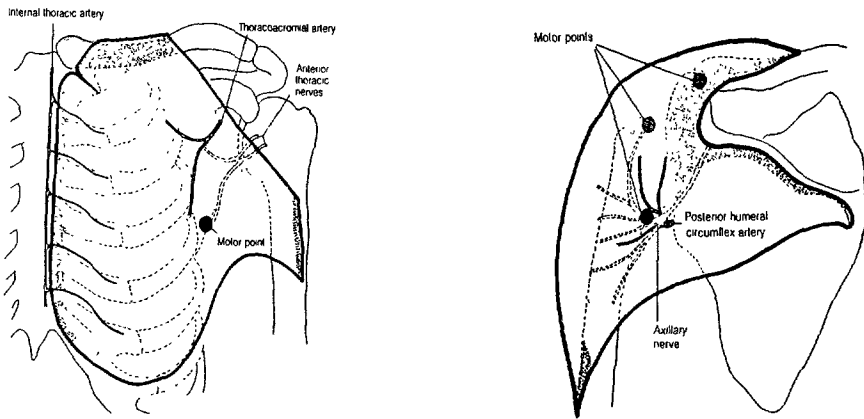


그림 3. 각 근육의 전극 부착부위



그림 4. 보조장비를 이용하여 주관절 고정된 모습(90°)

- 마. 전완과 상완에 맨손 접촉을 하였다. 여준 후 수동적으로 시행하여 피험자가 패턴
바. 측정 전에는 패턴을 검사자가 미리 보 의 움직임을 익힐 수 있도록 하였다.



그림 5. 저항을 주는 모습

사. 패턴 시행시 전 범위에서 등장성 저항 운동을 시행(5초)하며 좁아진 범위에서는 등척성 저항 운동을 시행(2초)하였다.

아. 위의 방법을 각 패턴마다 2회 시행하여 두 번째 측정된 최대값을 분석자료로 취하였다.

자. 대상자 주관절 각도 적용순서에 따라서 나머지 2개 각도를 순서대로 적용하여 라.에서 아.의 방법을 반복하였다.

차. 구두 지시는 D1F, D2F시 등장성 운동은 “위로 드세요” 또는 “당기세요.” 등척성 운동은 “계속 당기세요.” 라고 지시하였으며, D1E, D2E시 등장성 운동은 “미세요.”, 등척성 운동시 “계속 미세요.”로 지시하였다(그림 5).

카. 측정간 휴식 시간은 각 패턴 사이에는 1분, 각 각도 사이에는 2분으로 하였다.

4. 분석방법

각 방법에 대한 주관절 각도 변화(0° , 45° , 90°)에 따른 근육의 활동전위차를 비교하기 위하여 반복 측정된 일요인분산분석(one-way repeated ANOVA)을 사용하였다.

III. 결과

정상 성인 남자를 대상으로 PNF의 각 대각선 패턴 수행 시 주관절 굴곡각도(0° , 45° , 90°)에 따른 어깨의 각 대상근육 EMG 활동전위량의 평균값은 다음과 같다(표 1).

각도	D1F (AD)	D1E (PD)	D2F (MD)	D2E (PM)
0°	555.08	539.37	447.75	443.05
45°	577.38	590.03	499.72	426.09
90°	524.28	516.64	444.15	393.43

정상 성인 남자를 대상으로 PNF의 각 대각선 패턴 수행 시 주관절 굴곡각도(0°, 45°, 90°) 따른 어깨의 각 대상근육 EMG 활동전

위량을 분산분석 하였을 때 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05),(표 2).

표 2. 각 패턴 시행시 세 가지 주관절 굴곡 각도(0°, 45°, 90°)에 따른 변화량의 군내 비교

패턴	평방향	자유도	평방평균	F	p
D1F (AD)	42658.98	2	21329.49	1.17	.31
D1E (PD)	84696.74	2	42348.37	2.08	.13
D2F (MD)	58014.85	2	29007.43	3.04	.06
D2E (PM)	38163.91	2	19081.95	1.31	.28

IV. 고찰

본 연구의 목적은 주관절 굴곡각도에 따른 편측 상지의 PNF 패턴 시행 시 어깨주위 근육의 활동전위 차이를 알아보는 것이다. 각 패턴에 따른 각도별 근전도 최대 활동전위 평균값은 D1F, D1E와 D2F 시 주관절 굴곡각도 45° 에서 가장 큰 활동전위 평균값을 보였고, D2E는 주관절 굴곡각도 0° 에서 가장 큰 활동전위 평균값을 보였다. 그러나 PNF의 각 대각선 패턴에 따른 주관절 굴곡각도(0°, 45°, 90°)에 따른 어깨의 대상근육 활동 전위간에는 유의한 차이가 없었다. 이와 같이 유의한 차이가 없는 이유는 본 연구의 목적상 모든 실험대상의 주관절을 고정하고 단지 어깨주위 근육의 움직임과 활성화를 알아보는데 초점을 두었기 때문에 주관절 고정으로 인하여 각 패턴에서의 회전요소(rotation component)가 제한되었고, 주관절의 움직임이 제한되었기 때문이라고 본다. 즉 모든 패턴은 시상면, 전두면에서의 움직임과 회전요소를 포함하며 이러한 움직임의 총합으로 PNF에서는 대각선 운동과 나선운동이 일어나고 관련된 모든 관절에서의 움직임이 일어난다(이충희와 권혁철 1993). 본 연구에서는 주관절의 움직임을 배제하여 이러한 움

직임이 나타나지 않음으로써 어깨의 대상근육의 근 활성도간에 유의한 차이가 없었다고 생각한다.

본 연구에서 등장성수축과 등척성수축의 시행시간을 5초와 2초, 동일기술의 반복적용간의 시간을 10초로 정하였는데 이것은 예비 실험결과 PNF 적용 시 일반적으로 걸리는 평균시간을 바탕으로 적용시간을 정하였다. 기술적용부위에 있어 오른쪽 상지를 선정한 이유는 본 연구는 대상자간의 결과비교가 아니라 한 대상자 내에서 주관절 각도간의 결과 비교이므로 우세팔을 가질 필요가 없었고 기술적용자의 능숙정도가 실험결과에 영향을 주게 되므로 기술적용 미숙으로 인한 오차를 최소화하기 위해서였다. 2회의 측정값 중 두 번째 값을 측정값으로 취했는데 그 이유는 실험대상에 대한 설명과 수동적 수행에 대한 패턴의 인지도가 낮을 수 있으므로 더 정확한 패턴 시행과 측정값을 얻기 위해서이다. 측정간 휴식시간을 각 패턴사이에는 1분, 각 각도사이에는 2분으로 하였다. Sullivan(1980)은 3회 패턴의 1 set 후에 2분간의 휴식이면 피로가 회복된다고 하였고, 강두희(1992)는 운동 후 회복과정에는 운동 중에 부족한 산소를 보충하게 되는데, 이 보충하는 산소량을 산소부채라고 하며, 이 산소부채에는 운동 중

에 소모된 ATP-PC를 회복초기인 2~3분내에 빨리 보충하는 2~3%의 lactacid O₂ deficit와 그 후 약 60분 동안 천천히 lactacid acid 제거에 필요한 5~6% 정도의 lactacid O₂ debt로 구분된다고 하였다. 따라서 본 실험에서의 휴식은 충분하다고 보았으나 실험 중 실험대상은 피로를 호소하였고 이 피로는 근 활성화에 영향을 주었을 것으로 여겨진다.

본 연구 결과에 영향을 미치는 요소를 살펴보면 첫째, 실험자의 비숙련성이 피실험자의 적절한 근력 생성에 영향을 미쳤을 것이다. Sullivan과 Markos(1995)은 가장 효과적인 고유 수용성 신경근 촉진기술에 주는 저항은 최대의 운동성 뉴론 점증원(motor neuron recruitment)을 끌어내기에 충분해야 한다고 밝히고 있다. 그리고 치료사의 위치가 원하는 움직임이 일어나는 동작선 상에 있을 때에 환자의 움직임이 가장 효율적이고, 치료사가 위치를 움푹함에 따라 저항의 방향이 변하고 그 저항에 대하여 환자의 동작이 변화하게 된다(Adler 등, 1997). 또한 운동 패턴은 환자의 체위, 동작, 운동선, 상태를 포함한 환자의 움직임과 치료사의 위치(position)뿐만 아니라 역동적인 움직임(body mechanic)이며, 치료사가 환자를 잡거나 접촉할 때 잡는 면이 고려되고, 어떻게 잡을지도 결정되어야 한다(구희서, 1995). 따라서 시술자의 역할은 PNF 적용 시 중요한 변수로서 작용한다. 그러나 본 실험에 있어 각 실험대상간에 동등한 양의 저항이 적용되지 못하였고 실험과정 중 대상자의 힘을 통제하고 각 패턴간의 연결을 올바르게 수행하는데 미숙했다. 둘째, 구두지시에 일관성이 부족하였다. 구두지시의 음량은 근수축 강도에 영향을 준다(Adler 등, 1997). 따라서 같은 비율의 근수축을 이끌어내기 위해서는 같은 정도의 음량과 강도 구두지시를 해야한다. 그러나 본 실험에서는 실험자의 비숙련성으로 인해 음량의 강도와 상태가 일정하지 않았을 것이고 이것은 실험대상의 수행도(performance)에 영향을 주었을 것이다. 셋째, 실험에 사용했던 근전도 기

계가 민감하였다. 근전도(electromyography: EMG)검사는 근섬유막의 구조와 기능에 관련된 근육의 미세한 전기활동을 탐지하고 기록하여 말초신경, 신경근접합부, 골격근에서 일어나는 병변을 진단하고 경과 및 예후를 판정하는 전기생리학적 검사의 한 종류로써 영향을 미치는 요소로는 신경섬유의 굵기가 굵을수록, 신경섬유의 탈분극 역치가 낮을수록 체온이 높을수록 전달속도가 빨라지고 연령이나 성, 키와도 관련이 있다(김진호, 1994). 따라서 민감한 근전도는 정확하게 움직임의 양을 측정할 수 있었지만 부착세기와 부착부위의 일관성의 차이에서 오차가 생길 가능성을 배제할 수 없었다.

V. 결론

본 연구의 목적은 주관절의 굴곡각도(0°, 45°, 90°)가 PNF의 각 대각선 패턴(D1F, D1E, D2F, D2E) 시행 시 어깨의 각 대상근육(삼각근의 앞부분, 뒷부분, 중간부분, 대흉근)의 활동전위에 미치는 영향에 대해 알아보기 위하여 20대 정상 성인 남자 30명을 대상으로 실험을 실시하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

PNF의 각 대각선 패턴 시행 시 주관절의 굴곡각도에 따른 어깨의 각 대상근육 활동전위는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 즉 PNF의 대각선 패턴 시행 시 주관절의 굴곡각도는 어깨주위 근육의 활동전위에 영향을 미치지 않았다.

앞으로의 연구에서는 상지의 근력약화를 가지고 있는 환자를 대상으로 하는 후속연구가 되어져야 할 것이다.

인용문헌

- 장두희. 생리학. 신광출판사, 1992.
- 구희서. 운동치료학. 현문사, 1995:378-391.
- 김진호. 재활의학. 서울대학교 의과대학, 1994;

- 159-161.
- 이충휘, 권혁철. 고급물리치료 I. 현문사, 1993: 72-77.
- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice an Illustrated Guide. F.A. Davis, 1997:17-57.
- Carpenter JE, Blasier RB, Huston LJ. Shoulder proprioception: Effect of joint laxity, joint position, and direction of motion. *Orthop Rev.* 1994;23(1):45-50.
- Garland SJ, Miles TS. Control of motor units in human flexor digitorum profundus under different proprioceptive conditions. *J Physiol (Lond).* 1997;502(3):693-701.
- Kabat H. The role of central facilitation in restoration of motor function in paralysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 1952;33:521-533.
- Knott M, Voss DE. *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*, 2nd ed. New York, Harper & Row Publisher, 1968.
- Markos P. Comparison of Hold-Relax and Contract-Relax and Contralateral Effects. Boston, Boston University, 1977.
- Partridge MJ. Electromyographic demonstration of facilitation. *Phys Ther.* 1954;34: 227-233.
- Rickards C, Cody FW. Proprioceptive control of wrist movements in Parkinson's disease: Reduced muscle vibration-induced errors. *Brain.* 1997;120(6):977-990.
- Russell AS. *EMG Activity During Proprioceptive Neuromuscular Facilitation in Normal and Hemiplegic Patients.* Stanford, Stanford University, 1971.
- Snyder JL, Forward EM. Comparison of knee flexion and extension in the diagonal and sagittal planes. *Phys Ther.* 1972;52:1255-1263.
- Sullivan PE. Electromyographic activity of shoulder muscles during unilateral upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys Ther.* 1980; 60:283-288.
- Sullivan PE, Markos PD. *Clinical Decision Making in Therapeutic Exercise.* Appleton & Lange, 1995:25-26.
- Tanigawa MC. Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Phys Ther.* 1972;52:725-735.
- Tibone JE, Fechter J, Kao JT. Evaluation of a proprioception pathway in patients with stable and unstable with somato-sensory cortical evoked potentials. *J Shoulder Elbow Surg.* 1997;6(5):440-3
- Voss DE, Ionta MK, Myers BJ. *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation.* 3rd ed Philadelphia, Harper & Row Publishers, 1985:1-44.
- Warfel JH. *The Extremities: Muscle and motor point.* 5th ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1985:17-21.