

# Difference in Muscle Activity of Deltoid Muscle according to Isokinetic Range of Motion Using Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Pattern of Upper Extremity

Min-Hyung Rhee<sup>1</sup>, Su-Hong Choi<sup>1</sup>, Sang-Yeol Lee<sup>2</sup>, Kyung-Jin Ha<sup>3</sup>, Sung-Young Yoon<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital, Busan, Republic of Korea; <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Kyungsoo University, Busan, Republic of Korea; <sup>3</sup>Department of Rehabilitation Therapy Center Dong-A University Hospital, Busan, Republic of Korea;

<sup>4</sup>Department of Physical Therapy, Dongju College, Busan, Republic of Korea

**Purpose:** This study sought to compare the muscle activity of the deltoid muscle according to the range of motion during the proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) upper extremity D2 pattern exercise performed with an isokinetic exercise device. The aim was to provide basic data for selecting an exercise for the relevant segment of the range of motion to enhance function in clinical practice.

**Methods:** In this study, the relevant measurements of the anterior and middle trapezius of 25 healthy adults were taken using a surface electromyography system. The upper extremity pattern exercise was performed in three ranges (0% to 50%, 50% to 100%, and 25% to 75%) using the upper extremity isokinetic device.

**Results:** There was a statistically significant difference in the muscle activity ratios of the anterior and middle deltoid muscles according to the measurement conditions ( $p < 0.05$ ). There was a statistically significant difference in the activity ratio of the middle deltoid muscle according to the measurement conditions in the ratio from the start range to the end range ( $p < 0.05$ ). There was no significant difference in the muscle onset time difference according to the measurement conditions ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** The muscle activity of the anterior and middle deltoid muscles was analyzed according to the range of motion during the PNF upper extremity pattern exercise performed with an isokinetic device. The results could be used as a basis for selecting exercises for the relevant segment of the range of motion according to the function to be emphasized.

**Keywords:** Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, Isokinetic exercise, Surface electromyogram, Deltoid

## 서론

고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation; PNF)은 패턴 운동을 포함하여 다양한 치료 기법을 통해 신경근 활성화와 기능을 촉진시키는 치료적 기법으로서 임상을 비롯한 여러 분야에서 널리 활용되고 있다.<sup>1</sup> 이중 패턴을 활용한 운동은 대각선과 나선의 움직임을 이용하여 근육 움직임 촉진 및 신체 기능 향상을 위한 신경근 반응 증진을 목적으로 널리 사용된다.<sup>2</sup> 특히 팔의 굽힘-벌림-가쪽돌림(flexion abduction external rotation, D2) 패턴은 선행 근전도 연구를 통해 어깨 복합체의 기능적 안정성 제고를 위한 근육의 통합적 동원과 고유수용성감각 회복을 위한 중요성이 입증되었다.<sup>3</sup>

Choi 등<sup>4</sup>은 반대측 팔 패턴 운동을 통해 팔 절단 환자의 절단 주변 근육에 나타나는 방산을 확인하였으며, Lee와 Lee<sup>5</sup>는 팔 패턴 운

동이 반대측 다리근육에도 영향이 미칠 수 있다는 것을 입증하였다. 또한 Kang<sup>6</sup>은 팔 패턴 운동이 복부 근육과 호흡근에도 긍정적인 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 이처럼 임상에서 팔 패턴 운동은 팔 뿐만 아니라 간접적으로 신체 전반에 걸친 기능회복을 위해 효과적으로 사용될 수 있다.

생체 역학적 관점에서 근섬유는 액틴과 마이오신의 교차 결합을 통해 장력을 형성하며 적절한 결합은 큰 장력을 발생시키는 요소로 작용한다. 반면 액틴과 마이오신의 과도한 결합 혹은 불충분한 결합은 장력 발생의 제한 요소가 될 수 있다.<sup>7</sup> 이러한 근섬유 결합의 차이는 관절 운동 범위에 따라 다르게 나타나며 발생하는 장력의 크기 또한 다른 양상을 보인다.<sup>8</sup> 그러므로 임상에서는 목적과 필요에 따라 운동 범위를 결정하고 강조할 필요성이 있다.

어깨세모근은 기능적으로 팔을 들어올리는 동작에서 주로 사용

Received Oct 24, 2022 Revised Oct 30, 2022

Accepted Oct 31, 2022

Corresponding author Sung-Young Yoon

E-mail [yoonsypt@dongju.ac.kr](mailto:yoonsypt@dongju.ac.kr)

Copyright ©2022 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

되며 상호 협력과 보조 작용을 하지만 위치에 따라 주로 앞쪽 섬유는 어깨관절의 굽힘과 벌림, 중간 섬유는 벌림에 작용한다.<sup>9</sup> PNF 팔 D2 패턴의 움직임은 어깨 관절의 굽힘-벌림-가쪽돌림이 수반되며 따라서 어깨세모근의 앞쪽, 중간 섬유의 작용이 나타난다. 반면 D2 패턴 운동시 어깨 관절 가쪽 돌림의 경우 팔꿈치의 돌림과 동반되어 나타나기 때문에 매순간 변하는 각의 방향에 따라 저항을 제공하는 것이 어렵다. 따라서 고정된 저항 제공 장치를 이용하여 표준화된 자료를 수집하기에 어깨세모근의 측정이 타당성이 있다고 볼 수 있다.

여러 관절에서 운동 범위에 따라 작용되는 근육의 근활성도를 비교한 선행연구들은 있지만,<sup>10-12</sup> PNF 팔 D2 패턴 움직임의 범위에 따른 연구는 없으며 특히 저항과 속도를 표준화하여 일정한 장력을 등속성으로 제공하여 근활성도를 비교한 연구는 없다.

따라서 본 연구는 등속성으로 수행된 PNF 팔 D2 패턴 운동 시 범위에 따른 어깨세모근의 근활성도를 비교하여 임상에서 운동의 목적에 따른 운동 구간 선택의 기초자료를 제공하고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 연구대상

연구대상자는 자발적으로 참여동의한 건강한 성인 25명을 대상으로 하였다. 대상자 선정조건은 최근 6개월간 실험에 영향을 미칠 수 있는 팔의 근골격계 통증 및 구조적 변형이 없는 자로 선정하였다. 대상자는 실험에 참여하기 전 연구 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 듣고, 자발적으로 동의를 한 후 연구에 참여하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 측정도구

측정에 사용된 측정도구는 2채널 무선 표면 근전도 측정시스템 Motive (MOT10, PhysioLab, Korea)을 사용하였으며, 측정프로그램은 Motive-RS (PhysioLab, Korea)을 사용하여 측정하였다. 표면 근전도 전극은 앞어깨세모근(anterior deltoid)와 중간어깨세모근(middle deltoid)에 부착하였다. 측정신호는 저역통과필터(15 Hz)와 고역통과필터(500 Hz)를 사용한 밴드필터와 노치필터(60 Hz)를 사용하였다. 신호 추출 주파수는 2,000 Hz를 사용하여 측정하였다. 측정값은 제곱평균제곱근값(root mean square value, RMS)으로 처리하여 저장하였다. 측정에 사용된 훈련도구는 등속성 운동기기 미니플러스스(Smart Module, RONFIC, Korea)을 사용하였다. 측정시 운동방법은 수동 등속성 운동 모드(manual isokinetic mode)에서 시행하였고, 저항은 1.25 kg, 속도는 40 cm/sec 로 설정하였다.



Figure 1. The Exercise of PNF upper extremity D2 pattern

#### 2) 실험절차

연구대상자는 바로 앉은 자세로 등속성 운동기기를 이용하여 팔 D2 패턴 운동을 세가지 조건으로 나누어 시행하였다. 첫번째 조건은 팔 D2 패턴의 시작 위치에서 전체 운동범위의 50% 위치까지 시행하고, 두번째 조건은 팔 D2 패턴 전체 운동범위의 50% 위치에서 끝 위치까지 시행하였으며, 마지막 조건은 팔 D2 패턴 전체 운동범위의 25% 위치에서 75% 위치까지 시행하였다(Figure 1). 각 운동은 동일 범위 3회씩 시행하였으며, 운동 순서는 무작위로 시행하였다. 피로를 최소화하기 위해 각 측정 조건 중간에 1분간의 휴식시간을 적용하였다.

운동에 따른 근활성도 측정은 표면 전극을 부착한 후 표면 근전도 시스템을 이용하여 측정하였다. 앞어깨세모근 전극 부착부위는 팔의 앞쪽으로 빗장뼈(clavicle) 아래 4cm 지점에 근육 섬유 진행 방향과 평행하게 2cm 간격으로 두 개의 활성 전극을 부착하였다. 중간어깨세모근의 전극 부착부위는 팔의 측면으로 어깨뼈봉우리(acromion) 아래 약 3cm 지점에 근육 섬유 진행 방향과 평행하게 2cm 간격으로 두 개의 활성 전극을 부착하였다.<sup>13</sup> 측정 중 대상작용을 사용하지 않도록 대상자에게 교육을 실시하였다.

수집된 근활성도 자료는 RMS 처리하여 각 측정 조건에 따른 앞어깨세모근과 중간어깨세모근의 활성도 비율을 확인하였고, 각 근육에 따른 중간 운동 범위를 기준으로 한 각 운동 범위의 근육 활성도 비율을 확인하였으며, 마지막으로 앞어깨세모근과 중간어깨세모근의 근육 개시 시간의 차이를 비교하여 분석하였다.

#### 3. 자료분석

본 연구의 자료분석은 Window용 SPSS ver. 22.0 (IBM Co., USA)을 이용하여 분석하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 평균 및 표준 편차를 산출하였다. 각 측정 조건에 따른 차이를 알아보기 위하여 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA)을 실시하였고, 사후검정은 최소유의차검정(LSD)을 실시하였다. 본 연구에서 수집된 자료는 정규성검사를 실시하였고, 정규성을 만족하여 모수 검정을 실시하였다.

통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

## 결 과

### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 연구대상자의 일반적인 특성은 평균 나이 30.6±7.3세, 평균 신장 169.3±9.1 cm 그리고 평균 체중 64.9±14.0 kg이었다.

### 2. 측정 조건에 따른 앞어깨세모근과 중간어깨세모근의 활성화 비율

측정 조건에 따른 앞어깨세모근과 중간어깨세모근의 활성화 비율은 시작 범위에 앞어깨세모근이 많은 비율로 사용하였으나, 끝 범위에 중간어깨세모근이 더 많은 비율로 사용하였으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ )(Table 1).

### 3. 측정 조건에 따른 개별 근육 활성화 비율

중간 범위를 기준으로 비교한 측정 조건에 따른 중간어깨세모근의 활성화 비율은 시작 범위에서 끝범위로 가면서 더 많은 비율로 중간어깨세모근의 활성화도가 높았으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 앞어깨세모근의 활성화도 비율은 시작 범위가 비교적 높게 나타났으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ )(Table 2).

### 4. 측정 조건에 따른 근육 개시 시간 차이

측정 조건에 따른 앞어깨세모근의 근육 개시 시간과 중간어깨세모근의 근육 개시 시간의 차이를 확인한 결과, 시작 범위에서 끝 범위로

가면서 그 차이가 더욱 커지고, 중간어깨세모근의 근육 개시 시간보다 앞어깨세모근의 근육 개시 시간이 더 빨리 수축하는 것으로 나타났다. 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ )(Table 3).

## 고 찰

척수손상, 편마비, 사지절단, 스포츠 선수 등 PNF 팔 패턴 운동은 다양한 분야와 대상자들의 고유수용감각과 기능의 증진을 위해 사용되고 있으며 그 효과가 입증되었다.<sup>4,14-16</sup> 본 연구는 임상에서 널리 활용되고 있는 PNF 팔 패턴 운동을 등속성 환경에서 실시하고 초기 범위, 중간 범위, 끝 범위로 나누어 근활성도를 분석하여 목적에 따른 운동 구간을 선택할 수 있는 근거자료를 마련하고자 실시되었다.

어깨세모근 앞쪽/중간 섬유 근활성 비율을 구간별로 비교한 결과를 통해 D2 패턴의 초기 범위에서 끝 범위로 가는 동안 앞쪽/중간 섬유 비율이 감소한 것을 확인하였다. 어깨 세모근 앞쪽/중간 섬유 비율이 감소하는 것은 앞쪽 섬유의 근활성도가 끝 범위로 갈수록 감소하거나 혹은 중간 섬유의 근활성도가 끝 범위로 갈수록 증가하는 경우 나타날 수 있다. 본 연구에서는 어깨세모근의 앞쪽 섬유의 근활성도는 PNF 팔 D2 패턴의 운동 범위의 변화와 관계없이 동일하게 나타났으나, 어깨세모근의 중간 섬유의 근활성도는 PNF 팔 D2 패턴의 운동 범위가 끝으로 갈수록 증가하였다. 결국 어깨세모근의 앞쪽 섬유와 중간 섬유의 근활성도 변화의 차이로 인해 PNF 팔 D2 패턴의 운동 범위에 따른 어깨세모근의 앞쪽/중간 섬유 근활성 비율의 차이가 나타났다고 판단된다.

어깨세모근은 팔의 굽힘과 벌림의 주동근으로 작용하며 어깨 복합체 주변 협력근들의 작용과 함께 움직임에 필요한 장력을 발생시킨다.<sup>17</sup> 어깨 굽힘을 통한 팔을 올림은 어깨세모근의 앞쪽 섬유와 부리위팔근 그리고 위팔두갈래근의 긴갈래이며 벌림을 통한 올림은 어깨세모근의 앞쪽 섬유와 중간 섬유 그리고 가시위근으로서 어깨세모근의 앞쪽 섬유는 굽힘과 벌림 모두를 통해 팔을 들어올리게 한다.<sup>8</sup> 어깨관절의 굽힘과 벌림에 모두 참여하는 어깨세모근 앞쪽 섬유의 기능적 특징으로 인해 PNF 팔 D2 패턴의 전체 운동 범위에서 앞쪽 섬유 근활성도의 고른 분포가 나타난 것으로 생각된다.

어깨세모근의 중간 섬유의 경우 해부학적 자세를 기준으로 시작하는 생리적 움직임에서 어깨관절 벌림 동안 가시위근과 함께 활성화되고 90° 벌림 근처에서 최대가 된다.<sup>18</sup> 또한 어깨관절의 전체 벌림 토크에 있어 어깨세모근 중간 섬유와 가시위근은 대략 똑같은 양의

Table 1. Ratio of anterior and middle deltoid according to condition

	Initial Range	Middle Range	End Range	F	p
RMS ratio	1.35±0.69 <sup>a</sup>	1.17±0.58 <sup>b</sup>	0.9±0.40 <sup>c</sup>	13.51	<0.001*

Mean±SD. Units are expressed as percentages (Anterior deltoid RMS / Middle deltoid RMS). RMS: root mean square value. <sup>a, b, c</sup>For measures with significant group, different superscripts indicate significant differences ( $p < 0.05$ ). \*Statistically significant ( $p < 0.05$ ).

Table 2. %RVC of Deltoid according to condition

	Initial Range	Middle Range	End Range	F	p
Anterior deltoid	1.09±0.24	1.00±0.00	1.00±0.30	1.66	0.20
Middle deltoid	0.96±0.23 <sup>a</sup>	1.00±0.00 <sup>a</sup>	1.30±0.36 <sup>b</sup>	17.67	<0.001*

Mean±SD. Units are expressed as percentages (Each condition / Middle range). %RVC: percentages reference voluntary contraction. <sup>a, b</sup>For measures with significant group, different superscripts indicate significant differences ( $p < 0.05$ ). \*Statistically significant ( $p < 0.05$ ).

Table 3. Difference in muscle onset time according to the condition

	Initial Range	Middle Range	End Range	F	p
Difference Time	-18.83±138.66	-27.34±189.91	-55.33±228.79	0.383	0.68

Mean±SD. Units are expressed as millisecond (Anterior onset time - Middle onset time).

로 기여한다.<sup>19</sup> 하지만 PNF 팔 D2 패턴은 세 면(plane)에서 움직임이 함께 나타나며 특히 중간 범위를 지나며 어깨 관절의 가쪽 돌림이 시작되고 끝 범위로 갈수록 가시위근의 기여도는 상대적으로 낮아지는 운동 역학을 만들어 낸다. 이러한 현상은 상대적으로 어깨세모근 중간 섬유와 근활성도를 높이는 결과를 만들었고 결과적으로 어깨 세모근 앞쪽/중간 섬유 근활성 비율의 변화의 결과로 이어졌을 것이라 판단된다. 본 연구의 제한점으로는 20-40대의 어깨관절의 장애가 없는 남녀 정상인 25명을 대상으로 실시하였으나 대상수가 작고, 일반적으로 나타나는 생애 주기를 기준으로 어깨관절과 관련된 임상 활용을 고려한다면 더 높은 연령대를 대상으로 하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그리고 측정 조건에 따른 근육 개시 시간의 차이점에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나 표면 근전도로는 정확한 측정이 어렵다는 점을 고려하여 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

등속성으로 시행한 PNF 팔 D2 패턴 운동시 운동 범위에 따른 어깨세모근 앞쪽 섬유, 중간 섬유의 근활성도를 분석하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 PNF 팔 D2 패턴 운동의 임상적 활용에 있어 구간별 특징에 따라 근활성도를 분석하여 목적에 따른 운동 구간을 선택할 수 있는 근거 자료로 활용되기를 바란다.

## REFERENCES

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide. 3rd ed. Berlin, Springer, 2008:1-296.
- Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *J Hum Kinet.* 2012;31:105-13.
- Witt D, Talbott N, Kotowski S. Electromyographic activity of scapular muscles during diagonal patterns using elastic resistance and free weights. *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6(4):322-32.
- Choi SH, Rhee MH, Ha KJ et al. Effects of irradiation on the muscle activity around an amputation site during proprioceptive neuromuscular facilitation pattern exercise for upper extremity and scapular exercise on the non-amputated part - a case study. *PNF and Mov.* 2019;17(1):11-8.
- Lee SM, Lee SY. The effects of contralateral upper and lower limb and trunk muscle activation during ipsilateral upper limb D2 pattern exercise. *PNF and Mov.* 2018;16:151-9.
- Kang TW. The effects of the upper extremity and lower extremity patterns of PNF on abdominal muscle activity in healthy subjects and abdominal muscle strength and respiratory functions in stroke patients. Silla University. Dissertation of Master's Degree. 2019.
- Haun CT, Vann CG, Osburn SC et al. Muscle fiber hypertrophy in response to 6 weeks of high-volume resistance training in trained young men is largely attributed to sarcoplasmic hypertrophy. *PLOS ONE.* 2019; 14(6):e0215267.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: foundations for rehabilitation. 2nd ed. Amsterdam, Elsevier Health Sciences, 2010:559-636.
- Terry GC, Chopp TM. Functional anatomy of the shoulder. *J Athl Train.* 2000;35(3):248-55.
- Go JS, Kim NH, Lee EC et al. Comparison of the activation of quadriceps during open- and closed-kinetic chain exercises in various knee joint angles. *KJNR.* 2017;7(1):7-13.
- Lee TS. Comparison of gluteus medius muscle electromyographic activity at different hip angles and motions. *KPTS.* 2012;19:41-6.
- Jo YH, Lee HS, Park SW. Comparison of muscle activity according to hip abduction angle during hip extension exercise in prone position. *KSPM.* 2018;13(4):123-9.
- Criswell E. Cram's introduction to surface electromyography. 2nd ed. Sudbury, Jones and Bartlett Publishers, 2010:1-257.
- Lee HS, Im JD, Lee GH et al. The effects of PNF upper extremity pattern based vibration exercise equipment on stability and balance of the elderly. *KSIM.* 2015;3(3):59-71.
- Jeong YW, Lee SY, Seo TH. The effects of a shoulder complex stabilization exercise combined with upper extremity patterns on ball control and ball speed in elementary school baseball players. *PNF and Mov.* 2020;18(3):343-50.
- Jo GJ, Jung BG. The effect of aquatic isokinetic swimming stroke exercise based of PNF pattern on upper extremity muscle strength in the spinal cord injury patient. *Korean Society of Adapted Activity.* 2005;13(4):149-57.
- Hecker A, José Aguirre, Urs Eichenberger et al. Deltoid muscle contribution to shoulder flexion and abduction strength: an experimental approach. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021;30(2):e60-8.
- Kronberg M, Németh G, Broström LA. Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;257:76-85.
- Howell SM, Imobersteg AM, Seger DH et al. Clarification of the role of the supraspinatus muscle in shoulder function. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68(3):398-404.