

고관절 가동성 증진을 위한 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭의 생체역학적 고찰

장지홍*

A Biomechanical Study on the Hip Joint Flexibility Based on the Proprioceptive Neuromuscular Facilitation

Ji-Hong Chang*

요 약 작업치료에서 관절의 가동성은 치료 절차와 기간에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 수동적 스트레칭과 능동적 스트레칭을 병행하는 고유수용성 신경근 촉진법이 고관절의 가동성에 미치는 영향과 주요 굽힘/뺨근의 근전도 활성 정도 바탕으로 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭의 생체역학적 특징을 고찰하였다. 10명의 20대 학생을 대상으로 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭을 실시한 결과 고관절의 가동성이 전담 보조자의 도움을 받았을 때, 평균 18.9° 증가하였고 넵다리네갈래근과 뒤넵다리근의 근전도의 활성 또한 고유수용기의 생체역학적 특징을 나타내었다.

Abstract Joint flexibility is an important factor which affect the process and duration of the therapeutic methods in the filed of occupational therapy. Hip joint flexibility and electromyography (EMG) of major flexor and extensor for the hip joint were examined to understand the biomechanical characteristics of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF). Hip joint flexibility increased 18.9° on average after PNF was performed by a designated assistant on 10 college students. EMGs of quadriceps femoris muscle and hamstring muscles agreed with biomechanical characteristics of proprioceptive organs in muscles.

Key Words : Hip Joint Flexibility, Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, ROM

1. 서론

작업치료에서 일상생활수행능력(Activities of Daily Living, ADL)은 일시적/영구적으로 장애를 갖는 사람들이 일상생활을 독립적으로 영유할 수 있도록 제공하는 재활치료활동의 중요한 척도이다. 다양한 형태의 일상생활을 독립적으로 수행하기 위하여 환자의 신체기능을 평가하고 향상시키는 것은 매우 중요한 요소이다. 환자의 신체기능은 작업치료를 포함한 재활치료 분야에서 치료 절차 및 기간을 결정하는 중요한 요소다. 특히

신경근골격계(Neuromusculoskeletal system)의 기능 중 관절의 가동성은 인체 각 분절의 운동 능력에 영향을 미치는 중요한 요소이다 [1]. 관절의 가동성은 연령에 반비례하는 특징을 가지고 있으며, 이외에도 뇌졸중(Cerebrovascular Accident, CVA) 및 외상성뇌손상(Traumatic Brain Injury, TBI) 등에 의해 저하되기도 한다.

관절의 가동성은 재활치료의 영역이외에도 스포츠의 영역에서도 매우 중요한 요소이다. 관절 가동성의 증가는 스트레칭에 의해 증가되며 스트레칭의 효과는 즉각적이며 지속적인 것으로 보고

*Corresponding Author : Department of Occupational Therapy, Jungwon University, Chungbuk, Korea(jhchang@jwu.ac.kr)
Received January 10, 2015 Revised January 29, 2015 Accepted February 8, 2015

되고 있다 [2]. 스트레칭에 의한 관절의 가동성 증가는 일상생활과 스포츠의 영역에서 부상위험을 줄여주는 것으로 받아들여지고 있다 [3][4]. 스트레칭은 근육의 사용여부에 따라 크게 수동적(passive) 스트레칭과 능동적(active) 스트레칭으로 나뉘게 되며, 수동적 스트레칭이 관절 가동범위(Range of motion, ROM)의 증가에 크게 기여하는 것에 비하여 능동적 스트레칭은 운동성의 증가에 효과가 있다. 또한 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭의 경우 수동적 스트레칭과 능동적 스트레칭을 효과적으로 혼합한 형태로 ROM의 증가와 운동성의 증가에 모두 효과적인 스트레칭 방법이다 [5]. 본 연구에서는 엉덩관절에 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭을 실시하여 ROM의 변화와 더불어 엉덩관절의 굽힘 및 폼에 작용하는 주동근의 근전도(electromyography, EMG)의 변화를 기반으로 하여 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭의 생체역학적 특징에 대한 이해를 높이 고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 자료 수집 방법

엉덩관절의 가동성을 측정하기 위하여 2축 전자각도기(Electronic goniometer, BIOPAC TSD130B)를 사용하였다. 전자각도기는 엉덩관절의 가로축(transverse axis)을 가로지르는 위치의 엉덩관절 가쪽 피부에 부착하였으며 (그림 1), 각각의 피험자에 대한 측정 이전에 보정절차를 거쳤다.

엉덩관절의 굽힘/폼에 작용하는 대표적인 근육은 넙다리 앞쪽의 넙다리네갈래근(quadriceps femoris m.)과 넙다리 뒤쪽의 뒤넙다리근(hamstrings m.)이다. 근전도의 측정을 위한 전극은 이들 근육의 힘살 가운데에 위치시켰다 (그림 1) [6]. 엉덩관절의 가동성과 굽힘/폼근의 근전도는 BIOPAC MP150 데이터 수집 장치를 이용하여 측정하였다.

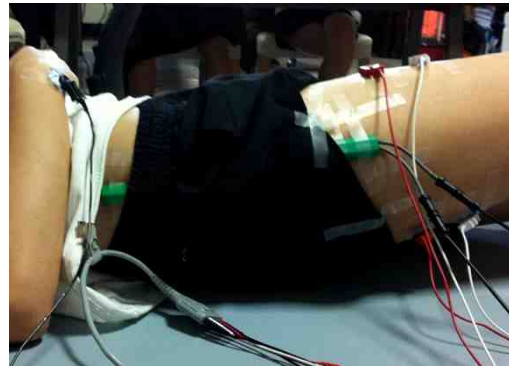


그림 1. 데이터 수집용 전자각도기와 근전도전극 부착
Fig. 1. Electric goniometer attached across the hip joint and electrode attached on the quadriceps femoris muscle (upper) and hamstrings muscle (lower)

근전도 신호는 앰프의 게인을 1000 수준에서 1000Hz의 샘플링레이트와 로우패스필터를 사용하여 측정하였다. 모든 피험자의 엉덩관절 ROM의 중간 위치에서 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 최대수의적노력(Maximum Voluntary Exertion)에 대한 근전도를 측정하였으며, 각 단계별 근전도의 평활부에 대한 정규화를 통해 상대수의적수축수준(Relative Voluntary Contraction Level)을 이용하였다. 본 연구의 피험자는 하지 근골격계 질환 이력이 없는 20대의 여학생 10명으로 구성되어 있으며 인구학적 특징은 표 1과 같다.

표 1. 피험자 특징

Table 1. Demographic information of subjects

Age		Dominance		Athletic Experience	
Mean	SD	Right	Left	Yes	No
22.5	1.84	8	2	1	9

2.2 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭

본 연구에서 적용된 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭은 수축-이완-길항근-수축 (Contract-relax-antagonist-contrast) 스트레칭으로 피험자와 보조자가 협동하여 (그림 2) 스트레칭을 실시

하며 아래와 같은 5단계의 과정으로 구성되어 있다 [7]. 1단계는 준비 과정이며, 2-4단계의 수행을 한 번의 루틴으로 한다. 각 단계는 5-10초에 걸쳐 실시되었으며, 각 피험자의 좌/우측 엉덩관절에 대해 4회의 루틴을 실시하였다. 엉덩관절의 ROM은 스트레칭 전/후에 측정하였다. 오른쪽 엉덩관절의 경우, 보조자가 무작위로 선택되었으며, 왼쪽 엉덩관절은 전담 보조자가 스트레칭을 보조하였다. 보조자는 모두 관련면허 소지자의 초보적 훈련을 거쳐 스트레칭 방법을 숙지하였다. 전담 보조자 역할은 훈련 성과가 가장 좋은 보조자 1인이 담당하여 왼쪽 엉덩관절에 대한 스트레칭을 실시하였으며, 나머지 보조자들은 무작위로 선정되어 오른쪽 엉덩관절에 대한 스트레칭을 담당하였다.

- 1단계 : 피험자의 무릎과 발을 모은 채 바로 눕히고 근육의 이완 상태를 유지
- 2단계 : 피험자의 무릎을 편 채, 보조자가 피험자의 한쪽 다리를 들어 올려 햄스트링 부위를 스트레칭 함으로서 엉덩관절의 수동 굽힘을 실시
- 3단계 : 2단계의 최대 굽힘 상태에서 보조자는 피험자의 굽혀진 다리를 고정하고, 피험자는 보조자의 햄스트링 근육을 수축하여 엉덩관절의 등척성 수축을 유도 (주동근: 뒤넙다리근육)
- 4단계 : 피험자는 넙다리네갈래근의 수축을 통

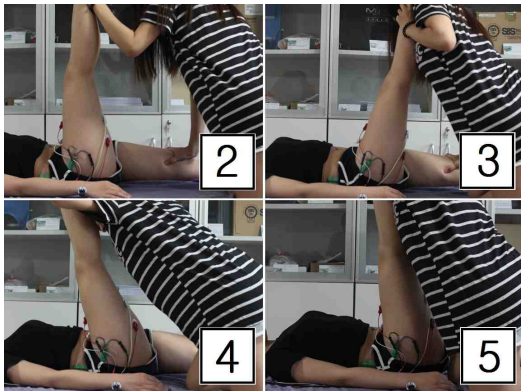


그림 2. 스트레칭 단계별 피험자-보조자 상호작용
Fig. 2. Interaction between the subject and assistant during stretching with PNF

해 엉덩관절의 능동 굽힘을 유도하고, 보조자는 이에 맞춰 피험자의 엉덩관절에 수동 굽힘을 보조 (주동근: 넙다리네갈래근)

5단계 : 피험자는 엉덩관절 최대 굽힘상태에서 굽힘/편근을 모두 이완하며, 보조자는 피험자의 엉덩관절에 수동 굽힘을 실시

3. 결과

고유수용성 신경근 촉진 스트레칭에 의한 엉덩관절의 능동적 관절 가동성의 변화는 그림 3과 같다. 보조자가 무작위로 지정된 우측 엉덩관절의 관절 가동 범위의 평균 증가량은 6.5°이며 1번 피험자의 1.8°(최소값)부터 2번 피험자의 16.1°에 이르기까지 편차가 비교적 크게 나타났다 (SD=4.2°). 전담 보조자가 스트레칭을 보조한 좌측 엉덩관절의 관절 가동 범위의 평균 증가량은 18.9°로 나타났다. 이때, 최소값은 14.1°(6번 피험자), 최대값은 23.6°(9번 피험자)로 편차의 범위가 상대적으로 좁아진다(SD=3.4°).

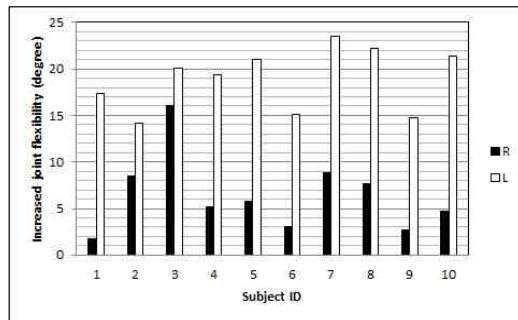


그림 3. 엉덩관절 가동성 증가량 비교 (R: 우측 엉덩관절 -무작위 보조자, L: 좌측엉덩관절-전담보조자)
Fig. 3. Increment of hip joint flexibility induced by PNF (R: right hip joint with random assistant, L: left hip joint with designated assistance)

스트레칭의 각 단계에서 근육의 활성화 정도는 표 2와 같다. 2단계의 수동 굽힘 스트레칭에서 피험자는 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 수의적 수축을 억제하도록 지시되었으나 낮은 수준의 수

축이 넙다리네갈래근(2.3%)과 뒤넙다리근(4.2%)에서 발생하는 것으로 관찰되었다. 이때, 표준편차는 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근에서 각각 0.73과 1.16을 나타낸다. 3단계에서 피험자의 능동적 폼운동에 의해 뒤넙다리근의 수축이 비교적 높게 나타났으며(33.2%), 넙다리네갈래근의 수축은 1.9%로 관찰되었다. 3단계에서 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 수축 수준에 대한 표준편차는 각각 1.13과 6.20으로 나타난다. 4단계에서 능동적 굽힘 운동에 의해 넙다리네갈래근의 활성화 정도가 증가하게 된다(5.3%). 뒤넙다리근의 평균 활성화 수준은 10.9%로 관찰되었다. 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 활성화 수준에 대한 표준편차는 각각 1.13과 2.11로 나타났다. 2단계와 동일한 메커니즘을 유지하는 5단계 스트레칭에서 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 활성화 수준은 각각 1.6%(SD=0.55)와 4.7%(SD=1.88)로 관찰되었다.

표 2. 스트레칭 단계별 굽힘근과 폼근의 활성화 정도 (A: 능동적 스트레칭, P:수동적 스트레칭, I:등척성 폼)
Table 2. Flexor and extensor activation level for each phase (A:active stretching, P:passive stretching, I:isometric extension).

Phase	Stretching method	EMG % level (mean, SD)	
		Quadriceps femoris m.	Hamstring m.
2	P	2.3 (0.73)	4.2 (1.16)
3	P/I	1.9 (1.13)	33.2 (6.20)
4	P/A	5.3 (1.13)	10.9 (2.11)
5	P	1.6 (0.55)	4.7 (1.88)

4. 고찰

고유수용성 신경근 축진 스트레칭의 영향은 피험자들의 연령대를 고려하더라도 관절의 가동 범위 증가에 즉각적 효과를 보이는 것을 알 수 있다. 보조자가 무작위로 할당된 우측 엉덩관절의 가동 범위 증가량에 비해 전담 보조자가 지정된 좌측 엉덩관절의 가동 범위 증가량이 두드러지게 나타난다. 표준편차는 보조자가 무작위로 할당된 경우에 비해 전담 보조자가 지정된 스트

레칭에서 감소하는 경향을 보인다. 이러한 경향은 고유수용성 신경근 축진 스트레칭에서 보조자의 역할이 중요함을 나타내 주는 것이라 할 수 있다. 고유수용성 신경근 축진 스트레칭에서 보조자의 스트레칭 보조 강도를 규범화 할 수 있는 방법의 개발이 필요하다고 판단된다.

스트레칭의 각 단계에서 나타나는 근전도의 활성화 수준은 고유수용성 신경근 축진 스트레칭의 메커니즘을 충분히 반영하고 있는 것으로 나타났다. 2단계 스트레칭에서 엉덩관절의 수동적 굽힘이 뒤넙다리근의 골지힘줄기관과 근육방추를 자극하여 넙다리네갈래근의 수축과 뒤넙다리근의 불수의적 수축으로 나타나 비교적 낮은 수준의 수축으로 나타나게 된다[8]. 3단계 스트레칭에서 피험자의 최대 노력에 의한 등척성 수축이 발생하지만 ROM의 말단부이므로 근전도의 크기는 ROM 중앙부의 최대 노력에 대한 수축에 비해 낮게 나타나게 된다[9]. 4단계에서 능동적 굽힘 운동에 의해 넙다리네갈래근의 활성화 정도가 증가하게 된다. 이 단계에서 피험자의 최대 노력에도 불구하고 최대 굽힘 상태이므로 활성화 정도의 증가는 낮은 편(5.3%)이다[A2]. 이에 반해 뒤넙다리근의 활성화 정도는 골지힘줄기관과 근육방추의 영향으로 수축의 크기가 증가하게(10.9%) 된다[7]. 5단계는 2단계와 동일한 스트레칭 메커니즘을 유지하므로 넙다리네갈래근(1.6%)과 뒤넙다리근(4.7%)의 활성화 경향은 유사성을 갖게 된다. 본 연구에 적용된 스트레칭의 진행은 부상 억제를 위해 천천히 진행되었으며, 따라서 장력과 인장 속도에 모두 반응하는 근육방추보다 골지힘줄기관에 대한 자극이 더 큰 것으로 나타났다[7].

5. 결론

본 연구에서는 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 수축과 이완을 보조자의 조력에 의한 수동적 스트레칭과 병행하는 고유수용성 신경근 축진 스트레칭의 생체역학적 특징에 대해 조사하였다. 엉덩관절의 가동 범위는 전담 보조자가 조력한

경우, 평균 18.9° 증가한 것으로 나타났으며 보조자가 무작위로 선택된 경우 6.4° 증가한 것으로 나타났다. 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭이 전담 보조자의 조력하에 관절 가동성 증가에 매우 효과적인 스트레칭 방법임을 알 수 있다. 또한 보조자의 역할이 관절 가동성 증가에 매우 중요한 요소임을 알 수 있으며 스트레칭 강도의 일반화를 위한 가이드라인이 제시되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 20대의 근골격계질환 이력이 없는 학생들을 대상으로 실시하였으므로 본 연구의 결과를 장애를 가진 환자들에게 직접 적용하는 것은 일반화의 오류를 불러올 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 얻어진 결과를 기반으로 뇌졸중이나 외상성뇌질환 등으로 인한 마비 환자들에 대한 고유수용성 신경근 촉진 스트레칭의 참고 자료와 근육 내부 감각수용기의 기능 및 역할에 대해 활용되기를 기대한다.

REFERENCES

[1] The American Occupational Therapy Association, "Occupational Therapy Practice Framework: Domain and Process", American Journal of Occupational Therapy, Vol. 68, pp. s1-s48, 2014.

[2] L. Harvey, R. Herbert and J. Crosbie, "Does stretching induce lasting increases in joint ROM? A systematic review", Physiotherapy Research International, Vol. 7(1), pp. 1-13, 2002.

[3] D. E. Hartig and J. M. Henderson, "Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees", American Journal of Sports Medicine, Vol. 27(2), pp.173-6, 1999.

[4] J. J. Knapik, B. H. Jones, C. L. Bawman and J. M. Harris, "Strength, flexibility and athletic injuries", Sports Medicine, Vol

14(5), pp. 277-88, 1992.

[5] F. G. Shellock and W. E. Prentice, "Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries", Sports Medicine Vol. 2(4), pp. 267-78, 1985.

[6] S. Lee, K. Lee, J. Go, and W. Park, "A Study Median Frequency Analysis of Surface EMG on Gender Differences", J. of KIIECT, Vol 5(1), pp. 20-25, 2012

[7] S. B. Hall, "Basic biomechanics 5th Ed.", pp. 134-6, McGraw-Hill, 2007

[8] N. Place, Y. Blum, S. Armand, N. A. Maffioletti, D. G. Behm, "Effects of a short proprioceptive neuromuscular facilitation stretching bout on quadriceps neuromuscular function, flexibility, and vertical jump performance", J. of Strength & Conditioning Research, Vol. 27(2), pp. 463-70, 2013

[9] R. L. Lieber, "Skeletal muscle dtructure and function: Implications for rehabilitation and sports medicine", pp. 122-124, Williams & Wilkins, 1992

저자약력

장 지 홍(Ji-Hong Chang)

[중심회원]



- 2007년 2월 : University of California at Davis (박사)
- 2009년 3월 - 현재 : 중원대학교 교수

<관심분야>

인간공학, 재활공학