

Review article

Open Access

관절가동범위 증진을 위한 이완 기법의 적절한 수축강도와 수축시간은?

신승섭†
드림병원 재활센터

What is the Optimal Contraction Intensity and Duration in the Performance of Relaxation Techniques for Maximal Increase of Range of Motion?

Seung-Sub Shin†
Rehabilitation Center, Dream Hospital

Received: March 14, 2016 / Revised: April 28, 2016 / Accepted: April 28, 2016

© 2016 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: The purpose of this study was to review articles in order to establish optimal contraction intensity and duration in the performance of relaxation techniques for maximal increase in range of motion.

Methods: The Cochrane, EBSCO, Embase, Medline, ProQuest, PubMed, ScienceDirect, and Scopus databases were used to search articles from 1990 to January 2016. The search terms were "contract relax," "hold relax," "muscle energy technique (MET)," and "proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching." Only experimental human studies (randomized controlled trials) that compared the effects of varying intensity and duration of isometric contraction were included. Non-English language and unpublished studies were excluded.

Results: A total of 2,156 articles were initially identified, with only five eventually meeting the inclusion and exclusion criteria. Three studies compared the effects of varying intensity in isometric contraction and two studies compared the effects of varying duration in isometric contraction with regard to range of motion (ROM). Two articles suggested that submaximal voluntary isometric contraction was more effective than maximum voluntary isometric contraction (MVIC) in the improvement of ROM. One article showed that a longer contraction time led to greater increases in ROM.

Conclusion: Submaximal voluntary isometric contraction was recommended during contract-relax exercises in healthy people. Lack of evidence makes it difficult to suggest the optimal duration of isometric contraction during relaxation techniques. For future research, high-quality evidence will be needed to establish the optimal contraction intensity for maximum improvement of ROM.

Key Words: Contract relax, Hold relax, Muscle energy technique (MET), PNF stretching, Intensity, Duration

†Corresponding Author : Seung-Sub Shin (midline21@hanmail.net)

I. 서론

유연성은 운동선수들의 운동수행력 향상과 외상 감소를 위한 필수요소 중의 하나이며, 수술과 손상으로 저하된 환자의 기능 증진을 위한 중요한 요소이다 (Chow & Ng, 2010; Khamwong et al, 2011). 관절가동범위 증진을 위해 정적(static) 신장, 탄성(ballistic) 신장, 동적(dynamic) 신장, 고유수용성신경근축진법(PNF) 신장 등 다양한 신장기법(stretching technique)이 사용되고 있다(Lucas & Koslow, 1984; Sady et al, 1982; Yuktasir & Kaya 2009). PNF의 이완 기법(relaxation technique)은 물리치료 분야에서 수축 이완(contract relax)과 유지 이완(hold relax)으로 명명되지만 타 분야에서는 PNF 신장(PNF stretching), 촉진 신장(facilitated stretching), 근에너지 기법(muscle energy technique) 등의 용어로도 사용된다(Lee & Cho, 2005). 많은 연구에서 PNF의 이완 기법은 정적 신장, 탄성 신장 그리고 동적(dynamic) 신장보다 관절가동범위 증진에 더 효과가 큰 것으로 알려져 있으며 운동선수들의 유연성 증진과 환자의 관절가동범위 회복을 위해 널리 사용되는 치료법 중에 하나이다(Lucas & Koslow, 1984; Sady et al, 1982).

PNF의 이완 기법은 도수 신장에 앞서 근육에 등척성 수축을 시행하여 근육을 이완시키기 때문에 관절가동범위의 증가가 큰 것으로 믿어왔으며, Sherrington의 주동근 수축 후 이완(postisometric relaxation)과 주동근 수축 후 길항근 이완(reciprocal relaxation)의 신경생리학적 이론 배경을 바탕으로 관절가동범위의 증가를 설명하였다(Prentice 1983; Sharman et al, 2006; Sherrington, 1909). 그러나 최근 연구들에서 정상 성인에게 수축 이완을 시행하는 동안 주동근과 길항근에 근 활성도를 변화를 근전도로 관찰한 결과 Sherrington(1909)의 주동근 수축 후 이완과 주동근 수축 후 길항근 이완이 나타나지 않는 것으로 밝혀졌다 (Mitchell et al, 2009; Olivo & Magee 2006). 또한 이러한 신경생리학적 근거가 부족함에도 고유수용성신경근축진법의 이완 기법을 적용한 많은 선행연구들은 과

학적 검증 없이 기존의 문헌들에 근거하여 다양한 수축 강도(Table 1)와 시간(Table 2)을 사용하고 하였다.

Table 1. The range of contraction intensities

Author	Contraction intensities (%)
Nagrle et al, 2010	20
Feland and Marin, 2004	20,60,100
Sheard and Paine, 2010	20,50,100
Oliveira-Campelo et al, 2013	25
Shadmehr et al, 2009	50
Ballantyne et al, 2003	75
Babault et al, 2010	100
Bonnar et al, 2004	100
Ferber et al, 2002	100
Khamwong et al, 2011	100
Lee and Lee, 2015	100
Magnusson et al, 1996	100
Young and Elliott, 2001	100

Table 2. The range of contraction durations

Author	Contraction durations (sec)
Bonnar et al, 2004	3,6,10
Babault et al, 2010	5
Chow and Ng, 2010	5
Oliveira-Campelo et al, 2013	5
Selkow et al, 2009	5
Young and Elliott, 2001	5
Yuktasir and Kaya, 2009	5
Azevedo et al, 2011	6
Feland and Marin, 2004	6
Khamwong et al, 2011	7
Nagrle et al, 2010	7-10
Lee and Lee, 2015	10
Magnusson et al, 1996	10
Shadmehr et al, 2009	10
Sheard and Paine, 2010	12

본 연구는 문헌적 고찰을 통해 고유수용성신경근 촉진법의 이완기법을 수행할 때 가장 효과적인 등척성 수축 강도와 수축시간을 알아보고자 하였다.

II. 본 론

1. 논문 검색과 선정 방법

논문 수집을 위하여 Cochrane, EBSCO, Embase, Medline, ProQuest, PubMed, ScienceDirect 그리고 Scopus 검색 데이터베이스를 사용하였다. 각 검색사이트에 고유수용성신경근촉진법의 이완 기법인 “Contract relax”와 “Hold relax”를 입력하여 검색하였으며, 이완 기법과 유사하게 사용되고 있는 “Muscle energy technique (MET)”과 “Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching (PNF stretching)” 도 검색어에 포함하여 1990년부터 2016년 1월까지의 논문을 검색하였다. 검색된 논문 중 사람을 대상으로 한 무작위 대조군 실험논문으로 등척성 수축 강도와 수축 시간 변화에 따른 효과를 비교한 논문만을 다시 선별하였다. 이중 비영어 논문(독일어, 스페인어, 이탈리아어, 폴란드어, 프랑스어), 타 분야 논문(비뇨기학, 생물물리학, 약리학, 위장병학, 인체공학 등), 중복 논문, 초록만 있는 논문 그리고 발간이 안 된 논문들은 선정에서 제외하였다(Table 3).

Table 3. Search and Inclusion/Exclusion criteria

	Search conditions
Date	From 1990 to January 2016
Databases	Cochrane, EBSCO, Embase, Medline, ProQuest, PubMed, ScienceDirect, Scopus
Search terms	Contract relax, hold relax, muscle energy technique, PNF stretching
Inclusion criteria	Experimental human studies (randomized controlled trials) Study compares the effects of varying the intensity and duration of isometric contraction. PDF version
Exclusion criteria	Non-English language studies Abstract and Unpublished data

III. 결 과

“Contract relax”, “Hold relax”, “Muscle energy technique (MET)” 그리고 “Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching (PNF stretching)”의 검색어를 Cochrane, EBSCO, Embase, Medline, ProQuest, PubMed, ScienceDirect 그리고 Scopus 입력하였으며, 입력한 결과 각각 51편, 191편, 61편, 161편, 657편, 151편, 594편 그리고 259편의 논문이 검색되었다(Table 4). 검색된 총 2,156편의 논문들 중 선정기준과 제외기준에 만족하는 논문은 5편이었다.

Table 4. Numbers of searched articles with search terms

Databases	Search Terms			
	Contract relax	Hold relax	MET	PNF stretching
Cochrane	21	1	1	28
Embase	62	23	58	48
EBSCO	15	8	16	22
Medline	54	24	25	58
ProQuest	219	127	97	214
PubMed	49	25	24	53
ScienceDirect	245	127	161	61
Scopus	62	37	86	74

1. 수축 강도에 따른 효과 비교 논문

무작위 대조군 실험을 통한 등척성 근수축 강도에

다른 효과를 비교한 논문은 총 3편이었다. Feland와 Marin(2004)는 정상 성인 남성을 무작위로 세 집단으로 나누어 각각 최대 수의적 수축력의 20%, 60%, 100%로 단축된 넙다리뒤근육에 6초간의 등척성 수축을 포함하는 수축 이완 기법을 적용하여 엉덩관절의 가동범위의 변화를 측정하였다. 연구결과 수축강도에 따른 가동범위의 변화량에 유의한 차이를 보이지 않았다. 남녀 운동선수 56명을 대상으로 한 또 다른 무작위 대조군 실험연구에서 최대 수의적 등척성 수축력(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)의 20%, 50%, 100%의 등척성 수축을 12초 동안 적용하는 수축 이완 기법을 3회 적용한 결과 최대 수의적 수축력의 50% 적용한 집단이 나머지 두 집단보다 엉덩관절의 가동범위의 유의한 향상을 보였으며, 수축강도와 가동범위 변화의 상관 정도와 합동자료(pooled data)의 2차 다항회귀(the second-order polynomial lines)를 통해 가동범위 증진을 위한 최적의 등척성 수축 강도는 최대 수의적 수축력의 64.3%였다(Sheard & Paine, 2010). Kwak과 Ryu(2015)는 성인 남성 60명을 대상으로 최대 수의적 수축력의 20%, 60%, 100%로 무릎관절 펌근에 수축 이완을 적용한 결과 60%와 100%의 등척성 수축 강도를 적용한 집단이 20%강도로 수행한 집단보다 무릎관절 굽힘 각도 변화량이 크다고 하였다(Table 5).

2. 수축 시간에 따른 효과 비교 논문

Rowlands 등(2003)은 수축 이완 기법의 등척성 수축

시간에 따른 엉덩관절 굽힘근의 변화를 비교하기 위해 건강한 남성 37명을 무작위로 5초, 10초, 대조군 집단으로 나누어 수축 이완 기법을 6 주간 적용한 결과 10초의 등척성 수축을 적용한 집단이 5초의 수축을 적용한 집단보다 엉덩관절 굽힘 각도 증가 더 컸으며, 기간에 따른 증가량은 3주 후의 증가량보다 6주 후의 증가량이 더 컸다고 보고 하였다. Bonnar 등(2004)은 신체 건강한 성인 남녀 60명을 무작위로 세 집단으로 나누어 수축 시간에 따른 수축 이완 기법의 효과를 비교하였다. 집단별 수축 시간은 각각 3초, 6초, 10초였으며, 넙다리뒤근육에 적용하여 수동 엉덩관절 굽힘의 변화를 관찰한 결과 각 집단별 수축 이완 기법 적용 전, 후 엉덩관절 굽힘 각도는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만 수축 시간에 따른 집단 간 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 6).

IV. 고 찰

본 연구는 고유수용성신경근축진법의 수축 이완과 유지 이완 기법, 근에너지 기법, PNF 신장 시 수행되는 근육의 등척성 수축의 강도와 수축 시간을 문헌적으로 고찰하여 가장 효과적인 수축 강도와 시간을 알아 보고자 하였다. 수축 후 억제(post isometric inhibition)와 상반억제(reciprocal inhibition)는 이런 기법들의 신장 효과를 신경생리학적으로 설명할 수 있는 이론적 배경이다(Sherrington, 1909). 이 이론에 근거하여 근육

Table 5. Articles of contraction intensities (%)

Author	Year	Subjects	Intensities	Result
Feland and Marin	2004	60 healthy males	Group A: 20% of MVIC Group B: 60% of MVIC Group C: 100% of MVIC	No differences
Sheard and Paine	2010	37 athletic males 19 athletic females	Group A: 20% of MVIC Group B: 50% of MVIC Group C: 100% of MVIC	ROM is better improved in 50% than in 20%, 100% of MVIC
Kwak and Ryu	2015	60 healthy males	Group A: 20% of MVIC Group B: 60% of MVIC Group C: 100% of MVIC	ROM is better improved in 60% than in 20%, 100% of MVIC

Table 6. Articles of contraction durations (sec)

Author	Year	Subjects	Durations (sec)	Result
Rowlands et al.	2003	37 healthy males	Group A: 5 sec Group B: 10 sec	10 sec is more effective than 5 sec in ROM
Bonnar et al.	2004	15 healthy males 45 healthy females	Group A: 3 sec Group B: 6 sec Group C: 10 sec	No differences

의 최대 이완을 얻기 위해 최대 근 수축을 이용해 왔다 (Table 1). 그러나 최근 들어 근육의 수축 후 억제와 상반억제를 근전도 실험을 통해 확인한 결과 근 수축 후 이완과 근 수축 후 길항근의 이완이 나타나지 않는 것으로 밝혀졌다(Khamwong et al, 2011; Olivo & Magee, 2006). Feland와 Marin(2004)은 근육의 손상을 예방하고 근 수축으로 유발되는 불편감을 줄이기 위해 수축 이완 기법을 적용할 때 최대하 수축을 사용할 것을 제안하였다. Burke 등(2000)은 고유수용성신경 근축진법의 수축 이완 기법 적용 후 나타나는 가동성의 증진을 근육-힘줄-근막 단위(muscle-tendon-fascia unit)의 콜라겐(collagen)과 엘라스틴(elastin)의 점탄성(viscoelastic) 변화라고 보고하였으며, 신장이 충분할 경우 근육-힘줄-근막 단위에 반소성 적응(semiplastic adaptation)을 유발할 수 있다고 하였다. Rowlands 등(2003)은 근육-근막의 비수축성 구조의 변형을 얻기 위해서는 수축 이완에 적용되는 근 수축 시간이 5초보다 10초가 더 효과적일 수 있다고 하였다. Bonnar 등(2004)은 3초, 6초, 10초의 근수축 시간에 따른 가동성 변화를 연구한 결과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 다른 연구들은 고유수용성신경 근축진법 이완 기법 적용 후 나타나는 가동성의 증가는 근육의 길이 변화로 인한 것이 아니라 수동 신장 시 느끼는 대상자의 감각 지각(perception of sensation)의 변화 때문이라고 하였으며, 이러한 변화는 3주에서 8주간의 신장 프로그램 수행 후에도 나타난다고 하였다(Halbertsma & Goeken, 1994; Halbertsma et al, 1996; Magnusson et al, 1996). Mitchell 등(2007) 고유수용성신경근축진법의 수축 이완 기법에 사용되는 등척성 수축은 수동 신장 시 느끼는 통증을 억제하는 진통효과

를 유발할 수 있으며 이로 인하여 신장 지각(stretching perception)을 변화시켜 가동성이 증가된다고 하였다.

본 연구의 문헌고찰을 통해 가동범위 증진을 위해 사용되는 이완 기법의 최대 근 수축은 최대하 근 수축보다 효과적이지 않거나 효과가 적은 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 임상에서 수축 이완 기법을 적용할 때 근육의 손상을 예방하고 가동성 증진을 극대화 하기위해 최대하 근 수축을 적용하는 것이 효과적일 것으로 생각된다. 또한 이완 기법에 적용되는 근 수축 시간은 수동 신장 시 느끼는 감각 지각을 변화시키기 위한 충분한 시간이 효과적일 것으로 생각되며, 이에 대한 보다 면밀한 연구가 요구된다.

V. 결론

본 연구는 관절가동범위 증진을 위한 이완 기법의 적절한 수축 강도와 시간을 문헌고찰을 통해 알아보 고자 하였다. 근육의 손상을 예방하고 관절가동범위 증진을 위한 적절한 수축 강도는 최대하 수축으로 여겨지며, 논문 검색의 제한과 근거의 부족으로 관절가동범위 증진을 위한 적절한 수축 시간을 제시하지는 못하였다. 수축 강도와 시간에 대한 과학적이고 객관적인 지침을 제공하기 위해 더 많은 자료의 수집이 필요하며, 적절한 통계기법을 사용하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

References

- Azevedo DC, Melo RM, Alves Corrêa RV, et al. Uninvolved versus target muscle contraction during contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Physical Therapy in Sport*. 2011;12(3):117-121.
- Babault N, Kouassi BY, Desbrosses K. Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. *Journal of science and medicine in sport*. 2010;13(2):247-252.
- Ballantyne F, Fryer BG, McLaughlin P. The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: the mechanism of altered flexibility. *Journal of osteopathic medicine*. 2003;6(2):59-63.
- Bonnar BP, Deivert RG, Gould TE. The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. *Journal of sports Medicine and Physical fitness*. 2004;44(3):258-261.
- Burke DG, Culligan CJ, Holt LE. The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2000;14(4):496-500.
- Chow TP, Ng GY. Active, passive and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching are comparable in improving the knee flexion range in people with total knee replacement: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2010;24(10):911-918.
- Feland JB, Marin HN. Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *British journal of sports medicine*. 2004;38(4):18-19.
- Ferber R, Osternig L, Gravelle D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2002;12(5):391-397.
- Halbertsma JP, Göeken LN. Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1994;75(9):976-981.
- Halbertsma JP, van Bolhuis AI, Göeken LN. Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1996;77(7):688-692.
- Khamwong P, Pirunsan U, Paungmali A. A prophylactic effect of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching on symptoms of muscle damage induced by eccentric exercise of the wrist extensors. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2011;15(4):507-616.
- Kwak DH, Ryu YU. Applying proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: optimal contraction intensity to attain the maximum increase in range of motion in young males. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(7):2129-2132.
- Lee HS, Cho BM. Effects of PNF, PIC, MET Stretching a Literature Review. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2005;23(1):379-390.
- Lee SW, Lee JH. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and kinesiology taping on pelvic compensation during double-knee extension. *Journal of human kinetics*. 2015;49(1):55-64.
- Lucas RC, Koslow R. Comparative study of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Perceptual and motor skills*. 1984;58(2):615-618.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, et al. Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1996;77(4):373-378.
- Mitchell UH, Myrer JW, Hopkins JT, et al. Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF "contract-relax" stretch. *Journal of sport*

- rehabilitation. 2007;16(2):85-92.
- Mitchell UH, Myrer JW, Hopkins JT, et al. Neurophysiological reflex mechanisms' lack of contribution to the success of PNF stretches. *Journal of sport rehabilitation*. 2009;18(3):343-357.
- Nagrale AV, Glynn P, Joshi A, et al. The efficacy of an integrated neuromuscular inhibition technique on upper trapezius trigger points in subjects with non-specific neck pain: a randomized controlled trial. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. 2010;18(1):37-43.
- Oliveira-Campelo NM, de Melo CA, Albuquerque-Sendin F, et al. Short- and medium-term effects of manual therapy on cervical active range of motion and pressure pain sensitivity in latent myofascial pain of the upper trapezius muscle: a randomized controlled trial. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2013;36(5):300-309.
- Olivo SA, Magee DJ. Electromyographic assessment of the activity of the masticatory using the agonist contract-antagonist relax technique (AC) and contract-relax technique (CR). *Manual therapy*. 2006;11(2):136-145.
- Prentice, W. A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athletic Training*. 1983;18(1):56-59.
- Rowlands AV, Marginson VF, Lee J. Chronic flexibility gains: effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Research quarterly for exercise and sport*. 2003;74(1):47-51.
- Sady SP, Wortman M, Blanke D. Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1982;63(6):261-263.
- Selkow NM, Grindstaff TL, Cross KM, et al. Short-term effect of muscle energy technique on pain in individuals with non-specific lumbopelvic pain: a pilot study. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*. 2009;17(1):E14-18.
- Shadmehr A, Hadian MR, Naiemi SS, et al. Hamstring flexibility in young women following passive stretch and muscle energy technique. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2009;22(3):143-148.
- Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching : mechanisms and clinical implications. *Sports Medicine*. 2006;36(11):929-939.
- Sheard PW, Paine TJ. Optimal contraction intensity during proprioceptive neuromuscular facilitation for maximal increase of range of motion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(2):416-421.
- Sherrington CS. On plastic tonus and proprioceptive reflexes. *Quarterly journal of experimental physiology*. 1909;2(2): 109-156.
- Young W1, Elliott S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Research quarterly for exercise and sport*. 2001;72(3):273-279.
- Yuktasir B, Kaya F. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2009;13(1):11-21.