

## PNF 신장 방법에 관한 고찰

이현옥\* · 신재욱\*\*

부산가톨릭대학교 물리치료학과\* · 부산의료원 물리치료실\*\*

### Review of PNF stretching method

Hyun-Ok Lee, P.T., Ph.D.\*, Jae-Wook Shin, P.T.\*\*

*Department of Physical Therapy, Catholic University of Pusan\**

*Department of Physical Therapy, Busan Medical Center\*\**

#### <Abstract>

**Purpose** : This paper reviews on the method of PNF stretching.

**Methods** : This is literature study with Pubmed, medline, SPORT Discus, EBSCO, ProQuest and books.

**Results** : PNF stretching is effective for increasing range of motion than static and ballistic stretching. CR(contract-relax) technique is effective and CRAC(contract-relax with agonist contraction) technique including agonist contraction is more effective. A minimum of one repetition, twice or three times per week is required for range of motion gains, needs to be conducted continuously. A minimum of 20% contraction intensity and more than 3 seconds contraction duration are needed to increase range of motion. Inclusion of static stretching of antagonist and agonist contraction is more effective.

**Conclusions** : PNF stretching is more effective for increasing range of motion than other stretching methods, but, clinicians need to select proper techniques according to subjects and muscles, and conduct carefully when applying technique.

---

**Key Words** : PNF, Stretching, Range of motion, Contract-Relax, CRAC

## I. 서 론

신장(stretching)은 근육을 부드럽게 하여 격렬한 운동에 대해 적응할 수 있는 준비를 갖추게 하며 근육의 신장 범위를 높이는 데 도움이 된다. 또한 정상 근육기능과 손상 방지를 위하여 매우 중요하다(Schuback 등, 2004; Spernoga 등, 2001).

신장 방법으로는 정적(static), 탄도적(ballistic), 고유수용성 신경근 촉진법(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, PNF) 등 많은 신장 방법들이 유연성을 증가시키기 위해 소개되고 있다.

정적 신장은 장시간 낮은 부하의 신장을 적용하여 근육과 결합조직을 최대 길이로 유지시키는 방법이고(Bandy와 Irion, 1994), 탄도적 신장은 능동적인 길항근 수축을 포함하고 갑자기 움직이거나 되튀기는 움직임을 통해 근육과 조직을 빠르게 신장시키는 방법이며(Shellock과 Prentice, 1985), PNF 신장은 신경생리학적 기전을 통해 근육의 유연성을 증가시키는 방법이다(Voss 등, 1985).

이러한 방법들 모두가 관절가동범위를 증가시키기 위해 효과적인 방법이지만(Lucas와 Koslow, 1984; Sady 등, 1982; Wallin 등, 1985), PNF 신장이 정적 혹은 탄도적 신장보다 더욱 효과적인 방법으로 알려져 있다(Etnyre와 Abraham, 1986; Fasen 등, 2009; Funk 등, 2003; Tanigawa, 1972). 또한 PNF 신장은 수동적 유연성(Feland 등, 2001; Hanten과 Chandler, 1994)과 능동적 유연성(Etnyre와 Abraham, 1986; Hardy와 Jones, 1986; Spernoga 등, 2001)을 모두 개선시킴으로 최종적으로 더욱 기능적인 방법이다.

이러한 PNF 신장 기법의 우수성에도 불구하고 관절가동범위를 가장 효율적으로 증가시키기 위한 반복, 빈도, 기간 등의 통합에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 PNF 신장 기법과 관련된 다양한 연구 결과를 고찰하여 관절가동범위를 가장 효율적으로 증가시킬 수 있는 기법 적용에 도움이 되고자 한다.

## II. 본 론

### 1. PNF 신장 기법

PNF 신장 기법은 능동 그리고 수동 가동범위를

증가시켜 운동 수행과 재활을 최적화하기 위해 임상에서 일반적으로 이용되며(Sharman 등, 2006), 이러한 PNF 신장 기법의 종류에는 수축-이완(contract-relax, CR), 유지-이완(hold-relax, HR), 주동근 수축(agonist contraction, AC), 주동근 수축을 동반한 수축-이완(contract-relax with agonist contraction, CRAC) 그리고 주동근 수축을 동반한 유지-이완(hold-relax with agonist contraction, HRAC)이 있다(Feland 등, 2004; 장정훈 등, 2005; Olivo와 Magee, 2006). PNF에서 “주동근(agonist)”이란 범위가 제한된 근육에 반대되는 근육을 말하며, “길항근(antagonist)”이란 범위를 제한시키는 근육을 말한다. 그리고 이러한 기법들은 주동근과 길항근의 교대적인 수축과 이완에 대한 통합을 포함한다(Shellock와 Prentice, 1985).

CR 기법은 길항근을 약간의 불편함이 느껴지는 위치까지 신장시킨다. 이 지점에 도달되었을 때 환자에게 치료사의 저항에 대항하여 길항근의 등장성 수축을 하게 한 후 약간의 불편함이 느껴지는 지점까지 다시 이완시키면서 신장한다(Feland, 2001). HR 기법은 CR 기법에서 길항근의 등장성 수축 대신에 등척성 수축을 적용한다(Bonnar, 2004). AC 기법은 치료사의 저항에 대항하여 주동근을 수축시키는 것으로 길항근의 신장과 이완이 동시에 나타난다(Olivo, 2006). CRAC 기법은 CR 기법의 변형으로써, 길항근의 등장성 수축, 이완, 주동근의 등장성 수축을 순서대로 적용한다. HRAC 기법은 HR 기법의 변형으로써, HR 기법에 주동근의 등장성 수축을 추가한 기법이다(장정훈 등, 2002).

PNF 신장 기법을 적용하는 동안 자가 억제(auto-genic inhibition)와 상반 억제(reciprocal inhibition)가 나타나며, 길항근의 등척성 수축은 골지건기관(golgi tendon organ) 자극을 통하여 근육 긴장을 감소시키는 자가 억제를 일으킨다. 이러한 기전은 신장시키는 동안에 저항을 감소시키고, 관절가동범위를 증가시킨다. 뿐만 아니라 길항근의 최대 등척성 수축 동안의 긴장은 길항근의 저항을 감소시킨다. 근육의 수축성은 PNF 기법에서 근육의 점탄(viscoelastic) 특성과 신경근 촉진에 기초하여 유연성을 제공한다. 수축된 근육은 비수축 요소(근주막, 근내막, 건)를 늘리고, 결과적으로 근-건 단위의 이완을 일으키고 근육에서 수동적 장력을 감소시킨다

(Taylor 등, 1997).

PNF 기법의 한 부분으로써 등척성 수축은 일반적으로 수동적 신장 이전에 실시한다. 등척성 수축은 H-반사 반응을 단기간 감소시킨다(Moore 등, 1991). 등척성 수축 이후 H-반사의 감소는 연접전 억제제의 결과일 것이며, 반사 활동 억제는 짧게 지속(10초보다 더 짧게)되는 것으로 알려져 있으므로, 신장의 최대 효율성을 얻기 위한 수동적 신장은 등척성 수축 이후 즉시 수행되어야 한다(Weerapong, 2004).

다른 방법으로, 주동근의 구심성 수축은 상반 억제를 일으킨다. 이러한 상반 억제 때문에, 능동적 저항 감소가 길항근에서 나타난다. 상반 억제로 발생한 길항근의 운동 신경원 흥분성 감소는 근육을 늘어나게 함으로써 근육 순응(muscle compliance)을 제공한다(Prentice, 1983; Moore와 Hutton, 1980; Etnyre와 Abraham, 1986).

Davis 등(2005)은 슬괵근 유연성에 관한 자가 신장, 정적 신장, PNF 신장의 효율성에 관한 연구에서 PNF 신장이 유연성과 관절가동범위에 가장 효율적이라고 하였고, Prentice 등(1983)은 고관절 유연성을 개선하기 위한 정적 신장과 PNF 신장에 대한 비교 연구에서 CR이나 HR을 이용한 PNF 신장 기법이 정적 신장이나 탄도적 신장보다 더욱 효과적이라고 보고하였다.

국내 연구에서 송명수(1995)는 추운동(pendulum exercise)과 같은 일반적인 운동치료보다 CR과 HR 기법이 관절가동범위 증가에 더 효과적임을 보고하였고, 김수민(1995)은 동결견 환자를 대상으로 일반 물리치료(온습포와 초음파)와 능동 보조운동(굴곡/신전, 내전/외전, 내회전/외회전)을 합한 그룹과 HR 기법을 사용한 그룹에 대한 비교 연구에서 HR 기법이 동통 감소와 관절가동범위 증가에 효과가 있다고 하였다. 그리고 임원식(2001)은 동결견 환자를 위한 PNF의 견갑골 패턴과 HR 기법이 관절가동범위 증가와 통증 감소에 효과적이라고 보고하였다. 이명희 등(2008)은 PNF의 CR 기법이 슬괵근 유연성에 미치는 영향에 관한 연구에서 단기간에 환자의 유연성을 증가시키고자 할 때, PNF가 정적, 동적 신장 보다 효과적이라고 하였다.

위의 여러 연구와 같이 신장 방법으로는 PNF 신장이 가장 효과적임을 여러 연구에서 입증되고

있다.

PNF 기법 사이의 비교 연구에서 Markos(1979)는 CR이 HR에 비해 효과적이라고 했으며, Moore와 Hutton(1980) 그리고 Etnyre와 Abraham(1986)은 CRAC 신장 기법이 CR 신장 기법에 비해 효과적이라고 보고했다.

위의 연구에서 처럼 CR과 CRAC 기법이 관절가동범위를 증가시키기에 효율적이라고 보고하고 있다. 그러나 통증이 있는 부위에는 CRdsk CRAC 적용이 곤란함으로 효과는 떨어지지만 HR 기법을 적용할 수 밖에 없기 때문에, 기법을 적용할 때 대상자, 근육 등 다른 요소도 고려해야 한다. 그리고 기법 사이의 효율성을 비교할 수 있는 더 많은 연구가 필요하다.

## 2. 신장 방법에 대한 고려사항

### 1) 반복(Repetition)

PNF 신장 기법을 적용하는 동안 한번 치료에 몇 번의 반복이 효율적인지와 관련되며, Feland 등(2001)의 연구에서 슬괵근에 CR 기법(6초 최대 수의적 수축 후 10초 이완)을 두 번 적용했을 때 고관절 굴곡 각도에서 5도가 증가되었다. da Silva Gama 등(2007)은 슬괵근 유연성을 증가시키기 위해 HR 기법을 1번, 3번, 6번 반복으로 2주간(10번) 적용하였을 때, 1번 반복은 12.3도, 3번 반복은 16.2도, 6번 반복은 16.9도의 변화를 보였다고 보고하였다.

다른 연구에서는 PNF 기법을 한번 반복하는 것만으로도 관절에 따라 약 3도와 9도 사이에서 원하는 범위로 관절가동범위를 증가시킬 수 있으며, 그 이상의 반복에서는 상대적으로 관절가동범위의 증가가 적었다(Etnyre와 Lee, 1988; Lucas와 Koslow, 1984; Moller 등, 1985; Moore와 Hutton, 1980; Feland 등, 2001; Rosenberg 등, 1990).

횟수가 증가할수록 관절가동범위가 증가하지만, 너무 많은 횟수의 반복은 그 효율이 떨어지기 EOfans에 적용 부위와 기법 그리고 목표 관절가동범위에 따라 반복 횟수를 선택해야 한다.

### 2) 빈도(Frequency)

신장 방법 중 빈도는 한 주에 적용하는 횟수를

말하며, Etnyle와 Lee(1988)는 1번 반복, 주 2회, 12주 동안 CRAC 기법을 적용하였을 때, 고관절 굴곡이 21도 증가되었다고 보고하였다.

Wallin 등(1985)은 유연성을 유지하기 위해서는 주 1회의 빈도가 충분하며, 유연성을 더 많이 증가시키기 위해서는 주 3회와 5회의 빈도가 필요하다고 보고하였다. da Silva Gama 등(2007)은 주 3회의 빈도는 주 1회와 6회의 빈도와 비교했을 때 더 나은 즉각적 효과를 보이고, 주 3회와 6회의 빈도는 주 1회 빈도와 비교했을 때 더욱 빠르게 유연성을 획득할 수 있다고 보고하였다. 관절가동범위를 증가시키기 위해 주 2~3회가 필요하며, 유연성을 유지하기 위해서는 주 1회 이상을 지속적으로 실시하여야 한다.

### 3) 중재 기간에 따른 효과

대부분의 연구에서 관절가동범위의 변화는 전체 신장 중재 기간에서 나타났고(Etnyre와 Lee, 1988; Feland, 2001; Rowlands 등, 2003), 관절가동범위에서 가장 큰 변화는 중재 기간의 초기에 나타났다(Etnyre와 Lee, 1988; Rowlands 등, 2003). 예를들면, 6주간 CRAC 기법을 적용하는 동안 초기 3주 후에 고관절 굴곡 각도에서 20도가 증가되었고, 나머지 3주에서 추가적 12도 변화가 나타났다(Rowlands 등, 2003). 이명희 등(2008)은 슬괵근의 유연성을 증가시키기 위하여 3주 동안 CR 기법을 적용하였고, 첫 주간 변화량이 가장 많았고 이것은 다른 기간과 비교했을 때 유의하다고 보고하였다. McCarthy 등(1997)은 경추의 가동범위를 증가시키기 위하여 CR 기법을 1주일간 적용하였다. 신장 기법을 적용하는 일주일 동안은 가동범위가 유의하게 증가하였으나, 신장 기법이 중지한 후에는 증가된 가동범위가 급격히 감소하였다고 보고하였다.

즉, 관절가동범위의 변화는 주로 중재 기간의 초기에 많이 증가되는 것으로 나타났다.

### 4) 길항근의 수축 강도

CR이나 HR의 PNF 기법을 적용할 때 관절가동범위를 증가시키기 위해 길항근의 최대 근수축을 적용해왔다. 그러나 최대 근수축은 지연성 근육통(delayed onset muscle soreness)을 유발하고 부상의 위험성을 증가시킬 수도 있다(Feland와 Marin, 2004).

Holt 등(1995)은 최대 수의적 등척성 근수축(maximum voluntary isometric muscle contraction, MVIC)의 50% 보다 낮은 수축 강도는 최대 수의적 등척성 근수축과 비교했을 때 유연성에서 비슷한 효과를 나타낸다고 보고하였다. Feland와 Marin(2004)은 슬괵근에 적용한 CR 기법에서 MVIC의 20%와 60%는 100%만큼 효율적이라고 하였다. 비록 최대 수축 그룹이 최종적으로 최대 효과를 보였지만 임상적으로 의미 있을 정도는 아니었다.

관절가동범위 증가는 수축 강도에 의존하지 않으므로, 저 강도(MVIC의 20%)는 부상의 위험을 최소화하기 위해 우선적으로 적용되어야 한다(Sharman 등, 2006). 수축 강도를 점진적으로 증가(30%에서 70% MVIC)하는 것이 지속된 강도(50% MVIC)로 적용하는 것보다 관절가동범위 증가에 더욱 효과적이다(Schmitt, 1999). 즉, 길항근의 등척성 수축 강도는 최소 20%를 적용하여야 하며, 중재기간 동안 점진적으로 증가시키는 것이 효과적인 것으로 생각된다.

### 5) 수축 시간

PNF 신장 기법을 적용한 많은 연구에서는 길항근의 수축시간을 3~15초 사이의 시간을 사용하였다(Bonnar 등, 2004; Cornelliuss와 Rauschuber, 1987; Feland 등, 2004; Hardy, 1985; Rowlands 등, 2003; Wallin 등, 1985).

Hardy(1985)는 고관절 가동범위를 증가시키기 위해 0초, 3초, 6초의 수축 시간 동안 CRAC 기법과 CR 기법을 적용하였으며, 6초의 수축 시간을 적용한 CRAC 기법에서 가장 큰 효과를 보고하였고, CR 기법에서는 수축 시간 증가가 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. Nelson과 Cornelius(1991)는 견관절 가동범위를 증가시키기 위해 3초, 6초, 10초의 수축 시간 동안 HRAC 기법을 적용하였으며, 수축 시간 증가가 가동범위를 비율적으로 증가시키지는 않는다고 하였다. Bonnar 등(2004)은 고관절 가동범위를 증가시키기 위해 3초, 6초, 10초의 수축 시간 동안 HR 기법을 적용하였다. 비록 모든 그룹의 가동범위에서 유의한 증가가 나타났으나, 시간 제한과 더욱 짧은 시간에 반응하므로 환자 동기를 부여할 수 있다는 관점에서 3초의 수축 시간이 임상가에게 효율적인 선택이라고 하였다.

위의 연구 결과로 볼 때, 수축 시간은 기법에 따라 차이가 있으나 3초 이상이 필요한 것으로 사료되며, 환자의 상태가 고려되어야 한다.

#### 6) 길항근의 정적 신장 시간

기법을 한번 적용한 후 지절을 다시 끝 범위로 움직여서 정적신장을 유지한다. 이 때 필요한 시간은 일반적인 정적 신장과 유사하기 때문에, 정적 신장에 관한 여러 연구 결과들을 적용하는 것이 가능하다(Sharman, 2006). Bandy 등(1994)은 슬괵근에 15초, 30초, 1분간 정적 신장을 적용한 연구에서 하루에 한번, 30초 신장이 관절가동범위를 증가시키기에 가장 효율적이라고 보고하였다. Borms 등(1987)은 고관절 유연성을 증가시키기 위해 10초, 20초, 30초간 정적 신장을 적용한 연구에서, 적용 시간 사이의 유연성 개선은 유의한 차이가 없었으며, 10초는 유연성을 개선하기에 충분하다고 보고하였다.

PNF 기법에서 정적 신장 시간 사이의 효과를 비교한 연구는 없으며, CR 혹은 HR 기법 적용시 5초에서 10초 사이의 신장 시간을 적용하는 것이 일반적이다(Ferber 등, 2002; Mitchell 등, 2007; Spornoga 등, 2001; Yuktasir와 Kaya, 2009).

#### 7) 주동근의 등장성 수축

환자가 저항에 대항하여 주동근을 수축시켜 길항근을 상반 억제함으로 관절가동범위를 더욱더 증가시킬 수 있다(Etnyre와 Abraham, 1986; Ferber 등, 2002; Cornelius와 Hinson, 1980; Osternig 등, 1990). 그러나 주동근의 등장성 수축 강도와 관절가동범위 증가 사이의 관련성에 관한 연구가 없기에 대한 연구가 필요한 실정이다.

### III. 결 론

PNF 신장 방법이 다른 신장 방법보다 관절가동범위를 증가시키기 위해 효율적인 방법임을 많은 연구들이 보고하였다. PNF 기법 중에서는 CR 기법이 효과적이고, 주동근 수축이 포함된 기법인 CRAC가 더욱 효과적이다. 그러나 대부분의 연구에서 표준화된 신장 기법을 동일한 근육에 적용하여 비교 연구한 것은 아니므로 더 많은 연구가 필

요하다. 그러므로 대상자, 근육 등에 따라 적절한 기법과 방법을 선택해야 하며, 신장 기법을 적용할 때 임상가의 주의가 필요할 것이다.

### 참 고 문 헌

- 김수민. 동결건 환자에 대한 유지-이완 기법과 관절가동범위 운동의 비교. 대구대학교 재활과학대학원 석사 논문 1994.
- 송명수. 오십견 환자에 있어서 고유수용성신경근 촉진법과 일반적인 운동치료의 효과에 대한 비교연구. 대한물리치료사학회지 2(2);23-30, 1995.
- 이명희, 박민철, 배성수. 고유수용성 신경근 촉진법의 수축-이완기법이 슬괵근 유연성에 미치는 영향. 대한고유수용성신경근촉진법학회 6(1);13-20, 2008.
- 이형수, 조병모. PNF, PIC, MET 신장 기법의 효과에 대한 문헌적 고찰. 한국사회체육학회지 23; 379-390, 2005.
- 임원식, 신형수, 김인섭 등. 동결건 환자를 위한 PNF의 견갑골쇄턴과 유지-이완기법 적용이 관절가동범위와 통증에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 14(1);15-26, 2002.
- 장정훈 등, 운동치료 총론. 영문출판사, 180, 199-200, 2005.
- 장정훈, 정동혁, 박래준. 스포츠 물리치료에서의 스트레칭의 개념 및 발달과정. 대한물리치료학회지 14(4);317-331, 2002.
- Bandy WD, Irion JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. Physical Therapy 74(9);845-850, 1994.
- Bonnar B, Deivert R, Gould T. The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. Journal of sports medicine and physical fitness 44(3);258-261, 2004.
- Borms J, Van Roy P, Santens JP, et al. Optimal duration of static stretching exercises for improvement of coxo-femoral flexibility. Journal of sports sciences 5(1);39-47, 1987.
- Cornelius WL, Rauschuber MR. The relationship between isometric contraction durations and improvement in acute hip joint flexibility. The

- Journal of Strength & Conditioning Research 1(3):39, 1987.
- Cornelius WL, Hinson MM. The relationship between isometric contractions of hip extensors and subsequent flexibility in males. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 20(1):75–80, 1980.
- da Silva Gama ZA, de Souza Medeiros CA, Dantas AVR, et al. Influence of the stretching frequency using proprioceptive neuromuscular facilitation in the flexibility of the hamstring muscles. *Rev Bras Med Esporte* 13(1):27–31, 2007.
- Davis DS, Ashby PE, McCale KL, et al. The effectiveness of 3 Stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 19(1):27, 2005.
- Etnyre BR, Lee EJ. Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Research quarterly for exercise and sport* 59(3):222–228, 1988.
- Etnyre BR, Abraham LD. Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *American journal of physical medicine* 65(4):189–196, 1986.
- Fasen JM, O'Connor AM, Schwartz SL, et al. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 23(2):660, 2009.
- Feland JB, Myrer J, Merrill R. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical Therapy in Sport* 2(4):186–193, 2001.
- Feland J, Marin H. Effect of submaximal contraction intensity in contract–relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *British medical journal* 38(4):e18, 2004.
- 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* 12(5):391–397, 2002.
- Funk DC, Swank AM, Mikla BM, et al. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: A comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 17(3):489, 2003.
- Hanten WP, Chandler SD. Effects of myofascial release leg pull and sagittal plane isometric contract–relax techniques on passive straight–leg raise angle. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 20(3):138–144, 1994.
- Hardy L. Improving active range of hip flexion. *Research quarterly for exercise and sport* 56(2):111–114, 1985.
- Hardy L, Jones D. Dynamic flexibility and proprioceptive neuromuscular facilitation. *Research quarterly for exercise and sport* 57(2):150–153, 1986.
- Holt LE, Campagna PD, Pel Ham TW. Hemodynamics during a machine–aided flexibility protocol. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 20(4):407–416, 1995.
- Lucas RC, Koslow R. Comparative study of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques on flexibility. *Perceptual and motor skills* 58(2):615–618, 1984.
- Markos PD. Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on hip motion and electromyographic activity. *Physical Therapy* 59(11):1366–1373, 1979.
- McCarthy P, Olsen J, Smeby I. Effects of contract–relax stretching procedures on active range of motion of the cervical spine in the transverse plane. *Clinical Biomechanics* 12(2):136–138, 1997.
- 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* 16(2):85–92, 2007.
- Möller M, Ekstrand J, Oeberg B, et al. Duration of stretching effect on range of motion in lower extremities. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 66(3):171–173, 1985.
- Moore MA, Hutton RS. Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 12(5):

- 322, 1980.
- Moore MA, Kukulka CG. Depression of hoffmann reflexes following voluntary contraction and implications for proprioceptive neuromuscular facilitation therapy. *Physical Therapy* 71(4):321, 1991.
- Nelson KC, Cornelius WL. The relationship between isometric contraction durations and improvement in shoulder joint range of motion. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 31(3): 385–388, 1991.
- 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* 11(2):136–145, 2006.
- Osternig LR, Robertson RN, Trowel RK, et al. Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 22(1):106, 1990.
- Prentice W. A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athletic training* 18(1):56–59, 1983.
- Rosenberg BS, Cornelius WL, Jackson AW. The effects of cryotherapy and PNF stretching techniques on hip extensor flexibility in elderly females. *Journal of Physical Education and Sport Sciences* 2(2):31–36, 1990.
- 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* 74(1):47–51, 2003.
- Sady SP, Wortman M, Blanke D. Flexibility training: Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 63(6):261–263, 1982.
- Schmitt G, Pelham T, Holt L. A comparison of selected protocols during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Clinical Kinesiology* 53:16–21, 1999.
- Schuback B, Hooper J, Salisbury L. A comparison of a self-stretch incorporating proprioceptive neuromuscular facilitation components and a therapist-applied PNF-technique on hamstring flexibility. *Physiotherapy* 90(3):151–157, 2004.
- Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: Mechanisms and clinical implications. *Sports Medicine* 36(11):929–939, 2006.
- Shellock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports medicine* 2(4):267–278, 1985.
- Spernoga SG, Uhl TL, Arnold BL, et al. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *Journal of Athletic training* 36(1):44, 2001.
- Tanigawa MC. Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Physical Therapy* 52(7):725–735, 1972.
- Taylor DC, Brooks DE, Ryan JB. Viscoelastic characteristics of muscle: Passive stretching versus muscular contractions. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29(12):1619, 1997.
- Voss DE, Ionia MK, Myers BJ. *Proprioceptive neuromuscular facilitation*, 3rd ED, Philadelphia, 1985.
- Wallin D, Ekblom B, Grahn R, et al. Improvement of muscle flexibility: A comparison between two techniques. *The American Journal of Sports Medicine* 13(4):263, 1985.
- Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. Stretching: Mechanisms and benefits for sport performance and injury prevention. *Physical Therapy Reviews* 9(4):189–206, 2004.
- 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 & Movement Therapies* 13(1):11–21, 2009.