

## 고유수용성신경근축진법의 치료적 근거는?

우영근<sup>†</sup>

전주대학교 의과대학 물리치료학과

### Is There Therapeutic Evidence for PNF?

Young-Keun Woo<sup>†</sup>

*Department of Physical Therapy, College of Medical Sciences, Jeonju University*

Received: April 30, 2014 / Revised: June 17, 2014 / Accepted: June 18, 2014

© 2014 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:** This study aimed to review articles related to PNF and easily provide information to readers who have difficulty reading papers or using PNF in clinics without a background in statistical knowledge.

**Methods:** We used PubMed to collect papers on international studies and we conducted a search on April 28, 2014. Keywords used for the PubMed search were “PNF” and “Proprioceptive Neuromuscular Facilitation”. The search results identified 765 papers that had been published since 1954. To target the papers for review, we selected 66 papers, excluding papers that were not published in online journals and papers that were written in a second language.

**Results:** The reviewed papers consisted of studies that addressed basic principles and procedures, combined with other interventions, including PNF stretching concepts, and other diseases with PNF concepts. The articles related to basic procedures and principles reported on optimal contraction intensity, patterns, and irradiation. The articles related to stretching and strengthening reported on stretching the hamstring muscles in healthy subjects, in combination with other interventions such as neuromobilization, clinical massage, kinesio taping, and water immersion. The articles related to specific diseases reported on stroke, low back pain, athletic injury, total knee replacement, etc.

**Conclusion:** In the 66 articles reviewed for this study, there was little evidence that PNF has therapeutic value. However, in future research on the application of PNF, investigators could conduct a more in-depth analysis of this topic and present more objective and useful information on the therapeutic benefits of PNF.

**Key Words:** Evidence-based practice, PNF, PubMed

<sup>†</sup>Corresponding Author : Youngkeun Woo (ptwoo@jj.ac.kr)

## I. 서론

고유수용성 신경근 축진법(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, PNF)은 1940년대 신경학자인 Kabat 박사와 물리치료사인 Margare Knott의해 시작되었으며, 그 후 물리치료사인 Dorothy Voss가 팀에 합류하면서 좀 더 능동적으로 발전되어 오고 있는 물리치료학 분야의 대표적인 치료적 접근 방법이다. PNF는 철학과 치료적 개념을 가지고 있으며, PNF의 철학과 개념은 시간이 지남에도 변함없이 적용되고 있으며, 현재까지도 계속해서 성장하고 있다(Adler et al., 2014). 초기 PNF 발전 당시 대부분의 치료 대상은 다발성 경화증과 소아마비 환자를 대상으로 치료하였으나, 지속적인 치료적 접근방법의 연구와 경험을 바탕으로 현재는 신경학적 문제를 가진 환자뿐만 아니라 근골격계 문제를 가진 환자를 위해 사용되고 있으며, Sue Adler는 현재의 국제PNF협회(International PNF Association)의 강사(Instructor) 교육과정을 기획하여 현재까지 많은 물리치료사들에게 PNF 교육을 하는데 공헌을 하였다(Dorothy, 1985).

하지만, 1990년 미국물리치료사협회의 신경분과와 소아분과의 주최로 열린 “The II STEP Conference”에서 중추신경계 손상환자의 운동조절 장애를 치료하는 접근법들에 대한 토의 결과, 운동 조절의 반사이론과 수직계층 이론보다는 시스템 이론을 적용한 과제 지향 접근법에 대한 관심을 보였으며, 운동조절 문제들을 치료하기 위해 특별한 운동치료들이 발달해 있는 현실에서 치료접근법에 관한 가장 안전한 결론은 여러 시행 되는 치료접근들이 환자의 기능적인 결과에 해로운 것이 아니라는 것과 특정한 치료방법이 다른 치료방법에 비해 우수하다는 충분한 증거는 없다고 하였다(Lister, 1991). 또한, 그 후 열린 III STEP Conference에서는 임상적 적용을 위한 기초 과학의 적용과 근거 제시에 대한 강조를 하였다(Kleim, 2006).

우리나라의 PNF는 1994년 대한PNF학회가 설립되고, 꾸준히 발전되어오고 있으며, 2002년 3월7일 보건복지부 고시 제2002 - 13호에서 요양급여의 적용 기준

및 방법에 관한 세부 사항 개정을 발표한 후, 더욱더 급속한 발전을 이루어지고 있다. 또한, 대한PNF학회에서는 2003년부터 매년 PNF의 치료적 근거와 관련된 연구 논문을 게재함으로써, 그 치료적 근거를 제시하고자 노력하고 있다. 하지만, 우리나라 물리치료의 발전과 학제 개편, 그리고 물리치료학 전공 대학원의 설립과 운영에 따른 효과적이며 수준 높은 근거 제시의 문제가 공존하면서 PNF의 치료적 근거에 대한 많은 의문점을 제시되고 있다. 따라서 이번 문헌 고찰을 통하여 PNF의 치료적 근거를 제시하고, 게재된 논문들의 고찰을 좀 더 쉽게 접근하여, 연구 논문의 통계적 지식이 없어도 쉽게 이해할 수 있도록 제시하고자 하였으며, 또한 국제적으로 인정받고 있는 학술지를 중심으로, 그리고 쉽게 검색할 수 있는 연구 논문들을 중심으로 PNF의 치료적 접근에 대한 연구 논문을 고찰하고자 하였다.

## II. 본론

### 1. 검색 및 대상 논문 선정

PNF와 관련된 외국 연구 논문 수집을 위하여 Medical Literature Analysis and Retrieval System Online, MEDLINE)의 PubMed를 사용하였다. MEDLINE은 미국 국립의 학도서관의 생의학 관련의학 문헌의 종합 데이터베이스로서, 최대 약 4,600여 저널의 1,200만개 연구 논문을 무료로 검색할 수 있는 PubMed를 사용하였다(Yi, 2007). 주제는 “PNF”, “Proprioceptive Neuromuscular Facilitation”으로 검색하였으며, 검색 일은 2014년 4월28일 기준으로 하였으며, 최초 게재된 논문인 1954년 이었다. 검색 결과 PNF로 765편이 검색되었으며, Proprioceptive Neuromuscular Facilitation으로는 182편이 검색되었으며, 대부분의 논문은 Proprioceptive Neuromuscular Facilitation으로 검색한 연구 논문과 중복되었으며, 다른 분야에서 약어로 쓰는 연구 논문은 배제하고 추가로 4편의 PNF 논문이 검색되어 추가하였다. 두 개의 단어로 검색한 총 186편의 연구 논문 중 Proprioceptive Neuromuscular

Facilitation의 내용을 주요 제목으로 하지 않는 연구 논문 77편은 배제하였고, 23편의 연구 논문은 전자저널을 제공하지 않아 제외였으며, 고찰 논문으로 쓰여진 13편을 배제하였다. 그리고, 제2외국어(프랑스어, 폴란드어, 이탈리아어, 독일어, 스페인어)로 쓰여진 연구 논문 7편도 배제하였다. 따라서, 본 고찰 대상으로 선정한 연구 논문은 총 66편으로 선정하였다. 고찰 대상으로 선정한 연구 논문 66편은 PNF의 주요 구성요소로 구분하려 하였다. 연구 논문을 구분하는 과정에서 유사 주제로 묶어 특정 구성요소로 구분할 수 있는 경우는 구분하였으며, 특정 구성요소가 많거나 특정 요소로 구분하기 힘든 경우는 따로 구분하지 않았다. 총 66편의 연구 논문은 PNF의 주요 구성요소인 기본 원리와 절차와 관련된 연구 논문 12편, 다른 치료적 중재와 조합하여 PNF를 연구한 논문 4편, 신장과 근육 수행능력을 조합한 연구 논문 14편, 신장을 중점적으로 연구한 논문 17편, 그리고 기타 분류로 포함된 연구 논문 19편이었다.

2. PNF의 기본 절차와 원리

고찰 대상의 66편의 연구 논문 중 12편을 PNF의 주요 구성 요소 중 기본절차와 원리에 포함시켰다. 본 분류에 포함된 논문은 주요 핵심단어를 선정하여

분류하였으며, 이 분류에 따라 최적의 수축 강도에 대한 연구 논문이 2편, 패턴 6편, 방산 3편과 패턴과 방산 1편을 포함하였다. PNF의 초기 개발 당시 최대 저항이라는 용어를 사용하였으나, 그 후 최적의 저항으로 변화하였다. Sheard 등(2009)과 Peter 등(2010)의 연구에서는 이러한 최적의 저항과 관련된 주제를 연구하였으며, 최대 저항보다는 대상자의 상황에 맞는 저항을 주어야 된다고 제시하였다. 또한, 패턴과 관련된 연구 대부분에서는 상지 패턴의 근육 활성도를 중점적으로 연구하였으며, 연구 결과 상지 패턴의 움직임 구성의 적절성 및 효율성을 제시하였다. 그리고, 방산과 관련하여 체간 훈련을 이용한 방산과 상지를 이용한 방산의 훈련 및 근육 활성도를 특성을 연구하여, 방산이 발생한다는 것을 보여주었다. 또한, 이러한 방산의 효과를 패턴과 연결하여 중추신경계의 자극을 줄 수 있다고 제시하였다(Table 1).

3. 신장과 근력 강화

고찰 대상의 연구 논문 중 14편이 신장과 근력 강화와 관련된 연구 논문이었다. 이들 논문의 대부분은 관절 가동 범위 증가를 위하여 추천될 수 있는 신장 방법을 PNF 신장 또는 수축-이완 기법 등의 이름을 사용하여 효율성을 제시하였다. 하지만, 근력과의 연

Table 1. Articles related with basic procedures and principles

Author (s)	Key Words	Reference	Published (yr)
Sheard, et al.	Optimal contraction intensity	<i>Man Ther</i>	2009
Peter W, et al.	Optimal contraction intensity	<i>J Strenth Cond Res</i>	2010
Sullivan, et al.	Patterns	<i>Phys Ther</i>	1980
Blakely, et al.	Patterns	<i>Phys Ther</i>	1986
Shimur, et al.	Patterns	<i>Hum Mov Sci</i>	2002
Witt, et al.	Patterns	<i>Int J Sports Phys Ther</i>	2011
Youdas, et al.	Patterns	<i>J Strength Cond Res</i>	2012
Lee, et al.	Patterns	<i>J Phys ther Sci</i>	2014
Pink, et al.	Irradiation	<i>Phys Ther</i>	1981
Gontijo, et al.	Irradiation	<i>Rehabil Res Pract</i>	2012
Yoo, et al.	Irradiation	<i>J Phys ther Sci</i>	2013
Fujita, et al.	Patterns / Irradiation	<i>Tohoku J Exp Med</i>	1986

Table 2. Articles related with stretching and strengthening

Author (s)	Subjects	Reference	Published (yr)
Marek, et al.	Healthy subjects	<i>J Athl Train</i>	2005
Christensen, et al	Healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2008
Pacheco, et al.	Healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2011
Kofotolis, et al.	Healthy male subjects	<i>Br J sports Med</i>	2005
Yuktasir, et al.	Healthy male subjects	<i>J body Mov The</i>	2009
Barroso, et al.	Healthy male subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2012
Miyahara, et al.	Healthy male subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2013
Place, et al.	Healthy male subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2013
Keese, et al.	Healthy male subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2013
Reis Eda, et al.	Healthy male subjects	<i>Clin Physiol Funct Imaging</i>	2013
Kirmizigil, et al.	Healthy male subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2014
Rees, et al.	Healthy female subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2007
Manoel, et al.	Healthy female subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2008
Higgs, et al.	Healthy female subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2009
Areas, et al.	Healthy femail subjects	<i>Braz J Phys Ther</i>	2013

관성에 대하여는 여전히 논란이 되고 있다고 한다. 또한, 이들 논문의 대부분은 운동선수 또는 정상인을 대상으로 하여, 연구 논문의 많은 제한성을 보여주기도 하였다. 하지만, Areas 등(2013)의 연구는 다른 연구 논문의 근력과 다르게 호흡계 근육의 근력강화와 관련된 연구를 하였으며, 이를 통해 호흡기계 근력이 감소된 만성 심폐질환자를 위하여 유용하게 사용될 수 있다고 추천하였다. 하지만, Kirmizigil 등(2014)의 연구에서는 PNF의 신장 기법 후에 수직성 점프 능력이 감소하여, 수직성 점프 능력에서는 탄성 신장(ballistic stretching)이 더욱 적합하다고 하였다(Table 2).

#### 4. 신장

고찰 대상의 연구 논문 중 17편이 신장을 중점적으로 연구한 논문이었다. 이들 논문의 대부분은 앞에서 언급한 신장과 근력강화와 같이 관절 가동 범위를 증가를 위하여 추천될 수 있는 신장 방법을 PNF의 신장 기법을 사용할 수 있다고 제시하였다(Table 3). Feland 등(2004)는 수축 이완 기법지 최대 수축을 사용하는 것보다 최대하 수축을 유용성을 제시하였으며, Azevedo

등(2011)은 경우는 주관절 굽힘근의 수축을 이용하여, 슬괵근의 신장 효과도 보여주었다. Gonzalet-Rave 등(2012)의 연구에서는 노인들을 대상으로 고관절과 견관절을 통한 신장의 효과를 보여주었지만, 견관절에서는 특이한 차이를 입증하지는 못하였다. 또한, Larsen 등(2013)의 연구에서는 신장 기법의 적용 시 냉의 사용이 더욱 효과적이라고 제시하였다.

#### 5. 다른 치료적 중재와의 조합

Burke 등(2001)의 연구에서는 냉침수와 온침수에 따른 PNF 적용을 정상 성인의 슬괵근에 적용한 결과, 냉침수 또는 온침수는 별다른 효과를 보여주지 않았다. Wolny 등(2010)의 연구에서는 PNF의 같이 실시한 신경가동술은 뇌졸중 환자의 이점식별력, 접촉각각과 입체감각에 대한 치료에 효과적이라고 보고하였다. Trampas 등(2010)의 연구에서는 PNF와 같이 실시한 교차 섬유 마찰 마사지가 근막동통점에 대한 치료에 효과적이라고 보고하였다. Choi 등(2014)등의 연구에서는 PNF와 키네시오 테이핑을 뇌졸중 환자에게 적용하여 하지 기능의 효과적으로 작용할 수 있음을 보고하였다(Table 4).

Table 3. Articles related with stretching

Author (s)	Region / Subjects	Reference	Published (yr)
Cornelius, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>J Athl Train</i>	1992
Youdas, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>Physiother Theory Pract</i>	2010
Puentedura, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>Phys Ther Sport</i>	2011
Ferber, et al.	Hamstring / older adults	<i>J Electromyogr kinesiol</i>	2002
Azevedo, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>Phys Ther Sport</i>	2011
Mahieu, et al.	Calf / healthy subjects	<i>Scand J Med Sci Sports</i>	2009
Feland, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>Br J Sports Med</i>	2004
Gonzalez-Rave, et al.	Hip & Shoulder / older adults	<i>J Strength Cond Res</i>	2012
Maddigan, et al	Hamstring / healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2012
Chen, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>J Sport Rehabil</i>	2013
Moyano, et al.	Retropatellar pain	<i>Clin Rehabil</i>	2013
Larsen, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2013
Wicke, et al.	Hip, Back, Shoulder / healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2014
Minshull, et al.	Hamstring / healthy subjects	<i>Eur J Sport Sci</i>	2014
Konrad, et al.	Calf / healthy subjects	<i>Scand J Med Sci Sports</i>	2014
Lim, et al.	Hamstring	<i>J Phys Ther Sci</i>	2014

6. 다양한 질환의 적용 가능성 관련

PNF의 적용은 일반적으로 근골격계 환자뿐만 아니라 신경계 질환의 환자를 치료하는 것으로 알려져 있지만, PNF 적용으로 인하여 특이 질환 또는 특정한 연구를 한 보고들이 오래전부터 제시되어오고 있다. Moore 등(1992)의 연구에서는 비록 정상인이지만 호프만 반사를 통해 다른 연구와의 접목성을 제시하였으며, Pereira 등(2012)등의 연구에서는 PNF의 적용이 노인에서 혈압을 증가시키지는 않는다는 점을 강조하였으며, Hwang 등(2013)의 연구에서는 상지에 발생한 림프종에 적용한 PNF가 좀 더 효과적인 부종 감소를 보여주었다고 하였으며, Czyzewski 등(2013)의 연구에

서는 절장 수술 후 시행한 물리치료방법을 PNF를 적용하여 독립성과 입원기간의 단축을 보여주었다(Table 5).

7. 제한점

본 고찰에서 체계적인 고찰과정에서 사용하는 메타 분석(Meta Analysis)과 같은 통계적 기법을 사용하지 않았다. 메타 분석의 경우 근거 중심의학에서 많은 수의 논문의 특성 등을 고려하여, 심층적인 분석을 통해 정보를 제시하는 장점이 있지만, 각 논문들의 연구 방법 등을 종합하는데 있어서 연구 결과를 구분하기 힘든 단점도 있으며, 통계 분석된 결과를 해석하는데 있어 통계적 지식이 없는 독자에게 어려움을 줄 수도 있다. 또한, 본 고찰에서 사용된 PNF 논문들의

Table 4. Articles combined with other intervention

Author (s)	Combined intervention	Reference	Published (yr)
Burke, et al	Hot or cold water immersion	<i>J Athl Train</i>	2001
Wolny, et al.	Neuromobilization	<i>Clin Rehabil</i>	2010
Trampas, et al.	Clinical massage	<i>Phys Ther Sport</i>	2010
Choi, et al	Kinesio taping	<i>J Phys Ther Sci</i>	2013

Table 5. Articles related specific diseases

Author (s)	Topics / Disorders	Reference	Published (yr)
Nakamura, et al.	Spinocerebellar degeneration	<i>Tohoku J Exp Med</i>	1986
Moore, et al.	Hoffmann reflexes	<i>Phys Ther</i>	1991
Wang, et al.	Walking / Stroke	<i>Phys Ther</i>	1994
Surburg, et al.	Athletic injury	<i>J Athl Train</i>	1997
Yigiter, et al.	Trans-femoral amputee	<i>Prosthet Orthot Int</i>	2002
Kofotolis, et al.	Chronic low back pain	<i>Phys Ther</i>	2006
Namura, et al.	Orthodontic patients	<i>J Oral Sci</i>	2008
Caplan, et al.	Running / Healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2009
Ryan, et al.	Posutral stability / Healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2010
Streepey, et al.	Position sense / Healthy subjects	<i>J Strength Cond Res</i>	2010
Chow, et al.	Total knee replacement	<i>Clin Rehabil</i>	2010
Khamwong, et al.	Muscle damage after eccentric exercise	<i>J Body Mov Ther</i>	2011
Pereira, et al.	Blood pressure / Elderly women	<i>Physiother Theory Pract</i>	2012
El-Tamawy, et al.	Walking / Parkinson's disease	<i>Ann Indian Acad Neurol</i>	2012
Lee, et al.	Myofascial pain syndrome	<i>J Phys Ther Sci</i>	2013
Hwang, et al.	Lymphoma	<i>J Phys Ther Sci</i>	2013
Ribeiro, et al.	Walking / Stroke	<i>Eur J Phys Rehabil Med</i>	2013
Czyzewski, et al.	Colon surgery	<i>Pol Przegl Chir</i>	2013
Britto, et al.	Myelopathy/tropical spastic paraparesis	<i>Rev Soc Bras Med Trop</i>	2014

경우, 연구자들이 적용한 PNF 기법에 대한 기술이 부족하기 때문에 구체적인 PNF 접근 방법에 대한 정보가 부족할 수 있다는 것이다. 하지만, 처음 PNF를 접하는 독자나 PNF에 대한 연구 논문을 어떻게 찾아야 하는지에 대한 어려움을 가진 독자에게 쉽게 접근할 수 있도록 구성하려고 노력함에 따라 각 문헌에 대한 깊이 있는 정보를 제시하지 못한 아쉬움이 있다.

으며, 향후 좀 더 많은 정보를 필요로 할 경우 쉽게 참고문헌을 검색할 수 있도록 구성하였다. 고찰 결과, PNF의 근거가 부족하거나 없다고 단정 지을 수는 없으며, 다만 PNF의 올바른 적용에 대한 부분을 고려하고, 향후 유사한 논문들을 모아서 좀 더 깊이 있는 해석을 위하여, 특별한 통계 기법을 적용하여 고찰을 제시한다면 좀 더 객관적이며 유용한 근거를 제시할 것으로 사료된다.

### III. 결론

본 연구는 PNF에 대한 지식이 미흡하거나 논문에 대한 어려움을 가지고 있는 치료사들에게 쉽게 접근할 수 있도록 어려운 통계지식을 사용하지 않고 PNF와 관련된 문헌들에 대한 고찰을 시도하려고 하였다. 본 고찰에 사용된 PNF 논문들은 대부분에 대한 질의 검증보다는 PNF를 다룬 내용에 초점을 두고 기술하였

### 참고문헌

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice. 4th ed., Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. 2014.
- Areas GP, Borghi-Silva A, Lobato AN, et al. Effect of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation combined with elastic resistance bands on respiratory

- muscle strength: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2013;17(6): 541-546.
- Azevedo DC, Melo RM, Alves Correa RV, et al. Uninvolved versus target muscle contraction during contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Physical Therapy in Sport*. 2011;12(3):117-121.
- Barroso R, Tricoli V, Santos Gil SD, et al. Maximal strength, number of repetitions, and total volume are differently affected by static-, ballistic-, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012;26(9): 2432-2437.
- Blakely RL, Palmer ML. Analysis of shoulder rotation accompanying a proprioceptive neuromuscular facilitation approach. *Physical Therapy*. 1986;66(8):1224-1227.
- Britto VL, Correa R, Vincent MB. Proprioceptive neuromuscular facilitation in HTLV-I-associated myelopathy/tropical spastic paraparesis. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 2014;47(1):24-29.
- Burke DG, Holt LE, Rasmussen R, et al. Effects of hot or cold water immersion and modified proprioceptive neuromuscular facilitation flexibility exercise on hamstring length. *Journal of Athletic Training*. 2001; 36(1):16-19.
- Caplan N, Rogers R, Parr MK, et al. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretch training on running mechanics. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009;23(4):1175-1180.
- Chen CH, Huang TS, Chai HM, et al. Two stretching treatments for the hamstrings: proprioceptive neuromuscular facilitation versus kinesio taping. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2013;22(1):59-66.
- Choi YK, Nam CW, Lee JH, et al. The effects of taping prior to PNF treatment on lower extremity proprioception of hemiplegic patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(9):1119-1122.
- 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.
- Christensen BK, Nordstrom BJ. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching techniques on vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008;22(6): 1826-1831.
- Cornelius WL, Hands MR. The effects of a warm-up on acute hip joint flexibility using a modified PNF stretching technique. *Journal of Athletic Training*. 1992;27(2): 112-114.
- Czyzewski P, Szczepkowski M, Domaniecki J, et al. Physiotherapy based on PNF concepts for elderly people after conventional colon surgery. *Polish Journal of Surgery*. 2013;85(9):475-482.
- Dorothy EV, Marjorie KI, Beverly JM. *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation*. 3rd ed. Philadelphia. Harper & Row. 1985.
- El-Tamawy MS, Darwish MH, Khallaf ME. Effects of augmented proprioceptive cues on the parameters of gait of individuals with Parkinson's disease. *Annals of Indian Academy of Neurology*. 2012;15(4):262-272.
- Feland JB, Marin HN. Effect of submaximal contraction intensity in contract relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *British Journal of Sports Medicine*. 2004;38(4):e18.
- Ferber R, Ostermiq L, Gravelle D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography & Kinesiology*. 2002;12(5):391-397.
- Fujita M, Nakamura R. The effect of PNF position of the upper extremity on rapid knee extension. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 1986;150(1):

- 31-35.
- Gontijo LB, Pereira PD, Neves CD, et al. Evaluation of strength and irradiated movement pattern resulting from trunk motions of the proprioceptive neuromuscular facilitation. *Rehabilitation Research and Practice*. 2012;2012:1-6.
- Gonzalez-Rave JM, Sanchez-Gomez A, Santos-Garcia DJ. Efficacy of two different stretch training programs (passive vs. proprioceptive neuromuscular facilitation) on shoulder and hip range of motion in older people. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012;26(4):1045-1051.
- Higgs F, Winter SL. The effect of a four-week proprioceptive neuromuscular facilitation stretching program on isokinetic torque production. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009;23(5):1442-1447.
- Hwang O, Ha K, Choi S. The effects of PNF techniques on lymphoma in the upper limbs. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(7):839-841.
- Jeffrey KA. III STEP: A basic scientist's perspective. *Physical Therapy*. 2006;86(5):614-617.
- Keese F, Farinatti P, Massaferrri R, et al. Acute effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the number of repetitions performed during a multiple set resistance exercise protocol. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(11):3028-3032.
- Khamwong P, Pirunsan U, Paungmaili A. A prophylactic effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on symptoms of muscle damage induced by eccentric exercise of the wrist extensors. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2011;15(4):507-516.
- Kirmizingil B, Ozcaldiran B, Colakoglu M. Effects of three different stretching techniques on vertical jumping performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014;28(5):1263-1271.
- Kofotolis N, Vrabas IS, Vamvakoudis E, et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation training induced alterations in muscle fibre type and cross sectional area. *British Journal of Sports Medicine*. 2005;39(3):e11.
- Kofotolis N, Kellis E. Effects of two 4-week proprioceptive neuromuscular facilitation programs on muscle endurance, flexibility, and functional performance in women with chronic low back pain. *Physical Therapy*. 2006;86(7):1001-1012.
- Konrad A, Gad M, Tilp M. Effect of PNF stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2014; doi:10.1111/sms.12228
- Larsen CC, Troiano JM, Ramirez RJ, et al. Effects of crushed ice and wetted ice on hamstring flexibility after PNF stretching. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; doi:10.1519/JSC.0000000000000340.
- Lee CW, Hwangbo K, Lee IS. The effects of combination patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation and ball exercise on pain and muscle activity of chronic low back pain patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014;26(1):93-96.
- Lee Jh, Park SJ, Na SS. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation therapy on pain and function. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(6):713-716.
- Lim KI, Nam HC, jung KS. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014;26(2):209-213.
- Lister MJ. Contemporary management of motor control problems: Proceedings of II STEP conference. Alexandria. Foundation of Physical Therapy. 1991.
- Maddigan ME, Peach AA, Behm DG. A comparison of assisted and unassisted proprioceptive neuromuscular facilitation techniques and static stretching. *The*



- Journal of Strength and Conditioning Research.* 2012;26(5): 1238-1244.
- Mahieu NN, Cools A, De Wilde B, et al. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 2009;19(4): 553-560.
- Manoel ME, Harris-Love MO, Danoff JV, et al. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 2008;22(5):1528-1534.
- Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, et al. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *Journal of Athletic Training.* 2005;40(2):94-103.
- Minshull C, Eston R, Bailey A, et al. The differential effects of PNF versus passive stretch conditioning on neuromuscular performance. *European Journal of Sport Science.* 2014;14(3):233-241.
- Miyahara Y, Naito H, Ogura Y, et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and static stretching on maximal voluntary contraction. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 2013;27(1):195-201.
- Moore MA, Kukulka CG. Depression of Hoffmann reflexes following voluntary contraction and implications for proprioceptive neuromuscular facilitation therapy. *Physical Therapy.* 1991;71(4):321-333.
- Moyano FR, Valenza MC, Martin LM, et al. Effectiveness of different exercises and stretching physiotherapy on pain and movement in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation.* 2013;27(5):409-417.
- Nakamura R, Kosaka K. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on EEG activation induced by facilitation position in patients with spinocerebellar degeneration. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine.* 1986;148(2):159-161.
- Namura M, Motoyoshi M, Namura Y, et al. The effects of PNF training on the facial profile. *Journal of Oral Science.* 2008;50(1):45-51.
- Pacheco L, Balias R, Aliste L, et al. The acute effects of different stretching exercises on jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 2011;25(11):2991-2998.
- Pink M. Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Physical Therapy.* 1981;61(8):1158-1162.
- Pereira MP. Proprioceptive neuromuscular facilitation does not increase blood pressure of healthy elderly women. *Physiotherapy Theory and Practice.* 2012;28(5): 412-416-4.
- Place N, Blum Y, Armand S, et al. Effects of a short proprioceptive neuromuscular facilitation stretching bout on quadriceps neuromuscular function, flexibility, and vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 2013;27(2):463-470.
- Puentedura EJ, Huijbrechts PA, Celeste S, et al. Immediate effects of quantified hamstring stretching: Hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport.* 2011;12(3):122-126.
- Reis Eda F, Pereira GB, de Sousa NM, et al. Acute effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching on maximal voluntary contraction and muscle electromyographical activity in indoor soccer players. *Clinical Physiology and Functional Imaging.* 2013;33(6):418-422.
- Ress SS, Murphy AJ, Watsford ML, et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on stiffness and force-producing characteristics of the ankle in active women. *The Journal of Strength*

- and Conditioning Research. 2007;21(2):572-577.
- Ribeiro T, Britto H, Oliveira D, et al. Effects of treadmill training with partial body weight support and the proprioceptive neuromuscular facilitation method on hemiparetic gait: a randomized controlled study. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013;49(4):451-461.
- Ryan EE, Rossi MD, Lopez R. The effects of the contract relax antagonist contract form of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on postural stability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(7):1888-1894.
- Sheard PW, Paine TJ. Optimal contraction intensity during proprioceptive neuromuscular facilitation for maximal increase of range of motion. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(2):416-421.
- Sheard PW, Smith PM, Paine TJ. Athlete compliance to therapist requested contraction intensity during proprioceptive neuromuscular facilitation. *Manual Therapy*. 2009; 14(5): 539-543.
- Shimura K, Kasai T. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on the initiation of voluntary movement and motor evoked potentials in upper limb muscles. *Human Movement Science*. 2002;21(1):101-113.
- Streepey JW, Mock MJ, Riskowski JL, et al. Effects of quadriceps and hamstrings proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on knee movement sensation. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(4):1037-1042.
- Sullivan PE, Portney LG. Electromyographic activity of shoulder muscles during unilateral upper extremity patterns. *Physical Therapy*. 1980;60(3):283-288.
- Surburg PR, Schrader JW. Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in sport medicine: a reassessment. *Journal of Athletic Training*. 1997;32(1):34-39.
- Trampas A, Kitsios A, Sykaras E, et al. Clinical massage and modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in males with latent myofascial trigger points. *Physical Therapy in Sport*. 2010;11(3): 91-98.
- Yi CH. Research methodology. 3rd ed., Gyeochuk Inc.. Seoul. 2007.
- Yigiter K, Sener G, Erbahceci F, et al. A comparison of traditional prosthetic training versus proprioceptive neuromuscular facilitation resistive gait training with trans-femoral amputees. *Prosthetics and Orthotics International*. 2002;26(3):213-217.
- Yoo B, Park H, Heo K, et al. The effects of abdominal hollowing in lower-limb PNF pattern training on the activation of contralateral muscles. *Journal of Physical Therapy Science*. 2013;25(10):1335-1338.
- Youdas JW, Arend DB, Exstrom JM, et al. Comparison of muscle activation levels during arm abduction in the plane of the scapula vs. proprioceptive neuromuscular facilitation upper extremity patterns. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012;26(4): 1058-1065
- Youdas JW, Haeflinger KM, Kreun MK, et al. The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2010;26(4):240-250.
- 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.
- Wang RY. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on the gait of patients with hemiplegia of long and short duration. *Physical Therapy*. 1994;74(12): 1108-1115.
- Wicke J, Gainey K, Figueroa M. A comparison of self-administered proprioceptive neuromuscular facilitation

- to static stretching on range of motion and flexibility. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014;28(1):168-172.
- Witt D, Talbott N, Kotowski S. Electromyographic activity of scapula muscles during diagonal patterns using elastic resistance and free weights. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2011;6(4): 322-332.
- Wolny T, Saulicz E, Gnat R, et al. Butler's neuromobilizations combined with proprioceptive neuromuscular facilitation are effective in reducing of upper limb sensory in late-stage stroke subjects: a three-group randomized trial. *Clinical Rehabilitation*. 2010;24(9): 810-821.