

Original Article

Open Access

PNF 스트레칭이 노인의 한발서기 균형에 미치는 영향

박정서[†]

대전과학기술대학교 물리치료과

Effects of PNF Stretching on Balance During Single-Leg Standing in Older Adults

Jung-Seo Park, P.T., Ph.D.[†]

Department of Physical Therapy, Daejeon Institute of science and Technology

Received: August 26, 2022 / Revised: October 19, 2022 / Accepted: November 03, 2022

© 2022 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 aims to determine the correlation between the effects of contract-relax-antagonist-contrast (CRAC) and contract-relax (CR) forms of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching on balance during single-leg standing in elderly people.

Methods: The participants were 20 elderly people in healthy condition and divided equally into two groups: the CRAC stretching group and the CR stretching group. Subjects were made to walk on a treadmill for 6 minutes before the stretching as a warm-up. CR and CRAC stretching were performed on the soleus. The dependent variables used to assess single-leg standing balance were overall stability(OSI), anterior/posterior(A/P) movement, and medial/lateral(M/L) movement. The statistical methods used to assess the differences between groups were verified using the Mann-Whitney U test and the Wilcoxon signed-rank test.

Results: The CRAC group had significantly increased OSI, A/P and M/L after the PNF stretching intervention ($p < 0.05$). The CR group had significantly increased OSI and A/P after the PNF stretching intervention ($p < 0.05$), but M/L did not significantly increase ($p > 0.05$). There was no significant difference in stretching between CRAC and CR ($p > 0.05$).

Conclusion: The results of this study revealed that CR and CRAC PNF stretching improved single-leg standing balance. CARC stretching before exercise is helpful for elderly people, as it improves balance.

Key Words: Contract-relax-antagonist-contrast, Single-leg standing, Balance

[†]Corresponding Author : Jung-Seo Park (pjs2015@dst.ac.kr)

I. 서론

스트레칭은 “잡아당기다, 펴다”라는 의미로 근육이나 인대를 의식적으로 펴고, 일정 시간 동안 신장을 계속하기 위한 동작으로써 스스로 근육이나 인대를 늘리는 운동을 말한다(Herbert, 2002). Kisner와 Colby (1996)에 의하면 스트레칭은 병리적으로 단축된 연부 조직의 구조물을 늘리고, 이것으로 관절 가동범위의 증가를 이룰 수 있도록 고안한 치료적 기법을 묘사하기 위해 이용되는 일반적인 용어라고 정의했다. 운동 경기 전의 스트레칭은 스포츠 활동이나 신체단련의 모든 수준에서 시행되는 방법이며(Genki et al., 2022), 전통적으로 임상가들과 운동코치들은 선수들의 부상을 감소시키고 운동능력을 향상시키기 위해서 스트레칭을 추천해왔다(Behm et al., 2004; Malliaropulos et al., 2004).

많은 연구들은 물리적인 힘(force)과 역학적인 힘(power)을 감소시킴에 따라 급성, 지속적인 스트레칭이 기능적인 손상을 발생시킨다고 하였다(Power et al., 2004). 그리고, 물리적·역학적 힘의 감소는 근육 인대 단위에서 근육인대의 뻣뻣함 정도를 감소시킴으로써 신경근 손상을 초래한다. 그리고 추가 손상을 일으킬 수 있는 국소조직 스트레칭을 발생시킨다(Funk et al., 2003).

PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation) 스트레칭 방법은 능동적, 수동적인 정적 스트레칭과 더불어 등척성 수축을 포함한다. 이 방법은 자가억제 (autogenic inhibition)와 상호억제(reciprocal inhibition)를 통하여 근육 섬유와 관절가동범위(range of motion; ROM) 증가를 유도하기 위해 고유수용기를 자극한다(Funk et al., 2003). PNF스트레칭 방법 중 수축-이완-대항근수축(contract relax antagonist contract; CRAC)은 ROM의 증가를 위해 대항근(antagonist)의 능동적 또는 수동적 수축에 따른 작용근(agonist)의 초기수축이다(Ostering et al., 1990). 수축-이완(contract relax; CR) 스트레칭은 자율억제 이론에 근거하여 짧은 시간 동안 근 수축 후에 근육이나 근육군에 지속적인 이완효

과를 발생시키는 것이다(Olivo & Magee, 2006). Young 과 Elliot(2001)는 스트레칭으로 인해 근육활동의 증가가 근육을 효율적으로 작용하는데 도움을 주고 이 작용은 장력 발달, 힘줄이완의 감소, 균형능력에 향상 또는 유지하는 결과에 긍정적인 영향을 준다고 하였다.

보행은 인간이 평생 동안 살아가면서 필수적인 요소이며, 생활하고, 작업하고, 여가활동을 즐기는 등 모든 행위를 하기 위한 필수조건이다. 보행은 협응(association), 균형(balance), 운동감각(kinesthetic), 고유수용감각(proprioceptive sense), 관절 및 근육의 통합 작용 등이 요구되며 고도의 조화를 이루는 복잡한 움직임이다(Shah, 2022). 이러한 움직임을 위해서는 자세 조절이 이루어져야 하며, 이와 같은 조절은 인체를 이루는 분절들을 연결하는 근력으로 이루어진다(Horak & Shumway-Cook, 1990). 특히 선 자세를 유지하기 위해서 가자미근과 장딴지근 그리고 앞정강근과 종아리근의 작용이 EMG상 서로 조화로운 작용을 한다(Deanna, 2017). 이러한 근육들이 서로 균형 있는 긴장도를 유지할 때 선 자세를 위한 발목관절의 작용이 정확하게 생산된다. 만약 어느 한 쪽이 약하거나 통증이 있을 때 그 균형은 깨지고 이것을 근육 불균형이라 한다. 근육들이 타이트(Tight)해지거나 혹은 신장력을 상실하게 되는 동안 근육들은 억제되고 억제(inhibited)되는 것이다(Norris, 2006). 이런 근육 장력의 변화는 근육불균형을 초래하고, 근육불균형은 눈에 보이지 않는 힘을 생산하며, 이러한 힘은 관절위치, 관절의 고유수용성 신경자극을 변화시키고, 결국 운동의 기능부전을 야기한다(Gong et al., 2007). 특히 노화로 인한 근육량의 감소로 기능적 움직임이나 보행, 균형장애와 같은 신체 기능이상은 낙상의 위험성을 증가시켜 노인의 삶의 질을 감소시킨다(Park & Lee, 2022).

특히 균형능력의 상실은 치료적 중재나 재활에 문제점을 일으키고 일상생활의 원활한 수행에 장애를 초래하며 나아가 낙상이나 골절 등 다른 상해의 원인이 되기도 한다(Kim et al., 1998).

균형능력 평가 중 한발서기 자세(single-leg standing)는 선자세에서 균형을 평가하는 방법으로 시간으로 측정하는 방법, 자세 흔들림으로 측정하는 방법, 운동 반응으로 분석하는 방법 등이 있다. 일반적으로 시간으로 측정하는 방법은 하나 이상의 상태 즉 눈을 감거나 뜬 상태, 발을 모으거나 벌린 상태 또는 한 다리로 선 자세가 요구된다(Luc et al., 2008). 한발서기 자세를 유지하는 능력은 많은 일상생활(Jonsson et al., 2004)에 사용되고 한발서기 테스트는 정적 균형능력을 평가하는데 사용되어져 왔다(Michikawa et al., 2009).

이러한 연구를 바탕으로 PNF의 스트레칭 운동 시 자세안정성 향상에 효과적임을 증명하는 연구는 있었지만 PNF 스트레칭 운동을 통한 한발서기 균형능력에 대한 뒷받침할 만한 연구가 부족하며, 구체적으로 CRAC와 CR 스트레칭 운동을 가자미근에 적용하였을 때 한발서기 균형능력에 영향을 주는 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 단일관절인 가자미근에 CRAC와 CR 스트레칭을 적용하였을 때 노인의 한발서기 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대전광역시 동구 소재한 복지관을 이용 중인 건강한 65세 이상 노인 20명 중 남자 10명, 여자 10명을 대상으로 CRAC 스트레칭을 실시한 그룹과 CR 스트레칭을 실시한 그룹으로 나누었으며, 각 그룹 별 10명씩 무작위로 배치하였다. 연구에 참가하기 전 대상자에게 연구목적과 실험방법에 대하여 충분한 설명을 한 후 자발적 동의를 얻었다. 스트레칭은 매주 4회 6주간 실시되었으며 총 24회의 스트레칭을 실시하였다. 연구대상자들은 스트레칭에 대한 경험이나 의학적으로 이상 조건이 없으며 약물 치료를 받지 않은 자로 하였다. 그리고 최근 6개월간 근력강화 훈련을

하거나 정형외과적, 신경학적 손상을 입은 자는 연구 대상자에서 제외되었다.

2. 측정방법 및 도구

본 연구에서는 정적, 동적 평형성 훈련 및 평가를 위해 개발된 장치로 피험자의 전반적인 균형능력 및 전-후, 좌-우 균형능력에 대한 정량화된 데이터를 획득할 수 있는 Biodex Balance System (BIODEX, USA)을 사용하였다. 본 장치는 불안정한 전-후, 좌우로 움직일 수 있는 원형 발판과 눈으로 보며 목표물을 인지하여 확인할 수 있는 모니터, 움직임을 측정하는 센서 자료 분석을 위한 컴퓨터와 분석된 자료를 출력하기 위한 프린터 등으로 구성되어 있다. 이 장치에는 응시용화면 응시 장치(Display Console)와 센서가 부착된 60cm 지름의 둥근 발판(Foot Plate)이 연결되어 피험자의 전-후, 좌-우 체중 이동에 대한 정보를 감지하여 정량화 할 수 있다.

3. 실험 절차

본 연구는 두 그룹으로 나누어 각 대상자별로 트레드밀 위에서 6분동안 가볍게 보행으로 워업(Warm-up) 후 2분 이내에 첫 번째 실험군은 CRAC 스트레칭을 하였고 두 번째 실험군은 CR 스트레칭을 실시하였다. PNF 스트레칭 방법은 능동 또는 수동 정적 스트레칭과 함께 등척성 수축 약 7초를 포함하며, 모든 총 스트레칭 시간은 5분을 넘지 않았다. 스트레칭 방법은 Edwin 등(2010)의 연구를 참조하여 대상자에 맞게 적용하였다.

1) 수축-이완-대항근 기법(CRAC) 스트레칭 훈련군

본 연구에서 대상자들은 워업 운동 후 연구자의 명령에 맞추어 비우세측 발의 발바닥굽힘 10초 후 이어서 발등굽힘 6초를 적용하였다. 스트레칭은 10세트를 하였으며 중간에 5초씩 휴식을 실시하였다. 대상자

의 목말밑 관절의 과도한 굽힘으로 인해 통증이 발생되지 않도록 통증 발생전에 불편함을 말로 표현하라고 하였다.

2) CR(수축-이완기법) 스트레칭

CRAC 스트레칭 그룹과 같이 모든 방법은 동일하게 적용하였다. 그리고 발바닥 굽힘을 10초씩 10세트를 하였으며 중간에 5초씩 휴식을 가졌다.

3) 측정 자세 및 절차

대상자들의 균형능력을 알아보기 위해 균형능력평가 장비(Biodex Balance System)에서 눈을 감고, 스트레칭 전과 후로 나누어 측정하였다. 측정환경에서 대상자들은 팔을 모은 자세를 유지하면서 측정하지 않는 다리는 90°로 무릎굽힘 상태를 유지하고 우세발의 지지만을 측정하였다. 우세발의 발관위치는 발뒤꿈치를 D행에 맞추고, 두 번째 발가락을 열 0에 맞추어 한발서기를 시행하였다. 정확한 측정을 위하여 3명의 검사자가 균형능력 평가 장비 사용설명서에 근거하여 예비 실험 후 본 연구를 진행하였고, 측정장소는 조용하고 정돈된 공간으로 하였다. 테스트를 하기 전에 대상자로 하여금 고정된 발판에 올라가 3번의 준비연습을 한 후 테스트를 시작하였다. 테스트는 20초 동안 진행되었으며 각 세션별 1분의 휴식시간을 가졌다. 발판의 테스트 적용레벨은 정적(Static)과 1부터 12까지 있으며, 숫자가 높아질수록 발판은 정적인 상태가 된다. 테스트는 12의 레벨로 시작하였다.

4. 자료 분석

본 연구는 SPSS 18.0 for windows를 이용하여 통계 처리 하였고 CRAC와 CR스트레칭 전, 후에 균형능력의 변화를 알아보기 위하여 비모수 검정인 Mann-Whitney 검정을 실시하였으며, 그룹별 전후 비교를 위해 Wilcoxon 부호순위 검정을 실시하였다. 통계학적으로 유의성을 검정하기 위해 유의수준은 0.05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 연구대상자는 총 20명(남10명, 여10명)으로 각 그룹 당 10명으로 하였다. CRAC 스트레칭 운동 그룹의 평균 연령은 68.50±2.21세이고, 신장은 158.20±6.51cm이며, 체중은 60.10±7.32kg이다. CR 스트레칭 운동그룹의 평균연령은 69.60±3.70세이고, 신장은 157.40±5.76cm이며, 체중은 62.00±8.50kg이다. 연구 대상자의 초기 값의 동질성 검증결과 동일한 집단임이 검증되었다(Table 1).

2. 스트레칭 방법에 따른 전후 비교와 균형능력의 변화

그룹별 전후 비교에서 CRAC 스트레칭 운동그룹에서는 OSI (Overall stability index)와 A/P (Anteroposterior stability index), M/L (Mediolateral stability index) 모든

Table 1. General characteristics of subjects

(n=20)

| Characteristics | CRAC(Mean±SD) | CR(Mean±SD) |
|----------------------|---------------|-------------|
| Gender (Male/Female) | 5/5 | 5/5 |
| Age (years) | 68.50±2.11 | 69.60±3.70 |
| Height (cm) | 158.20±6.51 | 157.40±5.76 |
| Body weight (kg) | 60.10±7.32 | 62.00±8.50 |

CRAC: Contract-Relax-Antagonist-Contract, CR: Contract-Relax

Table 2. Comparison of the one leg stand balance of group (Mean±SD)

| | | CRAC | CR | P |
|-----|------|-----------|-----------|-------|
| OSI | Pre | 3.69±0.95 | 3.94±0.79 | 0.579 |
| | Post | 2.77±0.97 | 3.46±0.73 | 0.105 |
| | P | 0.007* | 0.007* | |
| A/P | Pre | 3.25±0.79 | 2.97±0.65 | 0.912 |
| | Post | 2.80±0.78 | 1.91±0.37 | 0.971 |
| | P | 0.005* | 0.005* | |
| M/L | Pre | 2.09±0.47 | 1.50±0.40 | 0.481 |
| | Post | 1.76±0.52 | 1.27±0.35 | 0.520 |
| | P | 0.008* | 0.091 | |

OSI: Overall stability index, A/P: Anteroposterior stability index, M/L: Mediolateral stability index.

* $p < 0.05$

항목에서 균형능력이 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). CR 스트레칭 운동그룹에서는 OSI와 A/P의 균형능력이 유의한 차이가 있었지만($p < 0.05$), M/L의 균형능력은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 그리고 스트레칭 후에 균형능력은 향상되었으나 그룹 간 차이는 없었다($p > 0.05$)(Table 2).

IV. 고 찰

본 연구는 PNF 스트레칭 중 CRAC 스트레칭과 CR 스트레칭을 워밍업 후 가자미근에 적용하였을 때 노인의 한발서기 균형 능력에 미치는 영향을 알아보았다. 워밍업 후 스트레칭은 근육의 활동을 증가시켜 스트레칭에 의해 생성된 기계적 변화를 감소시키고, 근력 향상에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다(Ryan et al., 2010). Edwin(2010)은 Warm-up과 CRAC 스트레칭을 시행하였을 때 신체 안정성을 향상시켜준다고 하였으며, 운동 전 warm-up과 CRAC 스트레칭을 사용하여 대항근의 움직임을 위해 능동적 스트레칭 방법을 사용해야한다고 하였다. 저항도의 간단한 준비운동(Warm-up)은 근육의 자극을 30분 지속시키며(Warren et al., 1971), 심부 온도를 높이고 혈액순환을 증진시켜 신경근 활동을 증가시키는데 도움을 준다

(Bishop et al., 2001). 본 연구에서도 Warm-up을 시행 후 CRAC, CR의 스트레칭을 하였다.

선행연구에서는 무릎을 펴시킨 상태로 엉덩관절을 굽힘시켜 2개의 관절을 지나는 근육(two-joint muscle)인 무릎관절 굽힘근(Hamstring M.)과 엉덩허리근(Iliopsoas), 넙다리네갈레근(Quadriceps muscle)의 유연성을 측정해왔다. 그러나 이렇게 2개의 관절을 지나는 근육을 측정할 경우에는 생리학적, 역학적인 효과가 다소 개입될 가능성이 있으므로 스트레칭 방법에 따른 효과를 판별해 내기에는 부적합하다. 따라서 최근 유연성 연구의 관심사는 2개의 관절을 지나는 근육이 아닌, 하나의 관절을 지나는 근육(one-joint muscle)에 적용하는데, 대표적으로 가자미근의 유연성을 많이 측정하고 있다(Hwang, 2016).

Park 등(2011)은 균형 제어 능력을 평가하기 위해 양발 지지보다 불안정한 자세인 한발서기 자세에서 균형 능력을 평가하였다. 이것은 직립자세 중 가장 불안정한 조건이므로 시각까지 차단하게 될 경우 불안정성은 더욱 증폭될 수 있다. 불안정성을 극대화한 조건에서 인체는 안뜰기관(Vestibular system)과 지지한 다리의 몸감각기관(Somatosensory system)으로만 균형을 유지하여야 하며, 이러한 조건에서 개인의 균형 조절 능력이 더욱 분명하게 드러날 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서도 가자미근을 활용한 스트레

칭과 한발서기 균형능력을 측정하였다.

본 연구에서는 CRAC 스트레칭과 CR 스트레칭 모두 한발서기 균형능력에 긍정적인 영향을 주었다. 그리고 CRAC 스트레칭과 CR 스트레칭을 통계적으로 비교해 보았을 때는 두 가지 기법 사이에 유의한 차이를 보이지는 않았으나 CR 스트레칭 보다 CRAC 스트레칭이 한발서기 균형능력에 더 높은 결과 값을 보여주었다. Funk(2003)는 5분동안 넙다리두갈래근에 CRAC 스트레칭을 적용 후 유연성이 증가했다고 하였고, 자세정렬이나 근육배대계의 유연성이 균형에 영향을 준다고 하였다(Schenkman, 1990). Young과 Elliot(2001)는 CRAC 스트레칭이 근수축을 돕는 반응을 만들며 결국 운동신경의 흥분을 유지시킨다고 하였다. 그러나 Back(1996)의 연구에서는 PNF 스트레칭이 가자미근의 유연성을 증진시키기 위해서는 CRAC 방법과 CR방법 모두 유연성 증진에 효과를 준다고 하였다. 이와 같은 결과는 스트레칭의 효과가 근육의 유연성을 증가시킨다는 선행연구에서 보인 결과와 같은 결과로 볼 수 있다. 따라서 본 연구의 결과를 바탕으로 CR 스트레칭과 CRAC 스트레칭 방법 모두 가자미근의 유연성을 증가시켜 발목 관절의 ROM 증진과 균형능력을 향상시켰다고 할 수 있다.

본 연구에서 CRAC 스트레칭 후 OSI, AP, ML 균형능력이 향상되었으나 CR 그룹은 M/L를 제외한 항목에서만 유의한 차이가 있었다. Behm(2004)은 CRAC를 하는 동안 운동 풀(exercise pool) 흥분도의 저하가 나타나며, CRAC방법이 정적 스트레칭에서와 같이 근육의 뻣뻣함 정도를 감소시킨다고 하였다. 근육힘줄의 뻣뻣함 정도는 근육과 결합조직이 늘어남에 따라 발생하는 상대적인 저항이며 이것은 조직에 효과적인 힘의 전달을 제공하여 근육에 의해 발생된 내부적인 힘의 효율을 높인다고 하였다(Young & Elliot, 2001). 힘의 감소는 근힘줄 조직의 뻣뻣함 정도가 감소함에 따라 근힘줄 조직 단위에서 신경근 손상을 야기해왔고 이 손상으로 인해 처음 목적과는 다른 종류의 스트레칭을 발생시킨다고 하였다(Young & Elliot, 2001; Funk et al., 2003). Lundy-Ekman(2002)은 PNF 기법의 수동적

인 방법과 수동적 정적 스트레칭이 α , β 운동 단위 활동을 감소시키고, 힘줄이완을 증가시키며, type Ib 섬유의 활동성을 증가시키기 때문에 M/L 안정성 및 균형에 부정적인 영향을 미친다고 하였다. 본 연구의 결과에서도 CR 스트레칭 후 M/L만 유의하지 않은 결과를 보인것과 같은 원인이라 생각한다. 일반적으로 warm-up과 스트레칭을 근육에 적용하면 EMG활동을 증가시키고(Ostering et al., 1990), 움직임이 활성화되는 동안 방추 바깥 섬유의 축진이 증가한다고 하였다(Bloem et al., 2000). 그러한 이유로 다른 균형 점수들과 같이 M/L 점수도 높게 나와야한다. 그러나 Young과 Elliot(2001) 연구에서 CR 스트레칭이 운동단위에서 지속적인 활성을 시키는 신경학적 축진 메커니즘을 발생시키지만, 동심성(concentric) 수축과 역학적인 힘을 발생하는데 주요한 영향을 주지는 않는다고 하였다. 이러한 연구결과들로 보아 본 연구에서도 M/L의 균형 능력에 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 생각된다.

PNF 스트레칭을 통해 정상적인 근육 활동 및 자세, 상위 수준의 이동은 주어진 환경에 대한 정보를 근육, 건(tendon)과 관절에 위치하는 감수기가 중추신경계에 전달하게 되고, 이 때 중추신경계는 그에 적절한 운동 뉴런을 흥분시키게 된다(Bae et al., 2004). 이와 같은 생리학적 기전과 연구 결과를 바탕으로 스트레칭을 통한 손상예방과 효율적인 움직임을 통해 낙상이 호발되는 노인들에게 가자미근 스트레칭을 제안할 필요성이 있다고 생각된다.

본 연구는 소수의 정상 노인을 대상으로 실시하였고, 균형 조절 시에 사용되는 대상자의 운동 형상학적 자세는 분석하지 못하였다. 따라서 본 연구의 결과를 모든 정상인의 균형능력에 일반화시키기에는 제한점이 따르며, 장기적인 효과를 판단하기는 어려움이 있었다. 향후 이와 같은 연구를 시행할 때는 좀 더 많은 표본을 대상으로 다양한 대상자들을 상대로 하는 연구가 필요할 것이라 생각된다.

V. 결론

노인에게 운동이나 활동 전 CRAC, CR 스트레칭을 적용하면 한발서기 균형능력이 향상되어 보행 중 중간입각기에서 균형을 더욱 잘 유지하며, 보행과 다이 나미한 활동 시 손상 없이 원활한 움직임을 할 수 있을 것이라 생각된다. 따라서 노인들에게 이와 같은 스트레칭 운동방법을 권장하면 좋을것으로 생각된다.

Acknowledgements

이 논문은 2020년도 대전과학기술대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

References

- Back HJ. Effects of stretching techniques on the flexibility of soleus muscle. Ewha Womans University. Dissertation of Master's Degree. 1996.
- Bae SS, Choi IS, Kim SS. A stratege of treatment approach in the proprioceptive neuromuscular facilitation. *PNF and Movement*. 2004;2(1):49-57.
- Behm DG., Bambury A., Farrell C, et al. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time and movement time. *Medical Science Sports Exercise*. 2004;36:1397-1402.
- Bishop D, Bonetti D, Dawson B. The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Medical Science Sports Exercise*. 2001;33:1026-1032.
- Bloem BR, Allum JHJ, Carpenter Mg et al. Is lower leg proprioception essential for triggering human automatic postural responses. *Experimental Brain Research*. 2000;130:375-391.
- Deanna Saunders, Postural control and ankle muscle stiffness during continuous cognitive tasks and external focus of attention. *The degree Master of Science in Human Kinetics University of Ottawa*, 2017.
- Edwin ER, Mark D. Rossi, et al. The effects of the contract-relax-antagonist-contract form of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on posture stability. Florida international University. Dissertation of Doctorate Degree. 2010.
- Funk DC, Swank AM, Mikla BM, et al. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: A comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2003;17:489-492.
- Genki Hatano, Shingo Matsuo, Yuji Asai, Shigeyuki Suzuki, Masahiro Iwata. Effects of high-intensity stretch with moderate pain and maximal intensity stretch without pain on flexibility. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2022;21:171-181.
- Gong WT, Seo HK, Kim TH. The influence of contract-relax exercise of PNF on equilibrium ability. *Korean journal of orthopedic manual therapy*. 2007;13(1):1-9.
- Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: Systematic review. *British Medical Journal*. 2002; 325:451-458.
- Horak FB, Shumway-Cook A. Clinical implications of postural control research. proceedings of the APTA forum. *Alexandria*. 1990;105-111.
- Hwang, Hyun Sook, Choi, Jung Hyun. The effect of soleus passive stretching on the range of motion of the ankle joint. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2016;7(1):919-924.
- Jonsson E, Seiger A, Hirschfeld H. One-leg Stance in healthy young and elderly adults: A measure of postural steadiness?. *Clinical Biomechanics*. 2004;19(7): 688-694.
- Kim OJ, Kim TS, Bae SS. Fall-related injury and balance of the elderly. *The journal of Korean Society of*

- Physical Therapy*. 1998;10(2):161-171.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise: Foundation and Techniques. 3rd ed. FA: Davis. 1996.
- Luc Vereeck, Floris Wuyts, Steven Truijen, et al. Clinical assessment of balance: Normative data, and gender and age effects. *International Journal of Audiology*. 2008;47(2): 67-75.
- Lundy-Ekman L. The somatosensory system. In: Neuroscience: Fundamentals for rehabilitation. Philadelphia, PA: Elsevier, 2002;100-148.
- Malliaropoulos N, Papalexandris S, Papalada A, et al. The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up. *Medical Science Sports Exercise*. 2004;36:756-759.
- Michikawa T, Nishiwaki Y, Takebayashi T, et al. One-leg standing test for elderly populations. *Journal of Orthopaedic Science*. 2009;14(5):675-685.
- Norris C.M. Matthews M. Correlation between hamstring muscle length and pelvic tilt range during forward bending in healthy individuals: An initial evaluation. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2006;10(2):122-126.
- Olivo SA, Magee DJ. Electromyographic assesment to the activity of the masticatory using the agonist contract – antagonist relax technique (AC)and contract–relax technique(CR). *Manual Therapy*. 2006;11:136-145.
- Ostering LR, Robertson RN, Troxel RK, et al. Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation(PNF) stretch techniques. *Medicla Science sports Exercise*. 1990;22:106-111.
- Park JC, Lee DK. Effects of vibration exercise on the balance control ability, gait ability, and depression in the elderly. *PNF and Movement*. 2022;20(1):41-49.
- Park JH, Kim KH, Youm CH, Kwon S. Changes in balance characteristics affected by the visual information during single leg stance. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*. 2011;28(11):1323-1329.
- Power K, Behm D, Farrell C, et al. An acute bout of static stretching: Effects on force and jumping performance. *Medical Science sports Exercise*. 2004;36:1389-1396.
- Ryan, Edwin E, Rossi, Mark D, Lopez, Richard. The Effects of the Contract-Relax-Antagonist-Contract Form of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Postural Stability. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(7):1888-1894.
- Schenkman M. Interrelationships of neurological and mechanical factors in balance control. *American Physical Therapy Association*. 1990;29-41.
- Shah, R. B., & Samuel, R. K. Effectiveness of functional task training (FTT) versus EMG bio-feedback training to reduce pain, improve strength and functional mobility in knee osteoarthritis. *International Journal of Health Sciences*, 2022;6(S2):13699-13712.
- Warren C, Lehmann J, Loblanski J. Elongation of rat tail tendon: Effect of load and temperature. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1971;51: 465-474.
- Young W, Elliot S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Registry of Stroke Care Quality*. 2001;71:273-279.