

Original Article

Open Access

바로 선 자세에서 탄력밴드를 이용한 PNF 팔 패턴의 방산효과가 발 압력에 미치는 영향

양재만 · 이정훈[†] · 강승원
영도병원 물리치료실, ¹동의대학교 물리치료학과

The Effect of Foot Pressure on the Irradiation of a PNF Upper Arm Pattern on Standing Posture
with an Elastic Band: A Randomized Control Trial

Jae-Man Yang · Jung-Hoon Lee[†] · Seung-Won Kang
Department of Physical Therapy, Young-Do General Hospital
¹Department of Physical Therapy, Dong-Eui University

Received: October 20, 2018 / Revised: November 6, 2018 / Accepted: November 6, 2018

© 2018 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 evaluate the relationship between foot pressure and upper arm PNF exercise conducted with elastic bands while standing.

Methods: Eighteen asymptomatic patients consented to participate in the study. Foot pressure was measured in the standing position using the Gaitview system for proprioceptive neuromuscular facilitation stretching (PNF) using a right upper arm pattern. Resistance strength was varied based on the type of elastic band used (red=medium, green=heavy, and blue=extra heavy). Statistical significance of the results was evaluated using a repeated one-way ANOVA, and the Bonferroni method was used for the ad hoc test (SPSS ver. 18. for Windows).

Results: A significant difference was observed in fore-foot, rear-foot, and average pressure after upper arm PNF exercise. However, there was no significant difference according to the type of elastic band.

Conclusion: Based on the results of this study, an upper arm PNF exercise with and without resistance may affect foot pressure in the standing position.

Key Words: Foot pressure, Irradiation, Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF)

[†]Corresponding Author : Jung-Hoon Lee (dreampt@hanmail.net)

I. 서론

고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)은 현재 임상에서 운동기능을 향상시키기 위한 치료접근 방법으로서 고유수용기를 자극하여 신경근의 반응을 촉진하는 방법이다(Voss, 1985). PNF의 여러 방법 중 방산(irradiation)은 저항을 통한 촉진의 원리로 사용하며, 신체 특정 부분의 근 수축이 서로 연결되어진 근육을 따라 다른 부위로 전달되어 근 수축을 일으키는 것이라고 정의하고 있다(Adler et al., 2000; Voss, 1985). 방산의 효과는 정적인(static state) 바로 선 자세에서 한쪽 또는 양쪽 팔에서 적용된 근육의 수축은 같은 쪽 또는 반대쪽 몸통의 근 수축을 증가시킨다고 하였다(Tarmanen, 2008).

정적인 바로 선 자세에서 발의 일차적 기능은 다양한 형태의 지면에 적응할 수 있는 능력을 가지는 것이다(Neumann, 2004). 발의 구조적인 변화는 동적인(dynamic function) 기능과 신체 자세정렬에 영향을 주어 근골격계 전체적인 변화에 영향을 미친다(Donatelli, 1987; Guichet et al., 2003; Levinger et al., 2010; Tiberio, 1987). 자세 정렬은 신체분절이 어느 한쪽으로 위치하는 정도이며(Kendal et al., 2005), 외부자극에 능동적으로 흔들림 없이 자세를 유지하는 능력으로(Ragnarsdottir, 1996), 한쪽 또는 반대쪽 다리로 체중을 이동하고 전달하는 능력과 밀접한 관련이 있다(Eng et al., 2002). 체중이 전달된 쪽의 발 압력(foot pressure)이 정상 범위에서 벗어날 경우 한쪽으로 불균형적인 체중지지를 야기하게 되고(Gravante et al., 2003), 체중이 전달된 쪽으로 발의 압력이 증가하게 된다.

신체분절에서 힘의 이동에 대한 이전의 연구는 팔꿈치 관절 굽힘근들에 저항을 적용한 결과 반대쪽 같은 근육에서도 근수축이 발생하는 효과가 있었으며, 이러한 효과를 교차효과라고 하였다(Munn et al., 2004, 2005). 교차효과에 대한 연구결과들로서 Kofotolis 과 Kellis (2007)의 정상인을 대상으로 한 PNF의 다리 패턴을 적용한 쪽의 다리 근력과 패턴을 적용하지 않은 반대쪽 다리 근력을 측정한 결과 다리 패턴을 적용한

쪽과 적용하지 않은 반대쪽 다리에서도 근력이 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또한 Zhou (2000)의 연구에서는 한쪽 팔 또는 다리에서 지속적인 근 수축을 유발 할 경우 근 수축을 하지 않은 반대쪽 팔 또는 다리 같은 부위에서도 근 수축을 유발한다고 하였으며, Kim 등(2006)의 연구에서는 PNF 팔 패턴을 적용하였을 때 반대쪽 다리에서도 근 수축 활성화도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

이처럼 이 전의 연구들에서 PNF 팔 또는 다리 패턴을 적용한 쪽의 근 수축 증가가 패턴을 적용하지 않은 쪽의 팔과 다리에 근육 활성도를 측정하여 근 수축 증가에 미치는 영향에 대한 연구결과는 많이 보고되었으나, PNF 패턴 적용을 통하여 팔에 발생한 근 수축의 효과가 반대쪽 발에서 압력 증가에 미치는 영향에 대한 연구는 지금까지 보고되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 정상인을 대상으로 우세 쪽 팔에서 PNF 팔 D2-굽힘(flexion) 패턴을 적용하였을 때 방산의 효과를 통해 힘의 전달이 양쪽 발에서 압력 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하고자 하였다. 또한 팔에서 적용하는 저항의 정도의 차이를 다르게 하기 위하여 서로 다른 탄성을 가진 3가지 색깔의 탄력밴드(theraband)를 사용하여 양쪽 발에서의 압력에 어떠한 변화의 차이가 있는지 알아보하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구대상자는 본 연구에 동의한 Y병원 및 D대학교 정상 건강인 남, 녀를 대상으로 단일눈가림으로 진행되었다. 모든 연구 대상자들에게 의료윤리에 대한 권익과 안전을 우선으로 하는 헬싱키 선언의 원칙과 권고사항을 준수하는 연구 동의서를 작성하였다. 또한 근골격계 및 심혈관계의 특별한 질환, 의료적 행위 또는 자가 관리에 경험이 있는 자, 연구 결과에 영향을 줄 수 있는 신경학적 손상이나 특히 팔이나 다리에

통증 또는 질환이 있는 자, 평발이나 오목발 등의 병변을 가진 자는 제외하였다.

연구대상자 표본 선정 기준은 G-Power 3.1(university of dusseldorf, dusseldorf, Germany)을 이용하여 repeated one-way ANOVA, 유의수준 0.05, 검정력 0.8, 효과크기 0.7로 설정한 결과 연구 대상자수는 16명이 산출되었고, 탈락률 15%를 고려하여 총 19명을 모집하였으며, 1명(평발)이 스크리닝 과정에서 제외되어 총 18명이 본 연구에 참여하였다.

2. 측정 방법 및 도구

본 연구의 측정에 앞서 모든 대상자들에게 오른쪽 PNF 패턴 중 팔 D2-굽힘 패턴의 움직임에 익숙해지기 위해 패턴 수행의 시작과 끝을 알리는 청각신호에 맞추어 패턴 수행의 시작과 끝 방향을 10분간 교육을 실시하였다. 본 연구에 사용된 D2-굽힘 패턴은 어깨관절 굽힘-벌림(flexion-abduction)-가쪽돌림(external-rotation)으로 끝나는 패턴(Knott & Voss, 1968)(Fig. 1)으로 대상자들은 실험 전 패턴 적용을 알리는 ‘시작’ 구령에 맞추어 탄력밴드의 저항이 최대가 되도록 사전에 미리 연습한 패턴의 방향으로 움직이게 하였으며, ‘더 힘껏, 골반은 유지’라고 격려하며 패턴의 마지막 범위에서 15초간 유지하게 하였다.

바로 선 자세에서 발의 압력을 측정을 위해서 게이트-뷰(gait-view AFA-50, alFOOTs, Korea)(Fig. 2)를 사용하였으며, 대상자는 측정기 위에서 양쪽 다리를 편안하게 30도 벌리고 바로 선 자세에서 눈높이에 맞는 전방을 주시하도록 하였다. 15초간 정적인 바로 선 상태를 유지하게 하고 각 상황별 발의 압력(앞쪽, 뒤쪽, 평균 압력)변화를 측정하였다. 게이트-뷰는 Internatiional Quality System PTY 및 CE (Conformite Europeenne), FCC (Federal Communications Commission) 등의 해외기준에서 인증된 의료기기로서 압력센서가 장착된 판 위에서 발의 압력을 실시간으로 측정하는 장비로 체중의 이동 현상을 분석할 수 있다(Nam, 2018).

PNF 팔 패턴 적용 시 저항은 서로 다른 탄력의 강도

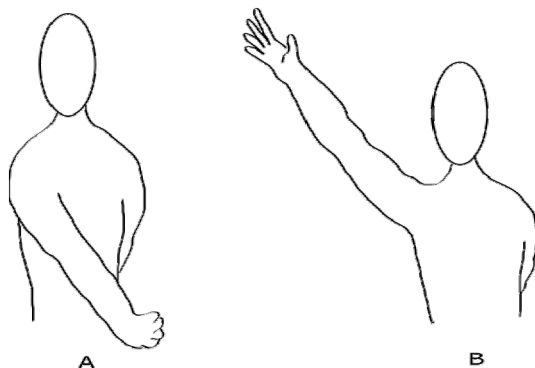


Fig. 1. PNF D2-flexion pattern start (A) and stop (B).

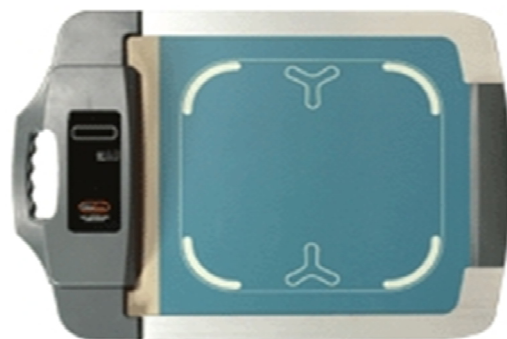


Fig. 2. Gait-view (AFA-50, alFOOTs, Korea).

를 가진 3가지 색상(red [medium], green [heavy], blue [extra heavy])의 탄력밴드(theraband™ resistance bands, aktion, USA)를 이용하여 저항을 적용하였다. 탄력밴드의 길이는 대상자들의 다리 길이(위안영덩뼈가시에서 안쪽위관절용기까지)에 따라 각각 다르게 재단하였다(Khayambashi et al., 2014). 발의 압력 측정은 바로 선 자세에서 발의 압력, 저항이 없는 맨손으로 PNF 패턴 적용 시 발의 압력, 빨간색 탄력밴드(red [medium])를 이용한 PNF 패턴 적용 시 발의 압력, 녹색 탄력밴드(green [heavy])를 이용한 PNF 패턴 적용 시 발의 압력, 파랑색 탄력밴드(blue [extra heavy])를 이용한 PNF 패턴 적용 시 발의 압력을 무작위 순서로 측정하였다.

반복 측정에 의한 근육 피로도의 영향을 최소화하기 위하여 각 패턴 적용 사이에 1분간의 휴식 시간을 두었다. 또한 모든 대상자들에게 동일한 패턴 적용을

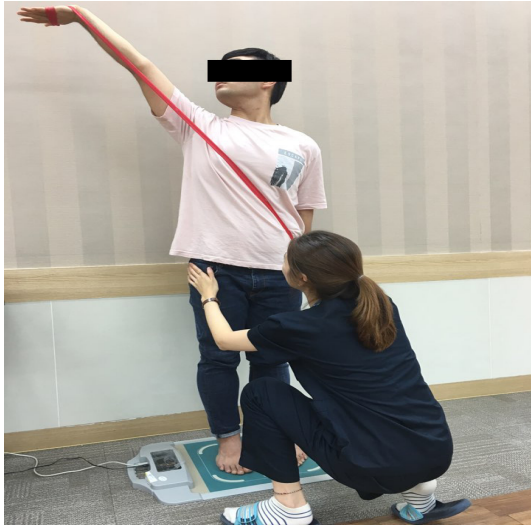


Fig 3. PNF D2-flexion pattern with theraband on gait-view.

위하여 대상자마다 자신의 우세한 팔에 PNF 팔 D2-굽 힙 패턴을 적용하였다(Fig 3). 또한 패턴의 시작과 끝을 동일한 속도로 수행하도록 제어하기 위해 패턴의 시작과 끝을 알리는 청각적 신호음을 컴퓨터용 전자 메트로놈(zetronome ver 1.0, park, Korea)을 사용하여 일정한 속도를 유지하도록 통제하였다(Lee & Kim, 2014).

3. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 PASW 18.0 for Windows 프로그램을 이용하여 통계 분석하였다. 실험 전과 후의 차이에 대한 결과를 Repeated One-way ANOVA로 분석하였고, Bonferroni 검정으로 사후 검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

대상자는 남자 9명, 여자 9명 총18명으로 대상자의

Table 1. General characteristics of subjects (n=18)

Characteristics	Mean±SD
Age (years)	30.22±5.98
Hight (cm)	169.33±7.68
Weight (kg)	66.56±14.39

일반적 특성은 다음과 같으며(Table 1), 참여자들의 우세한 팔은 모두 오른쪽 이었다.

2. 평균 발 압력의 변화

왼쪽 발의 평균 발 압력은 초기 값과 비교하여 탄력 밴드를 사용하지 않은 상태와 3가지 종류의 탄력밴드를 사용한 상태 모두 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 오른쪽 발의 평균 발 압력은 초기 값과 비교하여 탄력 밴드를 사용하지 않은 상태와 3가지 종류의 탄력밴드를 사용한 상태에서 모두 유의하게 감소하였다($p<0.05$)(Table 2)(Fig. 4).

3. 앞쪽 발 압력의 변화

왼쪽 발의 앞쪽 압력은 초기 값과 비교하여 3가지 종류의 탄력밴드를 사용한 상태에서만 유의하게 증가하였고, 왼쪽 앞쪽 발 압력 증가만 유의하게 증가하였으며($p<0.05$)(Table 2)(Fig. 4), 오른쪽 발의 앞쪽 압력은 초기 값과 비교하여 감소하였지만 유의하지 않았다($p>0.05$)(Table 2).

4. 뒤쪽 발 압력의 변화

왼쪽 뒤쪽 발 압력은 초기 값과 비교하여 탄력밴드를 사용하지 않은 상태와 3가지 종류의 탄력밴드를 사용한 상태 모두 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 오른쪽 발의 뒤쪽 압력은 초기 값과 비교하여 3가지 종류의 탄력밴드를 사용한 상태에서만 유의하게 감소하였다($p<0.05$)(Table 2)(Fig. 4).

Table 2. Comparison of foot plantar pressure on stance with PNF D2-flexion pattern.

		No pattern with non thera-band	Pattern with non thera-band	Pattern with red thera-band	Pattern with green thera-band	Pattern with blue thera-band	F	p
Average pressure	Lt.	103.30±13.26	110.11±14.22	116.91±14.81	115.69±14.62	116.93±13.70	30.42	0.01*
	Rt.	96.93±13.27	87.73±12.49	84.96±14.75	85.31±11.90	83.06±14.89	15.32	0.01*
F/F pressure	Lt.	87.44±22.59	93.67±20.67	99.34±18.98	97.10±19.22	99.83±20.29	7.70	0.01*
	Rt.	82.93±22.73	77.50±18.69	76.40±20.99	78.71±18.13	80.52±20.56	1.28	0.29
R/F pressure	Lt.	125.33±12.03	132.70±12.77	140.03±15.87	140.13±15.70	139.05±15.52	9.48	0.01*
	Rt.	116.55±11.91	103.36±22.31	97.80±24.21	94.76±18.21	89.10±22.97	14.25	0.01*

The values are Mean±SD.

* Statistically significant with p<0.05

F/F: fore foot, R/F: rear foot.

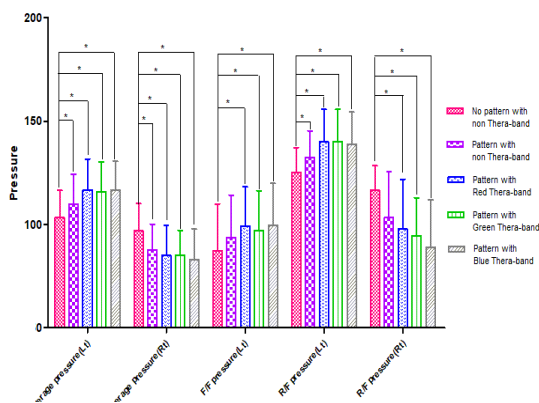


Fig. 4. Comparison of difference of foot plantar pressure between each PNF D2-flexion pattern.

IV. 고 찰

연구결과 왼쪽발의 앞쪽, 뒤쪽, 평균 발 압력은 유의하게 증가하였고 오른쪽 발의 뒤쪽, 평균 발 압력은 상대적으로 유의하게 감소하였다. 그러나 탄력밴드를 이용한 저항의 차이는 없었다.

Han 과 Kim (2009)의 정상인을 대상으로 열린 사슬과 닫힌 사슬 조건에서 오른쪽 PNF 팔 패턴을 적용하였을 때 양쪽 다리에서 일어나는 근육 활성화도 변화를 비교한 연구결과에서는 닫힌 사슬의 조건하에서 오른쪽 PNF 팔 패턴을 적용하였을 때 왼쪽 다리의 근육 활성화도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또한

Kim (2009)의 뇌졸중 환자가 바로 누운 자세의 열린 사슬 조건에서 마비되지 않은 쪽의 PNF 팔 패턴을 적용하였을 때 마비된 쪽 팔 근육의 방산 형태를 알아본 연구결과에서는 마비된 쪽의 팔 근육 활성화도도 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 이들 연구자들은 그 결과에 대한 근거로 저항으로 인해 한쪽 팔에서 발생한 힘이 몸통을 통해 반대쪽 팔 또는 다리로 교차되는 방산의 효과 때문이라고 하였다. 비록 방산의 효과를 보기위한 PNF 패턴의 연구는 아니지만, Wing 등(1997)은 손에서 악력이 증가할 때 발에서 일어나는 지면 반발력의 변화를 알아보는 연구에서는 악력이 커질수록 같은 쪽의 발에서 지면 반발력이 증가한다고 하였으며, Crowe 와 Samson (1997)은 한손에 무게를 들고 보행 시 지면 반발력을 측정 한 연구에서도 한손에 무게를 들고 보행을 한 경우 같은 쪽의 발의 지면 반발력이 반대쪽과 비교하여 지면 반발력이 높아진다고 하였다. 그러나 본 연구결과에서는 오른쪽 팔에서 발생된 힘이 같은 쪽 발이 아닌 다른 쪽 왼쪽 발의 지면 반발력을 높여 발의 압력이 증가 하였다. 이러한 연구 결과는 Adler 등(2000)이 정의한 특정 부위의 근 수축이 근육으로 연결되어진 다른 부위의 근 수축을 유발시킨다는 방산의 효과로 사료된다. 따라서 본 연구에서 바로 선 자세에서 탄력밴드 적용을 통한 오른쪽 팔에서 전달된 힘은 몸통을 통해 왼쪽 발에 전달되어 발 압력 변화가 유의하게 증가한 결과는 이전의

연구결과들에서 보고한 신체 어느 한 부분에 적용한 PNF 패턴이 다른 신체 부위에 영향을 주었다는 점에서 앞선 연구들에서 보고한 방산의 효과에 대한 연구 결과들과 일치한다.

오른쪽 팔에서 PNF 팔 패턴을 적용 시 탄력밴드의 저항으로 인해 발생된 힘이 왼쪽 발로 전달되어 나타난 압력증가의 결과는 오른쪽 팔에서 발생한 힘이 왼쪽 발에서 무게 중심의 위치 변화를 이루어 고정점이나 안정점을 확보하려는 발목전략의 하나로 발목 앞쪽에서 폼근을 고정근이나 안정근으로 동원하려 했기 때문이라고 생각된다. 그러나 이러한 방산의 효과를 일으키기 위한 최소한의 저항 강도를 알아보기 위하여 서로 다른 색의 탄력밴드 적용과 발 압력 증가의 차이를 측정된 결과는 유의한 차이는 없었다. 따라서 PNF 팔 패턴을 적용 시 방산을 일으키는 효과는 팔에서 적용한 저항의 강도 차이가 아닌 저항의 유, 무가 방산의 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

바로 선 상태에서 체중지지를 위하여 발에서 일어나는 가장 중요한 균형전략은 발목전략이다. 발목전략은 발목의 근력과 관절가동범위가 정상이며, 지지면이 견고하고 작을 때 또는 불안정한 움직임이 있는 외부 자극의 상황에서 나타난다(Shumway-Cook & Woollacott, 2007). Jean-Francois 등(2005)은 불안정한 지지면의 변화에 따라 발목에서 변화하는 균형 능력을 비교 하는 연구에서는 지지면의 변화를 통해 발목에서 압력 중심점(center of pressure)의 증가에 유의한 차이가 있었다고 하였으며, 무게 중심의 위치는 외부의 자극에 의해서 항상 변화하고 인체는 지지면이 불안정하게 변화하는 상황에서도 항상 무게 중심을 바닥으로부터 수직축 위에 유지하려고 하는 조절 능력을 발에서 가진다고 하였다. 또한 Rougier 와 Genthon (2009)의 정적으로 바로 선 상태에서 발목과 골반에서 변화하는 외부환경에서 두 다리 사이에서 나타나는 무게 중심점 축의 위치변화를 연구한 결과에서 인체에서 일어나는 무게중심 축의 이동은 발목에서 앞쪽 또는 뒤쪽으로 일어난다고 보고하였다. 따라서 이러한 연구들은 본 연구에서 나타난 왼쪽 앞쪽 발의 유의

한 압력의 증가와 오른쪽 뒤쪽 발의 유의한 압력 감소 결과는 무게 중심축의 이동이 오른쪽 뒤쪽 발에서 왼쪽 발 앞쪽으로 위치변화가 일어난 본 연구결과와 일치한다. 외력의 변화를 통해 오른쪽 팔에서 발생한 힘의 전달은 왼쪽 발목에서 위치변화를 일으키고 인체의 무게 중심점을 유지하려는 발목전략의 결과로 발의 압력이 증가하였다고 할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 첫째 연구 대상자가 작고, 건강한 일반인을 대상으로 하였기 때문에 뇌졸중 환자와 같은 한쪽 마비 환자를 대상으로 일반화하기에는 무리가 있을 것이다. 둘째 PNF 팔 패턴 적용 시 모든 대상자들은 우세팔만을 적용하였다. 셋째 앞쪽과 뒤쪽 발의 압력을 분석한 이전의 선행 연구들이 전무하여 본 연구의 결과와 비교분석을 하지 못하였다. 넷째 비우세 측 발의 압력변화와 함께 근 활성도를 함께 측정하지 못하였다. 향후 뇌졸중 환자를 대상으로 이러한 제한점을 보완하면서 PNF의 다양한 응용 패턴을 적용한 연구가 진행되어야 할 것이다.

IV. 결론

본 연구 결과 오른쪽 PNF 팔 패턴을 적용으로 발생한 방산의 효과가 왼쪽 다리에 전달되어 발의 압력에 유의한 차이가 발생하였다. 따라서 본 연구 결과를 기반으로 뇌졸중 환자 치료 시 마비된 다리 쪽에 체중 지지 훈련을 위해 바로 선 자세에서 마비되지 않은 쪽의 팔에 PNF 팔 패턴을 적용함으로써 마비된 쪽 다리에 힘을 주는 연습과 체중지지 훈련을 위한 임상 연구의 기초 자료로 사용되기를 기대한다.

Acknowledgement

This work was supported by Dong-Eui University Research Grant NO 201802750001.

Reference

- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 2nd ed. Heidelberg. Springer. 2000.
- Crowe A, Samson MM. 3-D analysis of gait: The effects upon symmetry of carrying a load in one hand. *Human Movement Science*. 1997;16(2-3):357-365.
- Donatelli RA. Abnormal biomechanics of the foot and ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports physical Therapy*. 1987;9(1):11-16.
- Eng JJ, Chu KS. Reliability and comparison of weight-bearing ability during standing tasks for individuals with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2002;83(8):1138-1144.
- Gravante G, Russo G, Pomara C, et al. Comparison of ground reaction forces between obese and control young adults during quiet standing on a baropodometric platform. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(8):780-782.
- Guichet JM, Javed A, Russell J, et al. Effect of the foot on the mechanical of the lower limbs. *Clinical Orthopaedic Related Research*. 2003;(415):193-201.
- Han HW, Kim SS. Effect of close kinetic chain and open kinetic chain position on proprioceptive neuromuscular facilitation applied to the unilateral upper extremity on the muscle activation of lower extremity. *Journal of Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2009;7(3):17-27.
- Jean-Francois B, Jean P, Boucher L, et al. Balance training following stroke: effects of task-oriented exercises with and without altered sensory input. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2005;29(1):51-59.
- Kendal FP, McCreary EK, Provance PG, et al. Testing and function with posture and pain, 5th ed. Baltimore. Lippincott & Wilkins. 2005.
- Khayambashi K, Fallah A, Movahedi A, et al. Posterolateral hip muscle strengthening versus quadriceps strengthening for patellofemoral pain: a comparative control trial. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014;95(5):900-907.
- Kim KH, Park JW, Bae SS. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation applied to the unilateral upper extremity on the muscle activation of contralateral lower extremity. *Journal of Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2006;4(1):9-18.
- Kim WH. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on muscle irradiation patterns of the affected side of in stroke patients: a preliminary study. *Korean Research Society of Physical Therapy*. 2009;16(2):59-66.
- Knott M, Voss D. Proprioceptive neuromuscular facilitation/patterns techniques. New York. Harper and Row. 1968.
- Kofotolis N, Kellis E. Cross training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport*. 2007;8(3):109-116.
- Lee KJ, Kim TH. Wheelchair-based new millennium health gymnastics: muscle activity and upper limbs coordination by elbow exercise velocity. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*. 2014;9(2):161-170.
- Levinger P, Menz HB, Fotoohabadi MR, et al. Foot posture in people with medial compartment knee osteoarthritis. *Journal of Foot & Ankle Research*. 2010;3(1):29.
- Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta analysis. *Journal Applied Physiology*. 2004;96(5):1861-1866.
- Munn J, Herbert RD, Hancock MJ, et al. Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. *Journal Applied Physiology*. 2005;99(5):1880-1884.
- Nam SB. Effects of pelvic alignment on foot pressure, weight distribution ratio, and postural alignment. Silla University. Dissertation of Master's Degree. 2018.

- Neumann AD. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation. Philadelphia. Mosby. 2002.
- Rougier PR, Genthon N. Dynamic assessment of weight-bearing asymmetry during upright quiet stance in humans. *Gait & posture*. 2009;29(3):437-443.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Development of postural control, in motor control translating research into clinical practice, 3rd ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- Tamminen SP, Ylinen JJ, Siekkinen KM, et al. Effect of isometric upper-extremity exercises on the activation of core stabilizing muscles. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(3):513-521.
- Tiberio D. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model. *Journal of Orthopaedic & Sports physical Therapy*. 1987;9(4):160-165.
- Voss DE, Ionta MK, Myers BJ. Proprioceptive neuromuscular facilitation. Patterns and techniques, 3rd ed. New York. Harper & Row. 1985.
- Wing AM, Flanagan JR, Richardson J. Anticipatory postural adjustments in stance and grip. *Experimental Brain Research*. 1997;116(1):122-130.
- Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise Sport Sciences Reviews*. 2000;28(4):177-184.