

Original Article

Open Access

정상 성인의 가로막 이동거리 및 폐활량에 대한 고유수용성신경근촉진법 Bilateral pattern with Spiral pattern의 즉각적 효과

신경선 · 이유경 · 정은비 · 이동엽 · 홍지현 · 유재호 · 김성길 · 김진섭[†]
선문대학교 물리치료학과

Immediate Effects of Bilateral Pattern with Spiral pattern of PNF on Diaphragm Excursion and Vital Capacity in Normal Adults

Kyoung-Seon Shin, P.T., Ph.D. · Yu-Gyeong Lee, P.T., Ph.D. · Eun-Bi Jeong, P.T., Ph.D. ·
Dong-Yeop Lee, P.T., Ph.D. · Ji-Heon Hong, P.T., Ph.D. · Jae-Ho Yu, P.T., Ph.D. ·
Seong-Gil Kim, P.T., Ph.D. · Jin-Seop Kim, P.T., Ph.D.[†]

Department of Physical Therapy, Sunmoon University

Received: April 16, 2023 / Revised: May 25, 2023 / Accepted: June 1, 2023

© 2023 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 examine the immediate effects of different breathing training techniques on diaphragm excursion and vital capacity in healthy adults. Specifically, the study focused on comparing respiratory exercise without PNF, bilateral pattern respiratory exercise, and bilateral pattern with spiral pattern respiratory exercise.

Methods: Twenty-seven healthy adults in their 20s participated in the study. Diaphragm excursion and vital capacity were evaluated under three different conditions. A one-way repeated ANOVA was used to analyze the differences in diaphragm excursion and vital capacity among the interventions.

Results: Statistically significant differences were observed in diaphragm excursion among the interventions, comparing respiratory exercise without PNF, bilateral pattern respiratory exercise, and bilateral pattern with spiral pattern respiratory exercise. Similarly, statistically significant differences were found in vital capacity among the interventions without PNF respiratory exercise, bilateral pattern respiratory exercise, and bilateral pattern with spiral pattern respiratory exercise.

Conclusion: The study demonstrated that incorporating the spiral technique in respiratory exercise led to increased diaphragm excursion and lung capacity compared to other interventions. These findings suggest that PNF respiratory exercise combined with the spiral pattern may have clinical implications for the treatment of respiratory diseases. Further research is warranted to explore the long-term effects and clinical application of these approaches.

Key Words: Bilateral pattern, Diaphragm, Proprioceptive neuromuscular facilitation, Spiral pattern

[†]Corresponding Author : Jin-Seop Kim (skylove3373@sunmoon.ac.kr)

I. 서론

호흡은 들숨(inspiration)과 날숨(expiration)으로 나누어지며 가슴의 가슴 우리가 전후로 확장이 되고, 들숨 근은 가슴 공간의 용적을 증가시키고 대기 압력보다 압력을 낮추어 폐로 공기가 들어오도록 한다(De Vivo et al., 1999; Harper et al., 2013). 환기 작용으로 이루어진 신체의 가스교환 작용은 가로막 신경의 작용이 가로막이 능동적 수축을 활성화 시켜 공기를 기도를 통해 들어오게 하고, 날숨은 허파와 가슴 벽의 탄성 복원력과 가로막의 수동적 이완으로 공기주머니에서 가스 교환한 이산화 탄소가 많이 포함된 공기를 대기중으로 내보내게 된다(Lee, 2018). 호흡근은 인체의 움직임에 대해 직접적으로 관여하지는 않지만 움직임을 만들어 내는 골격 근육에 산소와 에너지를 공급하는 활동으로 움직임을 위해 필수적인 역할을 하는 근육이라고 할 수 있다. 호흡 기능의 부진이 발생하게 되면 호흡 운동은 호흡의 기능을 향상시킬 뿐만 아니라 심호흡계의 정상적인 반응을 유발하고 인체의 운동능력의 증진을 가져온다(Sutbeyaz et al., 2010). 그 중 가로막은 능동적인 흡기에 관여하는 주요 근육이며 가슴 안과 배 안을 분리하는 중요한 해부학적 역할도 한다. 그러나 가로막 근육은 인체의 다른 구조 및 기관과 마찬가지로 하나 이상의 기능을 갖고 있다(Kocjan et al., 2017).

위팔 근육들과 배쪽 깊은 근육들은 근육 시슬 관계를 가지고 있어 위팔의 운동 시 가로막은 복부의 압력을 증가시킴으로써 몸통의 안정성에 기여한다(Hodges et al., 2005; Khedr et al., 2000). 팔 저항 운동은 호흡근의 근력을 증가시키기에 효과적이며, 이러한 호흡근의 근력 증가는 건강한 사람에게도 신체의 운동능력을 향상하는데 도움이 될 수 있다(Kilding et al., 2010; Ramirez-Sarmiento et al., 2002). 위팔 운동 시 가슴 우리를 확장하면서 가로막근육의 활성화가 동시에 이루어질 때 대표적인 호흡근이 활성화되어 호흡 기능을 향상시키는 것으로 나타났다.(Han & Kim, 2018; Tarnanen et al., 2012). 선행연구에서 위팔 운동과

함께 수행한 가로막 호흡훈련은 가로막의 독립적인 운동보다 배 근육의 활성화 및 폐 기능 향상에 효과적인 결과를 보였다(Han & Kim, 2018; Tarnanen et al., 2012).

그 중 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptor neuromuscular facilitation, PNF)은 근육과 건 내의 고유수용기를 자극하여 기능을 향상시키고 근력, 유연성, 평형 등을 증진시켜 다양한 목적으로 사용되는 기법이다(Bae et al., 1998; Klein et al., 2002). 선행 연구에 의하면 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF를 통한 가슴 우리 저항운동 및 가로막 저항운동을 실시하였을 때 폐 기능을 향상시켜 폐 조직의 확장과 가슴 우리의 움직임 증진, 호흡 근육의 강화 및 지구력 증가에 도움이 된다고 보고 하였다(Kim et al., 2000). 이러한 PNF 기법의 적용은 호흡 속도와 깊이를 변경하여 호흡 수의 변화, 호흡 근육 활성화 및 가슴 우리의 안정성을 개선하여 가로막의 호흡 패턴을 향상시켜 일회 호흡량을 증가시키는 것으로 나타났다(Knott, 1957).

PNF 기법 중 Bilateral pattern은 치료사가 침범된 팔의 약한 근육이나 운동을 촉진하기 위하여 환자의 강한 팔로부터 방산을 이용하도록 하는 것이다. Bilateral pattern의 결합은 약한 쪽을 강화하기 위하여 강한 쪽을 이용하는 매우 유용한 패턴이다. Spiral pattern 운동 방법은 대상자의 양팔이 안쪽돌림으로 내려간 상태에서 시작 자세로 하여 양팔을 올리면서 검사자는 대상자의 팔을 안쪽돌림방향으로 저항을 주고 대상자의 손은 펴 상태이고 팔은 바깥돌림 방향으로 저항을 이기면서 양팔을 올리는 방법이다.

선행 연구를 확인한 결과 PNF 적용 시 Spiral pattern을 사용함에도 불구하고 Spiral pattern에 대한 폐활량 및 가로막이동거리 효과를 검증한 연구가 부족하였다. 따라서 본 연구에서는 고유수용성 신경근 촉진 기법 중 ‘Bilateral pattern’과 ‘Bilateral pattern과 Spiral pattern을 동시에 적용하였을 때 spiral pattern이 가로막의 이동거리 및 폐활량에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2022년 (IRB 승인일)부터 2022년 10월 27일까지 충남 아산시에 위치하는 S 대학교에 재학 중인 20대 이상의 여학생 30명을 대상으로 모집했지만 호흡기 감염으로 인해 3명이 중도 탈락되어 27명이 연구에 참여하였다.

연구에 참여하는 모든 대상자는 본 연구에 대해 충분히 이해할 수 있게 설명하여 참여하도록 동의를 받았으며 폐질환이 없고 정상 호흡이 가능하며 폐 기능 향상을 위한 치료나 운동치료를 받지 않았던 건강한 자로 선정하였다. 본 연구는 S대학교에 설치되어 있는 S대학교 IRB 임상 윤리위원회를 통해 승인을 받았다(SM-202204-010-2). 참가자들에 대한 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=27)

Characteristics	Mean±SD
Age(year)	21.38±1.06
Height(cm)	168.73±3.63
Weight(kg)	64.73±13.32
Smoking	1.8±0.4
Diaphragm(cm)	1.79±0.6

2. 측정방법 및 도구

1) 45도 기대어 앉은 자세에서 PNF를 적용하지 않은 호흡 운동

운동 방법은 실험대상자는 45도 기대어 앉은 자세에서 PNF를 적용하지 않고 대상자의 양팔이 내려간 상태를 시작으로 위로 올리면서 호흡을 하는 방법이다. 이때 검사자가 피험자에게 최대한 흡기했을 때 “최대로 숨을 들이마시고 천천히 내뱉으세요” 라고 지시하며 가로막의 두께를 측정하고 Spirometer로 폐활량(vital capacity)을 측정 하였다(Fig. 1).



Fig. 1. 45 degree sitting position respiration without PNF exercise.

2) 45도 기대어 앉은 자세에서 Bilateral pattern을 적용한 호흡 운동

운동 방법은 대상자의 양팔이 안쪽돌림으로 내려간 상태를 시작 자세로 하여 양팔을 올리면서 손은 펴고 팔은 바깥 돌림 방향으로 올린다. 양팔이 올려진 상태에서 피검사자는 펴 반대 방향으로 저항을 가할 때 호흡을 하고 이때 이 때 검사자가 피험자에게 최대한 흡기했을 때 “최대로 숨을 들이마시고 천천히 내뱉으세요”라고 지시하며 가로막의 두께를 측정하고 spirometer로 폐활량을 측정하였다(Fig. 2).



Fig. 2. 45 degree sitting position PNF Bilateral pattern respiration exercise.

3) 45도 기대어 앉은 자세에서 **Bilateral pattern**과 **Spiral pattern**을 적용한 호흡 운동

운동 방법은 대상자의 양팔이 안쪽돌림으로 내려간 상태에서 시작 자세로 하여 양팔을 올리면서 검사자는 대상자의 팔을 안쪽돌림방향으로 저항을 주고 대상자의 손은 펴므로 팔은 바깥돌림방향으로 저항을 이기면서 양팔을 올리는 방법이다. 양팔이 올려진 상태에서 호흡을 하고 이때 검사자가 피험자에게 최대한으로 흡기했을 때 “최대로 숨을 들이마시고 천천히 내뱉으세요”라고 지시하며 가로막의 두께를 측정하고 폐활량을 측정하였다(Fig. 3).



Fig. 3. 45 degree sitting position PNF Bilateral pattern with Spiral pattern respiration exercise.

4) 측정도구

(1) Ultrasonography

본 연구에서는 초음파기기 (Ultrasound System, ezono3000, Germany)를 이용하여 가로막 두께를 확인하였으며 가로막 두께 측정을 위해 불록한 탐촉자 (3.5~5Mhz)를 사용하였다. 먼저 대상자는 45도 누운 상태에서 빗장뼈 중심에 8번 갈비 사이로 B-mode를 이용하여 가로막의 위치를 확인 하였으며, 최대 흡기 시 가로막의 움직임은 허파의 팽창을 증가 시킬 수 있기 때문에 가로막의 기능을 확인하기 위해 M-mode로 변경하여 대상자가 최대 날숨과 최대 들숨을 하였

을 때 가로막의 최대 이동 거리를 측정하였다(Fig. 4)(Fig. 5). 정확도와 재현성을 유지하기 위하여 3번씩 측정하여 평균값을 제시 하였다. 1회 측정 후 약 2분간의 휴식시간을 주었다. 흡기와 호기 시 가로막의 두께가 다르기 때문에 각각의 호흡시 가로막의 두께 중앙점이라고 생각되는 저 에코 부분을 기준으로 하여 이동거리를 측정하였다.



Fig. 4. Ultrasonography measure.

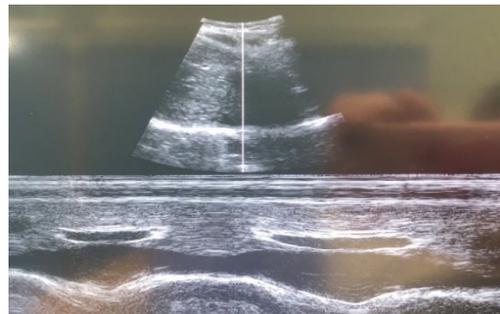


Fig. 5. Ultrasonography image.

(2) Spirometer

본 연구에서는 호흡측정기구(Spirometer Pony FX, COSMED, Italy)를 사용하여 폐활량을 확인하였다. 대상자는 45도 누운 자세에서 마우스피스를 입에 물고 ‘시작’이라는 신호와 3번 호흡을 실시하였다. 우선 정상시 호흡으로 1~2회 정도 호흡 후, 강하게 들이마신 후 최대한 천천히 오래 내뱉도록 하였다. 시작 전에 코 클립을 이용하여 코 속으로 공기가 유입되지 않도록 진행하였으며, 이때 측정기구를 통해 폐활량 값을

측정하였다. 측정은 각 호흡 운동 후에 1회씩 총 3회 측정하여 평균값을 제시 하였다. 1회 측정 후 약 2분간의 휴식시간을 주었다(Fig. 6)(Fig. 7).



Fig. 6. Spirometer equipment.



Fig. 7. Spirometer measure.

3. 자료 분석

본 연구의 분석 방법은 SPSS 22.0 version을 사용하였다. 정규성을 확인하기 위하여 Shapiro-wilk 검증을 실시하였으며, 정규성을 만족하였다. 일반적 특성을

평가하기 위해 기술 통계를 사용하여 평균과 표준 편차로 제시 하였다. 한 집단의 3가지 호흡운동을 비교하기 위해 One-way repeated-ANOVA를 실시하였다. 통계적 유의 수준은 0.05 이하로 설정하였다. 사후검정은 Bonferroni 검증을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 중재방법에 따른 가로막 이동거리

본 연구는 PNF 미적용 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동과 Spiral pattern을 동시에 적용하였을 때 가로막 이동거리를 측정하였다 (Table 2). PNF 미적용 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동과 Spiral pattern 동시 적용을 비교하면 가로막 이동거리에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 사후 검정 결과 PNF 미적용 호흡 운동과 Bilateral pattern 호흡운동을 비교하였을 때 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 하지만 PNF 미적용 호흡 운동과 Bilateral pattern 호흡운동 보다 Bilateral pattern 호흡 운동과 Spiral pattern을 동시 적용하였을 때 가로막 이동거리는 유의하게 향상 되었다($p < 0.05$).

2. 중재 방법에 따른 폐활량 및 % 폐활량의 차이

본 연구는 PNF 미적용 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동과 Spiral pattern을 동시에 적용하였을 때 폐활량의 차이를 측정하였다 (Table 3). PNF 미적용 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동, Bilateral pattern 호흡 운동과 Spiral pattern 적용 시 폐활량 및 % 폐활량에 유의한 차이가 있었다

Table 2. Comparison of the diaphragm excursion according to PNF respiration exercise (n=27)

	No PNF ^a	Bilateral pattern ^b	With spiral pattern ^c	F	p	Post-hoc
Diaphragm(cm)	3.05±0.80	3.05±0.86	5.01±1.14	39.94	.000*	c>a,b

* $p < 0.05$, Values indicate mean ± standard deviation

Table 3. Comparison of the vital capacity according to PNF respiration exercise (n=27)

	No PNF ^a	Bilateral pattern ^b	With Spiral pattern ^c	F	p	Post-hoc
VC(ml)	3.42±0.86	3.75±0.74	3.87±0.79	4.54	.02*	c>b>a
%VC	89.70±22.65	97.92±16.41	101.07±15.36	4.68	.02*	c>b>a

* p < 0.05, Values indicate mean ± standard deviation, VC: vital capacity

(p<0.05)(Table 3). 폐활량 및 %폐활량에서 사후검증 결과 PNF 미적용 호흡운동보다 Bilateral pattern 호흡운동과 Bilateral pattern 호흡운동과 Spiral pattern을 동시에 적용하였을 때 폐활량 및 %폐활량이 유의한 증가를 보였다(p<0.05). 또한 Bilateral pattern 호흡운동만 적용한 것 보다는 Bilateral pattern 호흡운동과 Spiral pattern을 동시에 적용하였을 때 폐활량 및 % 폐활량이 유의하게 향상 되었다(p<0.05).

IV. 고 찰

본 연구는 20대 대학생들을 대상으로 PNF 미적용 호흡운동, Bilateral pattern 호흡운동, Bilateral pattern 호흡운동과 Spiral pattern을 동시에 실시 하여 45도 기대어 앉은 자세에서 가로막의 이동 거리와 폐활량의 변화를 비교하였다. 본 연구에서는 PNF를 이용한 호흡운동을 인체에서 편안함을 줄 수 있고 복부 근의 이완된 자세로 중력의 저항적인 영향을 적게 받는 자세로 보고되어 있는 45도 자세로 기대어 앉은 자세로 본 연구를 실시하였다(Kisner et al., 2017; Seo et al., 2019).

본 연구 결과 Spiral pattern과 동시에 호흡운동을 실시한 조건에서 가로막의 이동거리가 가장 유의하게 증가되는 결과를 보였다. 본 연구에서 가로막의 이동거리가 가장 향상된 이유는 선행선행연구 주장 한 것과 같이 PNF technique에서 신체의 한 부분에 저항을 가하면 다른 부분에 근 수축이 일어나는 방산(irradiation)을 유발하게 되며, 방산은 목표하는 근육을 직접적으로 저항을 가하여 수축시키지는 않지만 다른 부위의 작용을 유도하여 근육을 활성화 시킬 수 있기

때문에 본 연구에서도 가로막의 이동거리가 증가된 것으로 판단된다(Lee & Cho, 2021). 또한, Spiral pattern을 적용한 저항은 삼차원 적이며 나선상의 대단위 움직임을 촉진시키기 때문에 호흡근의 움직임을 보다 향상시킬 수 있다고 보고된 바 있다(Kim et al., 2020). 따라서 본 연구에서 Bilateral pattern과 Spiral pattern을 동시에 적용하였을 때 사슬 형태의 근육의 활성화를 증가시키고, 가슴 우리의 확장 및 호흡근의 확장을 유도할 수 있었을 것이라 판단된다.

또한 본 연구에서는 Bilateral pattern과 Spiral pattern을 적용하였을 때 Bilateral pattern만 적용하였을 때보다 폐활량이 향상된 것을 확인하였다. Mead 등(1982)에 의하면 흡기동안 가슴 우리의 확장보다 가로막의 움직임이 흡기에 미치는 영향이 높다고 보고 되어있다. 따라서 본 연구에서도 Bilateral pattern만을 이용한 조건에서는 가슴 우리의 확장을 높여 Bilateral pattern을 사용하지 않은 조건 보다는 호흡량에서 향상된 결과를 보였지만 가로막의 움직임에는 유의한 영향을 미치지 못하였다. 하지만 Bilateral pattern 자세에서 Spiral pattern을 적용 시 방산으로 인해 가로막의 이동거리를 향상시키면서 Bilateral pattern을 적용한 조건보다 가슴 우리의 확장과 가로막의 움직임으로 인하여 폐활량 자체를 높일 수 있게 된 것으로 판단된다. 선행연구에서도 고유수용성 신경근 촉진기법을 적용하였을 때 직접적으로 호흡근력을 향상시키는 호흡운동을 하지 않았지만, 방산의 효과로 호흡근력 증가가 나타나 호흡 기능의 향상시킬 수 있다고 보고 되어 선행연구와 유사한 결과를 보였다(Lee & Cho, 2021). 호흡근력과 가슴 움직임은 허파의 용량과 연관성이 있으며, 가슴의 움직임이 클수록 최대 들숨 압력이 커진다고 보고되었는데(Kwon & Cho, 2021), 선행 연

구와 유사하게 본 연구에서도 팔 저항이 없는 조건보다는 팔에 대한 저항을 가한 조건에서 유의하게 폐활량의 차이가 나타나 선행연구와 유사한 결과를 보였다. 따라서 고유수용성 신경근 축진기법을 이용한 팔 저항운동이 호흡과 서로 긴밀한 관련성을 가지며 작용하고 있으며, 특히 Spiral pattern을 이용하게 되면 방산의 증가로 인해 보다 향상된 폐활량의 증진을 가져올 수 있었던 것으로 판단된다.

하지만 본 연구는 다음과 같은 제한 점을 가지고 있다. 본 연구는 중재에 대해 일회성 측정으로 인하여 조건 별에 대한 장기간 중재에 대한 효과를 확인하기 어려웠으며, 대부분 20대 건강한 여성을 대상으로 적용하여 본 연구 결과를 일반화 할 수 없으며, 호흡계 질환을 가진 대상에 대해 연구가 진행되지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 이를 보완하여 중재 기간을 늘리고 다양한 연령대 호흡계 질환 환자들을 대상으로 가로막의 움직임과 폐활량의 효과에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구는 Bilateral pattern 호흡 운동과 Spiral pattern을 동시에 적용 하였을 때 가로막 이동 거리와 폐활량이 증가에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 그 결과 Bilateral pattern 호흡 운동시 단순한 저항 뿐만 아니라 Spiral pattern을 동시에 적용할 때 가로막의 움직임을 증가시키고 폐활량을 향상시킬 수 있었다. 따라서 향후 호흡기 질환을 가진 대상자의 호흡량을 증가시키기 위해서는 Bilateral pattern을 이용한 호흡 운동 시 Spiral pattern을 함께 적용하는 것이 가로막의 기능과 폐활량을 향상시킬 수 있을 것이라 판단된다.

References

Bae SS, Chung HK, Kim HB. Motion Analysis at Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Patterns. *The Journal of*

Korean Physical Therapy. 1998;10(1):213-221.

De Vivo MJ, Krause JS, Lammertse DP. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999;80(11):1411-1419.

Han JW, Kim YM. Effect of breathing exercises combined with dynamic upper extremity exercises on the pulmonary function of young adults. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2018;31(2):405-409.

Harper CJ, Shahgholi L, Cieslak K, et al. Variability in diaphragm motion during normal breathing, assessed with b-mode ultrasound. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2013;43(12):927-931.

Hodges PW, Eriksson AM, Shirley D, et al. Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*. 2005;38(9):1873-1880.

Khedr EM, El Shinawy O, Khed, T, et al. Assessment of corticodiaphragmatic pathway and pulmonary function in acute ischemic stroke patients. *European Journal of Neurology*. 2000;7(3):323-330.

Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;108(3):505-511.

Kim OK, Park SH, Seo KC. The Effects on the Convergence Vital Capacity and Maximal Voluntary Volume of 20's Normals Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Respiration Exercise by Sitting Position. *Journal of the Korea Convergence Society*. 2020;11(5):43-49.

Kim, JH, Hong WS, Bae SS. The Effect of chest physical therapy on improvement of pulmonary function in the patients with stroke. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2000;12(2):133-144.

Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: foundations and techniques, seventh edition, Philadelphia, F.A. Davis, 2017.

- Klein DA, Stone WJ, Phillips WT, et al. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2002;10(4):476-488.
- Knott M. Report of a case of parkinsonism treated with proprioceptive facilitation technics, *The Physical Therapy Review*. 1957;37(4), 229.
- Kocjan J, Adamek M, Gzik-Zroska B, et al. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. *Advances in Respiratory Medicine*. 2017;85(4):224-232.
- Kwon GI, Cho YH. Effects of Exercise using PNF Chopping and Lifting Pattern on the Respiratory Function of Chronic Stroke Patients. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2021;16(4):77-83.
- Lee DK, Kim SH. The effect of respiratory exercise on trunk control, pulmonary function, and trunk muscle activity in chronic stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2018;30(5):700-703
- Lee SM. Cardiovascular & pulmonary physical therapy, 3rd ed, Seoul, Hyunmoonsa, 2018.
- Lee YH, Cho YH. The effects of trunk stability exercise using stabilizing reversal and rhythmic stabilization techniques of PNF on trunk strength and respiratory ability in the elderly after stroke. *PNF and Movement*. 2021;19(1):105-113.
- Mead J, Loring SH. Analysis of volume displacement and length changes of the diaphragm during breathing. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*. 1982;53(3):750-755
- Ramirez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R, et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2002; 166(11):1491-1497
- Seo KC, Park SH., Cho MS. The Effects on the Pulmonary Function of 20's Females Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Respiration Pattern Convergence Exercise by Sitting Position. *Journal of the Korea Convergence Society*. 2019;10(6):95-101.
- Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L, et al. Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2010;24(3):240-250
- Tamanen SP, Siekkinen KM, Häkkinen AH, et al. Core muscle activation during dynamic upper limb exercises in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2012;26(12):3217-3224.