KJAB
Korean Journal of Applied Biomechanics 2023; 33(2): 52-61
http://dx.doi.org/10.5103/KJAB.2023.33.2.52
http://e-kjab.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

The Effect of Combined Functional Intervention Program on Changes in Pain and Contractile Properties in Prime-aged Females with Non-specific Chronic Low Back Pain

복합 기능 운동 중재 프로그램이 비특이적 만성요통 장년 여성의 통증 변화 및 수축 특성 변화에 미치는 효과

Hyungwoo Lee[1,2,5], Seungwon Lee[2,5], Kyoungkyu Jeon[1,2,3,4,5]

[1]Division of Sport Science, Incheon National University, Incheon, South Korea
[2]Department of Human Movement Science, Incheon National University, Incheon, South Korea
[3]Sport Science Institute, Incheon National University, Incheon, South Korea
[4]Health Promotion Center, Incheon National University, Incheon, South Korea
[5]Functional Rehabilitation Biomechanics Laboratory, Incheon National University, Incheon, South Korea

Received : 25 March 2023
Revised : 18 April 2023
Accepted : 24 April 2023

Corresponding Author
Kyoungkyu Jeon
Division of Sport Science/
Incheon National University, 119
Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon
22012, South Korea
Email : jeonkay@inu.ac.kr

Objective: This study aimed to investigate the effect of a combined functional intervention program on the pain-related questionnaire, the erector spinae contractile properties, and trunk extensor strength of prime-aged females with non-specific chronic low back pain.

Method: 16 (female: 16) prime-aged subjects (age: 60.88 ± 6.09 years, height: 158.16 ± 5.58 cm, weight: 59.05 ± 9.44 kg) participated in this study.

Results: Except for Tampa Scale of Kinesiophobia all pain-related questionnaires revealed a significant decrease after the intervention program (p<.001). Tensiomyography of the erector spinae revealed a significant post-intervention program increase in the maximum radial displacement (p<.05) and velocity of contraction (p<.05), however, there wasn't a significant post-intervention program change in the contraction time. Additionally, Trunk extensor strength showed a significant increase post-intervention program (p<.001).

Conclusion: Our results indicated that the combined functional intervention program positively changed pain-related questionnaires and reduced erector spinae muscle stiffness, increasing the velocity of erector spinae contraction. Additionally, improved the trunk extensor strength.

Keywords: Non-specific chronic low back pain, Combined functional intervention program, Pain-related questionnaires, Contractile properties, Erector spinae

Copyright © 2023 Korean Journal of Applied Biomechanics
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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCTION

감소된 신체 활동량 및 자동화된 삶에 노출된 현대인들은 각종 근골격계 질환에 노출되고 있다(Hong & Shin, 2020). 더불어 코로나바이러스감염증-19(COVID-19)으로 인해 현대인들의 일상 생활에서 신체 활동량 감소 및 좌식 생활의 증가 등의 많은 변화가 나타났다(Castañeda-Babarro, Arbillaga-Etxarri, Gutiérrez-Santamaría & Coca, 2020). 이 중 요통은 전체 인구의 80% 이상이 생애 한번쯤은 경험하는 매우 흔한 증상으로 전 세계적으로 가장 큰 보건 문제 중 하나로 보고되고 있으며(Daneau et al., 2021; Hartvigsen et al., 2018; Illes, 2015; O'Sullivan, 2005), 재발률이 높고 대부분 만성 요통으로 발전하는 특징을 갖고 있다(Tsuji, Matsudaira, Sato & Vietri, 2016). 만성 요통은 12주 이상의 기간 동안 지속되는 통증으로 정의되며, 최대 90% 정도가 특정 진단을 내릴 수 없는 비특이적 만성 요통으로 분류된다(Owen et al., 2020; Qaseem, Wilt, McLean & Forciea, 2017). 이러한 요통은 물리적, 심리적, 사회적, 생활 방식 등의 다양한 요인들이 상호 연관된 다차원적인 장애라는 증거가 지속적으로 제시되고 있다(O'Sullivan, Caneiro, O'Keeffe & O'Sullivan, 2016).

만성 요통의 유병률은 30대부터 60대 까지 선형적(linear)으로 증가하며, 신체의 노화 현상과 밀접한 관련이 있다(Hayden, Ellis, Ogilvie, Malmivaara & van Tulder, 2021; Meucci, Fassa & Faria, 2015). 또한, 모든 연령대에서 여성이 남성보다 유병률이 높은 특징을 나타내며, 젊은 사람들에 비해 노인들에게서 요통으로 인한 신체적 장애가 더 크게 나타난다고 보고되고 있다(Jarvik et al., 2014; Maher, Underwood & Buchbinder, 2017). 노화된 여성이 남성에 비해 가사 노동 등의 허리에 무리가 되는 동작이 많으며, 상대적으로 감소된 근육량 등의 문제로 인해 여성 노인(26.1%)에서 남성 노인(11.8%)보다 더 높은 요통 유병률이 나타난다(Jacobs, Hammerman-Rozenberg & Stessman, 2005; Meucci et al., 2015). 또한, 여성은 기계적 압통으로 인한 통증 후유증이 심하며, 통각 과민증과의 양의 상관관계가 있으며, 사회적 지지, 긍정적 자기 진술, 감정 중심 기술 인지적 재해석, 주의 집중 등의 심리사회적 요인으로부터 남성 보다 여성이 더 높은 통증 강도를 경험하는 경향이 있다고 보고되었다(Subramanian & Venkatesan, 2022). 이처럼, 연령대가 높은 여성의 비특이적 만성 요통 환자들 경우, 생물학적 원인 및 심리사회적 요인 등을 포함한 다인성(multifactorial) 원인이 있으며, 정상적인 일상 생활 수행 및 독립성의 감소로 이어질 수 있다(Vadalà et al., 2020). 따라서, 비특이적 만성 요통 겪으며 연령대가 높은 여성 환자의 삶의 질을 향상시키기 위해 예방 및 완화를 위한 관리가 필요하다.

임상 진료 지침에서는 만성 요통의 중재 방법으로 운동을 1차적으로 권장하고 있다(Hayden, Ellis, Ogilvie, Stewart et al., 2021). 효과적인 운동은 요통으로 인해 나타나는 체간 신전 근력, 가동성, 지구력, 기능 장애, 통증 감소 등을 개선 및 향상시킬 수 있다(Suh, Kim, Jung, Ko & Ryu, 2019; Wun et al., 2021). 일반적으로 요통의 예방 및 완화 운동으로 특정 몸통 근육의 기능의 개선을 목표로 한 코어 안정화 운동이 널리 사용되고 있지만, 다른 형태의 운동과 비교하였을 때 통증 및 기능 장애 개선을 위한 최적의 방법으로써는 논란의 여지가 있다(Gomes-Neto et al., 2017; Smith, Littlewood & May, 2014). 최근 코어 안정성 운동을 비롯하여 여러 운동을 결합한 복합 운동 중재 방법이 요통으로 인한 통증 및 기능적 장애 개선에 더 효과적이라는 증거가 지속적으로 제시되고 있다(Frizziero, Pellizzon, Vittadini, Bigliardi & Costantino, 2021). 그러나, 복합 운동 중재 방법의 효과를 규명한 연구는 부족한 실정이며, 비특이적 만성 요통의 특징인 생물학적 및 심리사회적 요인 등의 다차원적인 원인에 대한 결과 변인을 비교한 연구 또한 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구는 비특이적 만성 요통을 겪는 장년 여성을 대상으로 4주 간의 복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여가 심리사회적 요인인 통증 관련 설문지 결과와 요통으로 인해 구조적 변화 및 퇴행이 있을 수 있는 척추기립근의 정적 수축 특성과 체간 신전근의 근력에 미치는 영향에 대해 분석하고자 한다(Goubert, Van Oosterwijck, Meeus & Danneels, 2016). 이를 통해, 비특이적 만성 요통의 예방 및 완화를 위한 효과적인 운동 중재 프로그램 개발에 기초 자료를 제시하는데 목적이 있다.

METHODS

1. 연구 대상

본 연구는 시각적 통증 상사 척도가 5점 이상이며(Shafshak & Elnemr, 2021), 특정한 병리학적 원인을 결정할 수 없으며, 조직의 긴장 및 염좌라고 표현되는 비특이적 만성 요통을 겪고 있는 50~65세의 장년 여성 16명을 대상으로 실시하였다. 또한, 복합적 기능 운동 중재 프로그램에 참여에 지장이 없는 대상자를 선정하기 위해 "현재 건강상의 문제 또는 신체 및 정신적 장애로 인해 일상 생활에 제한이 없다" 라고 응답한 대상자로 선정하였으며, 최근 6개월 이내 근골격계 및 신경계 질환으로 인한 수술 이력이 있거나 악성 종양, 척추 관절 병증, 신경근 병증 등과 같은 특정한 병리학적 원인이 있는 특이적 만성 요통 환자의 경우 제외하였다. 본 연구는 인천대학교 기관생명윤리위원회(INUIRB NO. 7007971-202108-005)에 승인 절차를 거친 후 진행되었으며, 모든 피험자들에게 실험 및 운동 중재 프로그램에 참여하기 전 연구 내용과 절차에 대한 설명을 하고 참여의사와 동의서를 받았다. 이러한 피험

자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristic of participants

Variables	Value
Sample Size (n)	16
Age (years)	60.88±6.09
Weight (kg)	59.05±9.44
Height (cm)	158.16±5.58
VAS (cm)	5.94±1.01
KODI (%)	34.38±14.01
PCS (0~48)	35.50±12.53
TSK (17~68)	39.19±11.82
FreBAQ (0~36)	20.44±10.20

Note. Data are mean ± standard deviation
Abbreviation: VAS; visual analog scale, KODI; Korean version of the Oswestry disability index, PCS; Pain Catastrophizing Scale, TSK; Tampa Scale of Kinesiophobia, FreBAQ; Fremantle Back Awareness Questionnaire

2. 측정 방법

1) 통증 관련 설문지

(1) 시각적 통증 상사 척도

일반적으로 요통의 정도에 대해 대상자가 직접 표시하는 시각적 상사 척도(Visual Analogue Scale, VAS)가 있으며(Aoki et al., 2012), 이는 10 cm의 직선 위에 0의 통증 없음에서부터 10의 매우 심한 통증으로 제시된 선 위에 자신의 통증 정도를 표시하여 평가하며, 4 cm 이상의 표시는 중증 장애를 예측할 수 있으며, 만성 요통을 진단 및 예측하는데 유효한 방법으로 보고되고 있다(Kliger et al., 2015; Shafshak & Elnemr, 2021).

(2) 한국어판 오스웨스트리 장애 지수

비특이적 만성 요통 환자는 신체 기능의 제한이 있다고 자주 보고되고 있으며(Frizziero et al., 2021; Kim & Shin, 2020; Sipaviciene & Kliziene, 2020), 이에 따라 다양한 건강 구성을 나타내는 10가지 항목에서 요통을 평가하는데 기능적인 상태를 수치로 나타내는 방법인 오스웨스트리(Oswestry Disability Index, ODI) 설문지가 자주 사용된다(Chiarotto et al., 2016; Fairbank & Pynsent, 2000). Jeon, Kim, Kim, Lee & Park 등 (2005)는 ODI로 문화 간의 개작을 통해 한국어판 Korean Oswestry Disability Index (KDOI)를 개발하여 신뢰성을 입증하여, 현재 한국에서 널리 사용하고 있다. 또한, KODI는 한국 환자의 장애 측정에 신뢰할 수 있으며, 타당한 설문지이다(Kim et al., 2005).

(3) 통증 파국화 척도

통증 파국화 척도(Pain Catastrophizing Scale, PCS)는 총 13항목으로 구성되어 있으며, 각 항목마다 0(전혀 아니다) ~ 4(항상 그렇다)까지 중에서 체크하고, 주로 통증을 느끼는 동안의 주관적인 생각이나 느낌을 평가하기 위해 활용된다(Walton, Wideman & Sullivan, 2013). PCS는 만성 요통 환자의 통증 상태에 대한 통증 파국화를 파악하는데 유용한 척도임이 입증되었으며(Ibrahim, Akindele, Kaka & Mukhtar, 2021), 점수가 높을수록 파국적인 사고의 정도가 높다는 것을 나타낸다(Fujii, Imai, Shigetoh, Tanaka & Morioka, 2022).

(4) 운동공포증 평가

운동공포증 평가(Tampa Scale of Kinesiophobia, TSK)는 17개 항목으로 구성된 설문지이며, 요통 환자의 움직임에 대한 부상 혹은 재 부상에 대한 두려움을 평가할 때 사용하는 타당하고 신뢰할 수 있는 테스트이다(Swinkels-Meewisse, Swinkels, Verbeek, Vlaeyen & Oostendorp, 2003). 총 점수 범위는 17에서 68까지이며 점수가 높을수록 더 큰 두려움을 반영하며, 37점을 기준으로 높은 점수와 낮은 점수를 구별한다(Norris & Matthews, 2008). TSK 점수가 높은 환자는 장기적으로 보았을 때 장애가 발생할 위험이 증가되고 업무 및 일상 생활에 참여가 제한되는 것으로 간주된다(Gregg et al., 2015).

(5) 신체 지각도 평가

신체 지각도 평가(Fremantle Back Awareness Questionnaire, FreBAQ)는 만성 요통이 있는 사람들의 특정한 신체적 지각도를 빠르고 간단하게 측정하기 위해 개발되었으며, 자기 인식을 평가하는 심리학적인 방법이다(Nishigami et al., 2018). 자기 인식의 수준은 통증 강도 및 장애와 양(positive)의 상관관계가 있을 뿐만 아니라 심리적 통증, 통증 파국화, 공포 회피 신념 및 요추 압박 통증 역치와의 높은 연관성을 나타낸다(Wand et al., 2016).

2) 척추기립근 수축 특성

대상자들의 척추기립근의 정적 수축 특성을 분석하기 위하여 기계근 조영(Mechanomyographic, MMG)의 평가 방법 중 하나인 근장력계(Tensiomyography, TMG-100 System electro-stimulator, Slovenia)를 활용하였다. 이는 1 ms 시간 동안 0~100 mA의 단일 전기적 자극으로 측정하고자 하는 근육을 자

극하여 비자발적인 수축을 유도함으로써 근복(muscle belly)의 방사상 변위의 시간적 및 공간적 변인을 통해 골격근의 기계적 및 신경근 특성, 단일 근육 경직도를 비침습적으로 평가하는 장비이다(Ditroilo, Smith, Fairweather & Hunter, 2013; Macgregor, Hunter, Orizio, Fairweather & Ditroilo, 2018; Martín-Rodríguez, Loturco, Hunter, Rodríguez-Ruiz & Munguia-Izquierdo, 2017; Rey, Lago-Penas & Lago-Ballesteros, 2012). 대상자들에게 측정 전 결과 값에 영향을 미칠 수 있는 카페인 섭취, 운동 및 근막 이완술 등을 제한하도록 하였다(Lee, Kim, An & Jeon, 2022). 측정은 <Figure 1>과 같이, 복와위 자세(prone position)에서 Perotto 등 (2011)의 측정 지침에 따라 척추기립근의 해부학적인 위치의 근복 부위에 수성펜으로 표시한 후 근육 최대 수축 변위(Maximum radial displacement, Dm)의 최대 값인 15 mm를 고려하여 디지털 변위 센서를 수직으로 배치하였다. 전극 패드 간 간격을 5 cm로 통일하여 근위부에는 양극 패드를 원위부에는 음극 패드를 부착하였으며, 초기 20 mA의 전기 자극을 부여하였고 측정 간 15초의 쉬는 시간을 설정하면서 이후 20 mA 씩 점진적으로 증가시키는 프로토콜을 활용하였다(Lee et al., 2022). 모든 측정은 센서 배치 및 부착과 전기 자극을 부여하는 두 명의 동일한 연구원이 측정하였으며, 사전·사후 측정도 동일하게 진행하였다. 척추기립근의 정적 수축 특성을 분석하기 위해 임상적으로 관련이 있고, 급내 상관계수(Intra-class correlation coefficient, ICC)가 높은 변인으로 알려져 있는 Dm 및 근육 최대 수축 변위의 10%에서 90%로 수축하는데 걸리는 시간(Contraction time; Tc)를 산출하였다(Martín-Rodríguez et al., 2017; Paravlic, Pisot & Simunic, 2020). 추가적으로 TMG에서 제공하는 근육의 기계적 특성을 통합할 수 있는 근육 수축 속도(Velocity of Contraction; Vc)를 전기적 자극 후 근육 최대 수축 변위의 10%에 도달하는데 걸리는 시간(delay time; Td)을 추가하여 아래 공식을 통해 산출하였다(Martín-Rodríguez et al., 2017). 모든 결과는 양쪽을 합산한 평균 값으로 산출하였다.

Figure 1. Measurement of tensiomyography

$$Vc(mm/ms) = \frac{Dm}{Tc + Td}$$

3) 체간 신전 근력

대상자들의 체간 신전근의 근력을 측정하기 위하여 배근력계(TKK 5402, Takei, Japan)을 사용하였다. 측정 방법은 배근력계 발판에 양발을 15 cm 정도 벌린 자세에서 손을 펴게 한 후 손가락 끝 부분에 배근력계 손잡이를 위치시켜 무릎과 허리를 곧게 펴도록 한 후 최대치로 당기도록 지시하였다(Figure 2). 측정 시 동기 부여 등의 심리적 요소를 배제시킬 수 있도록 하였으며, 총 2회의 측정 기회를 부여하여 평균 값으로 결과를 산출하였다.

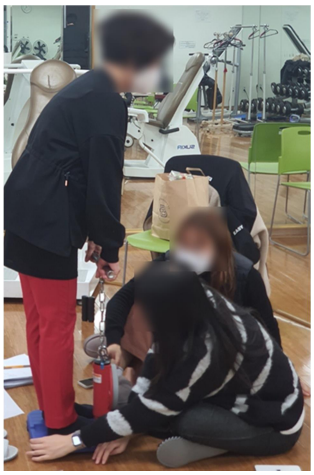

Figure 2. Measurement of trunk extensor strength

3. 복합적 기능운동중재 프로그램

장기간의 코어 안정화 운동은 통증 및 움직임에 대한 부정적인 신념을 더욱 확대하는데 도움을 주며, 일반적인 운동과 비교하였을 때 공포-회피 반응 설문지 결과, 점수가 더 나쁜 경향을 보인다고 하였다(Smith et al., 2014). 또한, 요통의 원인이 불명확한 비특이적 만성 요통 환자에게는 표적 운동이 아닌 전신 기능 운동(functional training)을 권장하는 경우가 많다(Tsauo, Chen, Liang & Jang, 2009). 따라서, 본 연구에서는 코어 안정화 운동뿐만 아니라 다른 운동과 비교하였을 때 비특이적 만성 요통 환자의 통증 강도 및 기능적 장애의 지속 가능한 개선 효과가 있는 움직임 제어 및 상·하지 근력 향상을 목표로 하는 복합적 기능 운동 중재 프로그램을 실시하였

Table 2. Combined functional intervention program

		Exercise	Intensity	Time
Warm-up		Foam rolling & Stretching	Pain-free range	10 min
Main	Sector 1	Bracing & Hollowing Bird dog Dead bug Hip Bridge Back Extension Plank (side & prone)	1 rep (5-sec contraction 5-sec relaxation) 20 reps / 1 set Total 3 sets	50 min
	Sector 2	Thoracic mobility exercise Hip hinge One-leg deadlift	12~15 reps / 1 set Total 3 sets	
	Sector 3	Push-up Squat Split-squat Shoulder - press & lateral raise Biceps curl	15~20 reps / 1 set Total 3 sets	
Cool-down		Foam rolling & Stretching	Pain-free range	10 min

Table 3. Result of pain-related questionnaire

Variables	Pre	Post	*t*	*p*
VAS (cm)	5.94±1.01	2.81±1.53	7.340	≤0.0001***
KODI (%)	34.38±14.01	20.75±12.69	4.482	≤0.0001***
PCS (0~48)	35.50±12.53	18.50±13.50	7.184	≤0.0001***
TSK (17~68)	39.19±11.82	32.94±7.41	1.929	0.073
FreBAQ (0~36)	20.44±10.20	10.38±6.83	4.244	0.001**

Note. Mean ± Standard Deviation, $^{**}p < .01$, $^{***}p < .001$
Abbreviation: VAS; visual analog scale, KODI; Korean version of the Oswestry disability index, PCS; Pain Catastrophizing Scale, TSK; Tampa Scale of Kinesiophobia, FreBAQ; Fremantle Back Awareness Questionnaire

다(Gordon & Bloxham, 2016; Niederer & Mueller, 2020). 프로그램은 준비 운동 - 메인 운동 - 정리 운동으로 1회에 70분으로 주 2회, 총 4주 동안 진행되었다. 운동 프로그램은 전문자격을 갖춘 메인 강사 1명과 보조 강사 5명으로 운영되었다(Table 2).

4. 통계 분석

본 연구에서 수집된 모든 데이터는 Window 용 SPSS 프로그램(version 26.0, SPSS Inc., IBM, USA)을 하였으며, 평균과 표준편차(Mean ± SD)로 산출하였다. 모든 데이터에 대한 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk test를 실시하였으며, 그 결과 정규성이 검증되었다. 복합적 기능 운동 중재 프로그램의 효과를 규명하기 위해 대응 표본 *t*-검정(Paired *t*-test)를 사용하여 집단 내의 사전 및 사후 측정 결과 변인을 비교하였다. 모든 통계치의 유의수준은 $p<.05$로 설정하였다.

RESULTS

1. 통증 관련 설문지 결과

통증 관련 설문지의 사전 및 사후 비교 분석 결과, TSK를 제외한 모든 변인에서 측정 간의 유의한 차이가 나타났다(VAS, t_{15} = 7.340; p = 0.000), (KODI, t_{15} = 4.482; p = 0.000), (PCS, t_{15} = 7.184; p = 0.000), (FreBAQ, t_{15} = 4.244; p = 0.001) (Table 3).

Table 4. Result of Erector spinae contractile properties

Variables	Pre	Post	*t*	*p*
Tc (ms)	21.80±7.47	23.15±10.29	-0.577	0.572
Dm (mm)	1.80±1.00	2.24±1.24	-2.730	0.016*
Vc (mm/ms)	0.04±0.02	0.05±0.03	-2.162	0.047*

Note. Mean ± Standard Deviation, *p < .05
Abbreviation: Tc, contraction time; Dm, maximum radial displacement; Vc: velocity of contraction

Table 5. Result of trunk extensor strength

Variables	Pre	Post	*t*	*p*
Trunk extensor strength (kgf)	35.60±14.14	58.96±17.74	-6.863	≤0.0001***

Note. Mean ± Standard Deviation, ***p < .001
Abbreviation: Tc, contraction time; Dm, maximum radial displacement; Vc: velocity of contraction

2. 척추기립근 수축 특성 결과

척추기립근의 수축 특성의 사전 및 사후 비교 분석 결과, Tc는 측정 간의 유의한 차이가 나타나지 않았으나(t_{15} = -0.557; p = 0.572), Dm(t_{15} = -2.730; p = 0.016)과 Vc(t_{15} = -2.162; p = 0.047)에서는 유의한 차이가 나타났다(Table 4).

3. 체간 신전 근력 결과

체간 신전근의 근력의 사전 및 사후 비교 분석 결과, 측정 간의 유의한 차이가 나타났다(t_{15} = -6.863; p = 0.000) (Table 5).

DISCUSSION

본 연구는 비특이적 만성 요통을 겪고 있는 장년 여성 16명을 대상으로 4주 간의 복합적 기능 운동 중재 프로그램의 참여 전후를 비교하여 통증 관련 설문지 결과와 척추기립근의 정적 수축 특성 및 체간 신전근의 근력에 미치는 영향을 비교 분석하여 비특이적 만성 요통의 예방 및 완화를 위한 효과적인 운동 중재 프로그램 개발에 기초 자료를 제시하는데 목적이 있었다.

복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여 후 통증 관련 설문지 조사 결과, VAS, KODI, PCS, FreBAQ 평가에서는 사전 측정에 비해 유의하게 낮은 결과가 나타났다. 이는 프로그램 참여 후, 주관적으로 느끼는 통증 정도, 기능적 장애 수준, 통증 상태에 대한 파국적 사고 등이 낮아졌고, 척추 부위의 신체적 자각도가 높아졌음을 의미한다. 운동은 연부조직으로 가는 혈류 및 영양분의 증가를 유도해 치유 과정 개선과 신체 내에서 통증에 대한 인식을 감소시키는 뇌 화학 물질인 엔도르핀, 세로토닌 생성을 증가시켜 만성 요통에 도움이 된다(Gordon & Bloxham, 2016; Wun et al., 2021). 또한, 운동은 통증 관련 두려움, 운동 공포증, 불안 및 장애 등을 감소시키고, 감소된 자기효능감을 증가시키는 등의 심리사회적 요인에 긍정적인 변화에 기여하여 통증 및 장애를 줄인다고 보고하였다(Wun et al., 2021). 따라서, 본 연구의 4주간 복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여 이후 통증 관련 설문 조사 긍정적인 변화가 나타났을 것이라 판단된다.

복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여에 따른, 척추기립근의 정적 수축 특성 및 체간 신전근의 근력 비교 결과, Tc를 제외한 Dm 및 Vc, 체간 신전근의 근력은 사전 측정에 비해 유의하게 증가하였다.

복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여 후 척추기립근의 정적 수축 특성 결과, Tc에서는 측정 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. Tc는 Dm의 10%에서 90% 사이의 상승 곡선에서 걸리는 시간으로(Langen, Sandau, Ueberschär, Nosaka & Behringer, 2022), Type Ⅰ 근섬유 비율과 매우 높은 양(positive)의 상관관계가 있음을 보고하였다(Park, 2020). 선행 연구에 의하면, 운동을 통해 Type Ⅰ 섬유로의 전환을 위해서는 더 많은 양의 지구력 운동이 필요하다고 보고되었다(Plotkin, Roberts, Haun & Schoenfeld, 2021). 또한, 만성 요통 환자의 척추기립근의 근육 섬유 유형에 대해 조사한 선행 연구 결과에 의하면, 요통의 지속 기간과 Type Ⅰ 섬유 비율 간 유의한 음(negative)의 상관관계가 있다는 연구 결과가 있었지만(Mannion et al., 2000), 이와 반대로 다른 선행 연구에서는 Type Ⅱ 섬유는 감소하였고 Type Ⅰ 섬유는 증가하였다라는 상이한 결과를 보고하였다(Agten, Stevens, Verbrugghe,

Timmermans & Vandenabeele, 2020). 이처럼, 비특이적 만성 요통에 따른 척추기립근의 섬유 유형에 대한 관계성은 불명확하다고 생각된다. 따라서, 본 연구에서 진행된 운동 프로그램은 4주간 진행되었기 때문에 근육 섬유의 전환의 결과가 나타나기 어려우며, 비특이적 만성 요통과 척추기립근의 섬유 유형 간의 불명확한 관계성으로 Tc에서 측정 간 유의한 차이가 나타나지 않았을 것이라 판단된다.

복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여 후 척추기립근의 정적 수축 특성 결과, Dm에서는 사전 측정에 비해 사후 측정에서 유의하게 증가하였다. 근육 경직도의 간접적인 측정으로 제안된 근육 수축 최대 변위인 Dm은 근육 긴장 및 경직도가 높을수록 작은 값으로 나타난다(Langen et al., 2022; Park, 2020). 선행 연구에 의하면, 요통으로 인한 근육의 보호적 긴장 활성화 증가로 척추기립근의 경직도에 기여할 수 있으며, 무증상 집단에 비해 요통 집단에서 휴식 시 척추기립근의 경직도가 높다고 보고되었다(Koppenhaver et al., 2020; Masaki et al., 2017). 본 연구의 복합적 기능 운동 중재 프로그램의 폼롤러를 활용한 근막 이완은 근육과 근막에 압력을 가해 근막 복합체를 부드럽게 하고 최적의 길이를 복원하여 기능을 향상시키는 방법으로 통증 및 경직도 감소에 효과적이다. 또한, 본 연구의 복합적 기능 운동 중재 프로그램에 구성된 스트레칭, 스쿼트, 스플릿 스쿼트, 코어 안정화 운동, 힙힌지 등의 운동들은 일상 생활 활동 및 움직임에 긍정적인 영향을 미치며 경직된 근육의 이완을 유도하며, 기능적 움직임을 향상시켜준다고 보고되었다(Kim & Park, 2022). 이에 본 연구에서도 폼롤러, 스트레칭, 스쿼트, 힙힌지 운동 등의 복합적 기능 운동들로 인해 근육의 경직도가 낮아져 Dm이 유의하게 증가한 결과가 나타났을 것이라 판단된다.

복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여 후 척추기립근의 정적 수축 특성 결과, Vc에서는 사전 측정에 비해 사후 측정에서 유의하게 증가하였는데, 이는 운동 프로그램 참여 이후 근육 수축 속도가 빨라졌음을 의미한다. 본 연구의 복합적 기능 운동 중재 프로그램에 구성된 운동들은 코어 근육의 활성화를 유발하는데 효과적이다(Saeterbakken, Chaudhari, van den Tillaar & Andersen, 2019). 근육의 활성화의 증가는 근육 내 운동 단위 모집의 증가와 최대 속도로 수축하는 능력과 관련 있다(Hazime et al., 2017; Hvid et al., 2016; Saeterbakken et al., 2019). 또한, Vc(mm/ms)는 Dm/(Tc+Td)과 같은 공식을 통해 산출되기에 본 연구 결과, 복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여 후 척추기립근의 경직도 감소로 Dm이 증가하였기에 Vc가 증가한 것으로 판단된다. 따라서, 운동 프로그램 참여 이후 척추기립근의 활성화 증가 및 경직도 감소로 근육 수축 속도가 빨라진 결과가 나타났을 것이라 판단된다.

복합적 기능 운동 중재 프로그램 참여 후 체간 신전근의 근력 측정 결과, 체간 신전근이 사전보다 사후 측정에서 유의하게 증가하였다. 최근 메타 분석 연구에 의하면, 비특이적 만성 요통 환자들을 위한 체간 구조에 초점을 맞춘 다양한 운동 중재가 향후 요통의 중요한 예측 인자인 체간 근력 및 근지구력을 향상시킨다고 보고하였다(Prat-Luri et al., 2023). 본 연구의 복합적 기능 운동 중재 프로그램에 구성된 운동들은 코어 근육 활성화를 유도하는데 효과적이며, 이는 근력 증가를 유도한다(Hazime et al., 2017; Hvid et al., 2016; Saeterbakken et al., 2019). 따라서, 운동 프로그램 참여 이후 체간 신전근의 근력이 향상된 결과가 나타났을 것이라 판단된다.

본 연구의 제한점은 통제 집단이 없었으며, 여성 대상자만 모집했다는 점이다. 따라서 향후 연구에서는 통제 집단과 복합적 기능 운동 중재 집단으로 무작위 배정 임상시험(Ramdomized controlled trial; RCT)를 진행하여 복합적 기능 운동 중재 효과성을 더욱 입증할 필요가 있다. 또한, 남성 대상자를 모집하여 복합적 기능 운동 중재 프로그램이 성별 무관하게 비특이적 만성 요통 환자에게 미치는 영향에 대해 추가 연구가 필요하다.

CONCLUSION

본 연구는 비특이적 만성 요통을 겪고 있는 장년 여성 16명을 대상으로 4주 간의 복합적 기능 운동 중재 프로그램의 참여가 통증 관련 설문지 결과, 척추기립근의 정적 수축 특성 및 체간 신전근의 근력에 미치는 영향을 분석하는데 목적이 있었다. 연구 결과, 복합적 기능 운동 중재 참여로 통증 관련 설문 조사지 결과인 통증 정도 및 심리사회적 요인, 척추 부위의 신체 자각도에서 긍정적인 변화가 나타났다. 또한, 척추기립근의 경직도 감소 및 수축 속도 증가, 체간 신전근의 근력 증가의 효과가 나타났다. 따라서, 4주간 복합적 기능 운동 프로그램은 비특이적 만성 요통을 겪는 장년 여성들에게 효과적인 운동 중재 프로그램이다. 향후 비특이적 만성 요통 환자를 대상으로 무작위 배정 임상시험 및 남성 대상자를 모집하여 복합적 기능 운동 중재 프로그램의 효과를 더욱 입증할 필요가 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Incheon National University Research Grant in 2022 (2022-0010).

REFERENCES

Agten, A., Stevens, S., Verbrugghe, J., Timmermans, A. & Vandenabeele, F. (2020). Biopsy samples from the erector

spinae of persons with nonspecific chronic low back pain display a decrease in glycolytic muscle fibers. *The Spine Journal*, *20*(2), 199-206.

Aoki, Y., Sugiura, S., Nakagawa, K., Nakajima, A., Takahashi, H., Ohtori, S., . . . Nishikawa, S. (2012). Evaluation of non-specific low back pain using a new detailed visual analogue scale for patients in motion, standing, and sitting: characterizing nonspecific low back pain in elderly patients. *Pain Research and Treatment*, *2012*.

Castañeda-Babarro, A., Arbillaga-Etxarri, A., Gutiérrez-Santamaría, B. & Coca, A. (2020). Physical activity change during COVID-19 confinement. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(18), 6878.

Chiarotto, A., Maxwell, L. J., Terwee, C. B., Wells, G. A., Tugwell, P. & Ostelo, R. W. (2016). Roland-Morris Disability Questionnaire and Oswestry Disability Index: which has better measurement properties for measuring physical functioning in nonspecific low back pain? Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, *96*(10), 1620-1637.

Daneau, C., Tétreau, C., Deroche, T., Mainville, C., Cantin, V. & Descarreaux, M. (2021). Impact of load expectations on neuromuscular and postural strategies during a freestyle lifting task in individuals with and without chronic low back pain. *PloS One*, *16*(2), e0246791.

Ditroilo, M., Smith, I. J., Fairweather, M. M. & Hunter, A. M. (2013). Long-term stability of tensiomyography measured under different muscle conditions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *23*(3), 558-563.

Fairbank, J. C. & Pynsent, P. B. (2000). The Oswestry disability index. *Spine*, *25*(22), 2940-2953.

Frizziero, A., Pellizzon, G., Vittadini, F., Bigliardi, D. & Costantino, C. (2021). Efficacy of core stability in non-specific chronic low back pain. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *6*(2), 37.

Fujii, R., Imai, R., Shigetoh, H., Tanaka, S. & Morioka, S. (2022). Task-specific fear influences abnormal trunk motor coordination in workers with chronic low back pain: a relative phase angle analysis of object-lifting. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *23*(1), 1-12.

Gomes-Neto, M., Lopes, J. M., Conceicao, C. S., Araujo, A., Brasileiro, A., Sousa, C., . . . Arcanjo, F. L. (2017). Stabilization exercise compared to general exercises or manual therapy for the management of low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, *23*, 136-142.

Gordon, R. & Bloxham, S. (2016). *A systematic review of the effects of exercise and physical activity on non-specific chronic low back pain*. Paper presented at the Healthcare.

Goubert, D., Van Oosterwijck, J., Meeus, M. & Danneels, L. (2016). Structural changes of lumbar muscles in non-specific low back pain. *Pain Physician*, *19*(7), E985-E999.

Gregg, C. D., McIntosh, G., Hall, H., Watson, H., Williams, D. & Hoffman, C. W. (2015). The relationship between the Tampa Scale of Kinesiophobia and low back pain rehabilitation outcomes. *The Spine Journal*, *15*(12), 2466-2471.

Hartvigsen, J., Hancock, M. J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M. L., Genevay, S., . . . Sieper, J. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *The Lancet*, *391*(10137), 2356-2367.

Hayden, J. A., Ellis, J., Ogilvie, R., Malmivaara, A. & van Tulder, M. W. (2021). Exercise therapy for chronic low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *9*(9), CD009790.

Hayden, J. A., Ellis, J., Ogilvie, R., Stewart, S. A., Bagg, M. K., Stanojevic, S., . . . Saragiotto, B. T. (2021). Some types of exercise are more effective than others in people with chronic low back pain: a network meta-analysis. *Journal of Physiotherapy*, *67*(4), 252-262.

Hazime, F. A., da Cunha, R. A., Soliaman, R. R., Romancini, A. C. B., de Castro Pochini, A., Ejnisman, B. & Baptista, A. F. (2017). Anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) increases isometric strength of shoulder rotators muscles in handball players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *12*(3), 402.

Hong, S. & Shin, D. (2020). Relationship between pain intensity, disability, exercise time and computer usage time and depression in office workers with non-specific chronic low back pain. *Medical Hypotheses*, *137*, 109562.

Hvid, L. G., Strotmeyer, E. S., Skjødt, M., Magnussen, L. V., Andersen, M. & Caserotti, P. (2016). Voluntary muscle activation improves with power training and is associated with changes in gait speed in mobility-limited older adults—a randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*, *80*, 51-56.

Ibrahim, A. A., Akindele, M. O., Kaka, B. & Mukhtar, N. B. (2021). Development of the Hausa version of the Pain Catastrophizing Scale: translation, cross-cultural adaptation and psychometric evaluation in mixed urban and rural patients with chronic low back pain. *Health and Quality of Life Outcomes*, *19*, 1-14.

Illes, S. T. (2015). Low back pain: when and what to do. *Orvosi*

Hetilap, *156*(33), 1315-1320.

Jacobs, J. M., Hammerman-Rozenberg, R. & Stessman, J. (2005). Longevity and chronic back pain in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, *53*(9), 1636-1637.

Jarvik, J. G., Comstock, B. A., Heagerty, P. J., Turner, J. A., Sullivan, S. D., Shi, X., . . . James, K. (2014). Back pain in seniors: the Back pain Outcomes using Longitudinal Data (BOLD) cohort baseline data. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *15*(1), 1-11.

Jeon, C. H., Kim, D. J., Kim, D. J., Lee, H. M. & Park, H. J. (2005). Cross-cultural adaptation of the Korean version of the oswestry disability index (ODI). *Journal of Korean Society of Spine Surgery*, *12*(2), 146-152.

Kim, D. Y., Lee, S. H., Lee, H. Y., Lee, H. J., Chang, S. B., Chung, S. K. & Kim, H. J. (2005). Validation of the Korean version of the oswestry disability index. *Spine*, *30*(5), E123-E127.

Kim, W. D. & Shin, D. C. (2020). Correlations between hip extension range of motion, hip extension asymmetry, and compensatory lumbar movement in patients with nonspecific chronic low back pain. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, *26*, e925080-925081.

Kim, J. H. & Park, H. Y. (2022). Effects of combined hip exercise and passive stretching on muscle stiffness, pain perception and painrelated disability, and physical function in older adults with low back pain. *Physical Activity and Nutrition*, *26*(3), 016-024.

Kliger, M., Stahl, S., Haddad, M., Suzan, E., Adler, R. & Eisenberg, E. (2015). Measuring the intensity of chronic pain: are the visual analogue scale and the verbal rating scale interchangeable? *Pain Practice*, *15*(6), 538-547.

Koppenhaver, S., Gaffney, E., Oates, A., Eberle, L., Young, B., Hebert, J., . . . Shinohara, M. (2020). Lumbar muscle stiffness is different in individuals with low back pain than asymptomatic controls and is associated with pain and disability, but not common physical examination findings. *Musculoskeletal Science and Practice*, *45*, 102078.

Langen, G., Sandau, I., Ueberschär, O., Nosaka, K. & Behringer, M. (2022). Methodical approaches to determine the rate of radial muscle displacement using tensiomyography: A scoping review and new reporting guideline. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 102702.

Lee, H., Kim, C., An, S. & Jeon, K. (2022). Effects of Core Stabilization Exercise Programs on Changes in Erector Spinae Contractile Properties and Isokinetic Muscle Function of Adult Females with a Sedentary Lifestyle. *Applied Sciences*, *12*(5), 2501.

Macgregor, L. J., Hunter, A. M., Orizio, C., Fairweather, M. M. & Ditroilo, M. (2018). Assessment of skeletal muscle contractile properties by radial displacement: the case for tensiomyography. *Sports Medicine*, *48*, 1607-1620.

Maher, C., Underwood, M. & Buchbinder, R. (2017). Nonspecific low back pain. *The Lancet*, *389*(10070), 736-747.

Mannion, A., Käser, L., Weber, E., Rhyner, A., Dvorak, J. & Müntener, M. (2000). Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *European Spine Journal*, *9*(4), 273-281.

Martín-Rodríguez, S., Loturco, I., Hunter, A. M., Rodríguez-Ruiz, D. & Munguia-Izquierdo, D. (2017). Reliability and measurement error of tensiomyography to assess mechanical muscle function: A systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(12), 3524-3536.

Masaki, M., Aoyama, T., Murakami, T., Yanase, K., Ji, X., Tateuchi, H. & Ichihashi, N. (2017). Association of low back pain with muscle stiffness and muscle mass of the lumbar back muscles, and sagittal spinal alignment in young and middle-aged medical workers. *Clinical Biomechanics*, *49*, 128-133.

Meucci, R. D., Fassa, A. G. & Faria, N. M. X. (2015). Prevalence of chronic low back pain: systematic review. *Revista de Saude Publica*, *49*(73), 1-10.

Niederer, D. & Mueller, J. (2020). Sustainability effects of motor control stabilisation exercises on pain and function in chronic nonspecific low back pain patients: A systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Plos One*, *15*(1), e0227423.

Nishigami, T., Mibu, A., Tanaka, K., Yamashita, Y., Shimizu, M. E., Wand, B. M., . . . Moseley, G. L. (2018). Validation of the Japanese version of the Fremantle Back Awareness Questionnaire in patients with low back pain. *Pain Practice*, *18*(2), 170-179.

Norris, C. & Matthews, M. (2008). The role of an integrated back stability program in patients with chronic low back pain. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, *14*(4), 255-263.

O'Sullivan, P., Caneiro, J. P., O'Keeffe, M. & O'Sullivan, K. (2016). Unraveling the complexity of low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *46*(11), 932-937.

O'Sullivan, P. (2005). Diagnosis and classification of chronic low

back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Manual Therapy*, *10*(4), 242-255.

Owen, P. J., Miller, C. T., Mundell, N. L., Verswijveren, S. J., Tagliaferri, S. D., Brisby, H., . . . Belavy, D. L. (2020). Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(21), 1279-1287.

Paravlic, A. H., Pisot, R. & Simunic, B. (2020). Muscle-specific changes of lower extremities in the early period after total knee arthroplasty: Insight from tensiomyography. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, *20*(3), 390.

Park, S. (2020). Theory and usage of tensiomyography and the analysis method for the patient with low back pain. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *16*(4), 325.

Plotkin, D. L., Roberts, M. D., Haun, C. T. & Schoenfeld, B. J. (2021). Muscle fiber type transitions with exercise training: Shifting perspectives. *Sports*, *9*(9), 127.

Prat-Luri, A., de Los Rios-Calonge, J., Moreno-Navarro, P., Manresa-Rocamora, A., Vera-Garcia, F. J. & Barbado, D. (2023). Effect of trunk-focused exercises on pain, disability, quality of life and trunk physical fitness in low back pain and how potential effect modifiers modulate their effects: a systematic review with meta-analyses. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *53*(2), 64-93.

Qaseem, A., Wilt, T. J., McLean, R. M. & Forciea, M. A. (2017). Noninvasive treatments for acute, subacute, and chronic low back pain: a clinical practice guideline from the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine*, *166*(7), 514-530.

Rey, E., Lago-Penas, C. & Lago-Ballesteros, J. (2012). Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *22*(6), 866-872.

Saeterbakken, A. H., Chaudhari, A., van den Tillaar, R. & Andersen, V. (2019). The effects of performing integrated compared to isolated core exercises. *Plos One*, *14*(2), e0212216.

Shafshak, T. S. & Elnemr, R. (2021). The visual analogue scale versus numerical rating scale in measuring pain severity and predicting disability in low back pain. *JCR: Journal of Clinical Rheumatology*, *27*(7), 282-285.

Sipaviciene, S. & Kliziene, I. (2020). Effect of different exercise programs on non-specific chronic low back pain and disability in people who perform sedentary work. *Clinical Biomechanics*, *73*, 17-27.

Smith, B. E., Littlewood, C. & May, S. (2014). An update of stabilisation exercises for low back pain: a systematic review with meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *15*(1), 1-21.

Subramanian, M. & Venkatesan, P. (2022). The predictors for altered central pain modulation in individuals with non-specific chronic low back pain: A systematic review. *Pain Practice*, *22*(2), 276-284.

Suh, J. H., Kim, H., Jung, G. P., Ko, J. Y. & Ryu, J. S. (2019). The effect of lumbar stabilization and walking exercises on chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Medicine*, *98*(26), e16173.

Swinkels-Meewisse, E., Swinkels, R., Verbeek, A., Vlaeyen, J. & Oostendorp, R. (2003). Psychometric properties of the Tampa Scale for kinesiophobia and the fear-avoidance beliefs questionnaire in acute low back pain. *Manual Therapy*, *8*(1), 29-36.

Tsauo, J. Y., Chen, W. H., Liang, H. W. & Jang, Y. (2009). The effectiveness of a functional training programme for patients with chronic low back pain–a pilot study. *Disability and Rehabilitation*, *31*(13), 1100-1106.

Tsuji, T., Matsudaira, K., Sato, H. & Vietri, J. (2016). The impact of depression among chronic low back pain patients in Japan. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *17*(1), 1-9.

Vadalà, G., Russo, F., De Salvatore, S., Cortina, G., Albo, E., Papalia, R. & Denaro, V. (2020). Physical activity for the treatment of chronic low back pain in elderly patients: a systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(4), 1023.

Walton, D. M., Wideman, T. H. & Sullivan, M. J. (2013). A Rasch analysis of the pain catastrophizing scale supports its use as an interval-level measure. *The Clinical Journal of Pain*, *29*(6), 499-506.

Wand, B. M., Catley, M. J., Rabey, M. I., O'Sullivan, P. B., O'Connell, N. E. & Smith, A. J. (2016). Disrupted self-perception in people with chronic low back pain. Further evaluation of the Fremantle Back Awareness Questionnaire. *The Journal of Pain*, *17*(9), 1001-1012.

Wun, A., Kollias, P., Jeong, H., Rizzo, R. R., Cashin, A. G., Bagg, M. K., . . . Jones, M. D. (2021). Why is exercise prescribed for people with chronic low back pain? A review of the mechanisms of benefit proposed by clinical trialists. *Musculoskeletal Science and Practice*, *51*, 102307.