KJSB

Korean Journal of Sport Biomechanics 2022; 32(3): 103-110
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2022.32.3.103
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

Effect of Core Stabilization Intervention Program on Erector Spinae Contractile Properties and Isokinetic Muscle Function in Adults with Sedentary Lifestyle Patterns

코어안정화 운동이 좌식생활 패턴 성인의 척추기립근 수축 속성 및 체간 등속성 근기능에 미치는 영향

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

[1]Division of Sport Science, Incheon National University, Incheon, South Korea
[2]Department of Human Movement Science, Graduate School, 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 : 31 August 2022
Revised : 21 September 2022
Accepted : 22 September 2022

Corresponding Author
Kyoungkyu Jeon
Division of Sport Science, Sport Science Institute, Health Promotion Center, Functional Rehabilitation Biomechanics Laboratory, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon, 22012, South Korea

Email : jeonkay@inu.ac.kr

Objective: The aim of this study was to investigate effect of core stabilization exercises on the erector spinae contractile properties and trunk isokinetic muscle function of middle age with low physical activity and sedentary lifestyle.

Method: Twenty (female: n=10, male: n=10) middle-age subjects (age: 37.25 ± 6.08 years, height: 168.01 ± 6.84 cm, weight: 71.37 ± 11.75 kg) participated in this study. Tensiomyography was measured on the erector spinae, and the isokinetic trunk muscle function test was measured at an angular velocity of 60 °/s and 90 °/s. All subjects performed the core stabilization exercises for 60 min per day, 3 times a week, for 7 weeks. A paired *t*-test was performed with a significance level of 0.05.

Results: Tensiomyography of the erector spinae revealed a significant post-exercise increase in the maximum radial displacement ($p < .05$) and velocity of contraction ($p < .05$), however, there wasn't a significant post-exercise change in the contraction time. Additionally, the isokinetic muscle function test of the trunk revealed a significant post-exercise increase in trunk extensor relative strength ($p < .05$) and strength ratio ($p < .05$).

Conclusion: Our results indicated that core stabilization exercises reduced erector spinae muscle stiffness, increased the velocity of erector spinae contraction. Additionally, data showed the improvement in the trunk extensor strength help induce a more balanced development in trunk muscle.

Keywords: Core stabilization exercise, Muscle function, Contractile properties, Sedentary lifestyle

INTRODUCTION

평균 수명이 연장되면서 전체 인구 중, 노후 준비를 위한 중년이 차지하는 비율이 점차 높아지고 있다. 중년기는 만성적인 스트레스에 노출되어 있는 빈도가 높고 다른 연령에 비해 건강 관련 체력이 빠르게 감소하는 경향을 나타내기 때문에(Stults-Kolehmainen & Sinha, 2014), 중년기 신체 활동 참여는 생활 만족 및 건강 증진에 긍정적인 영향을 준다(An et al., 2020; Maher, Pincus, Ram & Conroy, 2015; Lee & Oh, 2020). 최근 COVID-19의 영향으로 운동부족 및 좌식생활의 증가 등으로 중년의 신체 활동량 및 건강 체력은 빠르게 감소되고 있다고 보고되었다(Karageorghis et al., 2021; Makizako et al., 2021; Wilke et al., 2021; Kim & Kang, 2021).

신체 활동량 부족은 근육 불균형, 근력 약화, 유연성 감소 등의 많은 신체적 문제점을 유발하여 다양한 근골격계 질환을 유발하며, 좌식생활 지속 시 만성 질환의 위험 증가 및 기대 수명 단축 등 건강에 악영향을 미친다고 보고되고 있다(Ozemek, Lavie & Rognmo, 2019; Pratt, Varela, Salvo, Kohl III & Ding, 2020). 이러한 좌식생활의 증가는 근골격계 질환의 독립적 위험 요소로 알려져 있으며 특히, 지속적인 체간 근육의 수축으로 인한 근피로 발생, 추간판 내 부하 증가, 요추 후방 부위 근골격계의 약화를 유발하여 요통의 발병 위험 요소로 보고되고 있다(Cho et al., 2014; Kett & Sichting, 2020; Saiklang, Puntumetakul, Selfe & Yeowell, 2022). 또한, 신체 활동량의 부족은 요추를 둘러싼 허

Copyright © 2022 Korean Journal of Sport 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.

Table 1. Characteristic of participants

Variables		Female	Male	*p*	Total
Participants	Sample Size (n)	10	10		20
	Age (years)	35.70±5.46	38.80±6.55	0.265	37.25±6.08
	Height (cm)	163.20±3.94	172.82±5.64	0.000*	168.01±6.84
	Weight (kg)	67.10±12.70	75.63±9.49	0.106	71.37±11.75
Physical activity	Vigorous-intensity (day/week)	0.40±0.84	0.80±0.79	0.288	0.60±0.82
	Vigorous-intensity (min/day)	5.00±10.80	13.00±13.37	0.158	9.19±12.52
	Moderate-intensity (day/week)	0.90±1.10	1.10±0.74	0.639	1.00±0.92
	Moderate-intensity (min/day)	14.00±18.97	19.00±11.01	0.483	16.50±15.31
	Sedentary time (hour/day)	8.30±1.16	8.65±1.45	0.559	8.48±1.29

Note. Data are mean ± standard deviation, *p < .05

리 및 복부 근육의 약화를 초래하는 위험 요인이며, 장기간 좌식생활로 인해 척추 주변 근골격계 통증을 호소하는 환자가 많아지고 있다(Kim & Jee, 2020). 따라서, 신체 활동량 부족 및 좌식생활의 증가로 인한 다양한 근골격계 질환 및 요통의 발병 위험을 예방하기 위해 체간 근육을 강화할 수 있는 운동은 필수 불가결한 요소이다.

체간 근육의 강화는 요통 및 근골격계 손상을 예방할 수 있을 뿐만 아니라 요추 골반 부위를 안정화하는데 도움을 줄 수 있다(Örgün, Kurt & Özsu, 2020; Saeterbakken, Chaudhari, van den Tillaar & Andersen, 2019). 체간 근육의 강화는 전통적인 코어 운동인 크런치, 플랭크, 백익스텐션, 레그레이즈 등과 더불어 복벽 활성화를 위한 할로잉(hollowing), 브레이싱(bracing), 스쿼트(squat), 런지(lunge) 등과 같은 복합관절 운동을 수행하여 향상시킬 수 있다(Akuthota, Ferreiro, Moore & Fredericson, 2008; Hung, Chung, Yu, Lai & Sun, 2019; Örgün et al., 2020; Saeterbakken et al., 2019). 이처럼 체간 근육 강화 운동이 근육 활성화와 신체 균형 능력 등에 긍정적 영향을 준다는 연구는 많이 보고되고 있지만, 운동 이후 근육 강성, 수축 시간 및 속도, 근섬유 분포를 포함한 다양한 골격근의 수축 특성 그리고 체간의 등속성 근기능을 복합적으로 수행한 연구는 미비한 실정이다. 이를 보완하기 위해 골격근의 수축 특성을 통해 비침습적으로 신경근 기능을 평가할 수 있는 근장력계(Tensiomyography; TMG)를 활용하여 체간 근육의 비자발적 및 기능적 수축 특성에 대한 측정과 등속성 근관절 기능 검사 장비를 활용한 근력 측정을 하여 효과적인 운동의 유형, 강도, 빈도를 결정하는데 필요할 것이라 판단된다.

따라서, 본 연구는 신체 활동량의 부족과 함께 일일 7시간 이상의 좌식생활 패턴을 가진 중년 남녀를 대상으로 7주간의 코어 안정화 운동 프로그램 참여가 척추기립근의 수축 시간, 최대 수축 변위, 수축 속도 등의 기계적 및 신경근 특성과 체간 등속성 근기능에 미치는 영향에 대해 분석하는 것이다. 그리고 이에 대한 전후 비교를 통해 신체 활동 부족 및 장시간 좌식생활로 인한 근골격계 질환 예방을 위해 효율적인 운동중재 프로그램 개발에 필요한 기초 자료를 제시하는데 목적이 있다.

METHODS

1. 연구대상

본 연구는 과거 6개월 동안 규칙적인 운동 경험이 없으며, 일주일에 최소 150분의 중강도 신체활동과 75분의 고강도 활동 또는 두 가지의 조합을 권장하는 세계보건기구(world health organization, WHO)의 권장량에 비해 신체 활동량이 부족하고(Organization, 2010), 일일 7시간 이상 주로 좌식 근로를 하는 30~49세의 중년 남녀 20명을 대상으로 실시하였다. 또한, 신체활동 참여에 지장이 없는 대상자를 선정하기 위해 조사 기간 중 '현재 건강상의 문제 또는 신체 및 정신적 장애로 인한 일상 활동 등에 제한이 없다' 고 응답한 피험자를 대상으로 선정하였으며, 최근 3개월 이내 근골격계 및 신경계 질환이 있거나 수술한 이력이 있는 대상은 제외하였다. 본 연구는 인천대학교 기관생명윤리위원회(INUIRB No. 7007971-202012-003A)에 승인을 받은 후 진행되었으며, 측정은 피험자들에게 연구 내용과 절차에 대해 충분히 설명하고 참여 동의를 얻은 후 진행하였다. 이러한 피험자의 신체적 특성은 (Table 1)과 같다.

2. 자료 수집

1) 근장력

근장력계(Tensiomyography; TMG)는 1 ms 시간 동안 0~100 mA의 단일 전기적 자극으로 측정 근육을 자극하여 비자발적인 수축을 유도함으로서 골격근의 기계적 및 신경근 특성을 비침습적으로 평가하는 기계근 조영(Mechanomyographic; MMG)의 평가 방법 중 하나이다(Ditroilo, Smith, Fairweather & Hunter, 2013; Martín-Rodríguez, Loturco, Hunter, Rodríguez-Ruiz & Munguia-Izquierdo, 2017; Rey, Lago-Penas, & Lago-Ballesteros, 2012). TMG는 전기 자극 시작에서 최대 수축 변위의 10%까지 도달하는데 걸리는 시간을 나타내는 Delay time (Td), 최대 수축 변위의 10%에서 90%까지 도달하는데 걸리는 시간을 나타내는 Contraction time (Tc), 근육의 최대 수축 변위를 나타내는 Maximal

radial displacement (Dm), 최대 수축 변위 50%에서 하강 곡선의 50%까지 유지되는 시간인 Sustain time (Ts), 전기 자극 후 근육 수축을 최대 수축 변위의 90%에서 50%로 줄이는데 필요한 시간 Relaxation time (Tr)으로 총 5가지로 구성되며, 이를 통해 측정된 근육의 비자발적 및 기능적 수축 특성을 설명할 수 있으며, 근섬유 비율, myosin heavy chain Ⅰ 비율의 예측, 근육 길이 변화로 인한 수동 장력 변화 모니터링, 근육 손상 감지, 근육의 강성 및 신경근의 피로 등 다양한 조건에서 근육의 특성 및 상태를 분석하는데 용이하다(Alfuraih et al., 2022; Ditroilo et al., 2013; Rusu et al., 2013).

본 연구에 참여한 피험자들의 척추기립근의 기계적 특성 및 신경근의 평가를 위해 근육 수축 특성 분석 장비인 근장력계(TMG-100 System electrostimulator, Slovenia)를 활용하였다(Figure 1). Domaszewski, Pakosz, Konieczny, Bączkowicz & Sadowska-Krępa (2021)의 연구를 참고하여, 모든 피험자에게 TMG 측정 전 근육 수축 시간 및 변위 등 측정 결과 값에 영향을 미칠 수 있는 카페인 섭취 및 피로를 유발할 수 있는 운동 및 근막 치료 등을 제한할 수 있도록 하였다. 측정은 척추기립근의 이완 상태를 유지할 수 있도록 정적으로 충분히 안정된 상태에서 진행하였으며, 척추기립근 위에 TMG 센서의 위치 변동성을 최소화하기 위해 정적인 자세에서 측정하였다. 측정 자세는 요추의 전만을 감소시키기 위해 복와위 자세(prone position)를 취한 후 전상장골극에 패드를 두었고, 약 5도 정도 무릎 관절의 굴곡 상태를 유지하기 위해 발목 관절에 패드를 위치시켰다. 근육의 변위를 측정하기 위해 0.17 N·mm^{-1}의 스프링을 포함하는 디지털 변위 센서 Dc-Dc Trans-Tek® (GK 40, Ljubliana, Slovenia)를 사용하였다. 센서는 척추기립근의 근복(muscle belly)에 Dm의 최대값인 15 mm를 고려하여 디지털 변위 센서를 수직으로 배치하였다(Perotto, 2011). 전극 패드는 근위부에 양극 패드, 원위부에 음극 패드를 5 cm 간격으로 센서에 대칭으로 배치하였다. 단일 전기 자극은 초기 20 mA에서 시작하여 최대 변위가 나타날 때까지 점진적으로 20 mA씩 증가시키면서 측정하였다. 이때 측정 간 근육의 피로 반응을 최소화하기 위해 휴식시간은 15초로 설정하였다. 모든 측정은 모두 동일한 연구원이 측정하였으며, 모든 측정은 동일하게 진행되었다.

2) 등속성 근관절 기능 검사

체간의 등속성 근기능 검사는 등속성 근관절 기능 검사 장비(Humac Norm Testing & Rehabilitation, CSMi Medical & Solution, USA)를 활용하였다(Figure 2). 측정 전 부상 예방을 위해 피험자들은 체간 신전 및

Figure 1. Measurement of tensiomyography

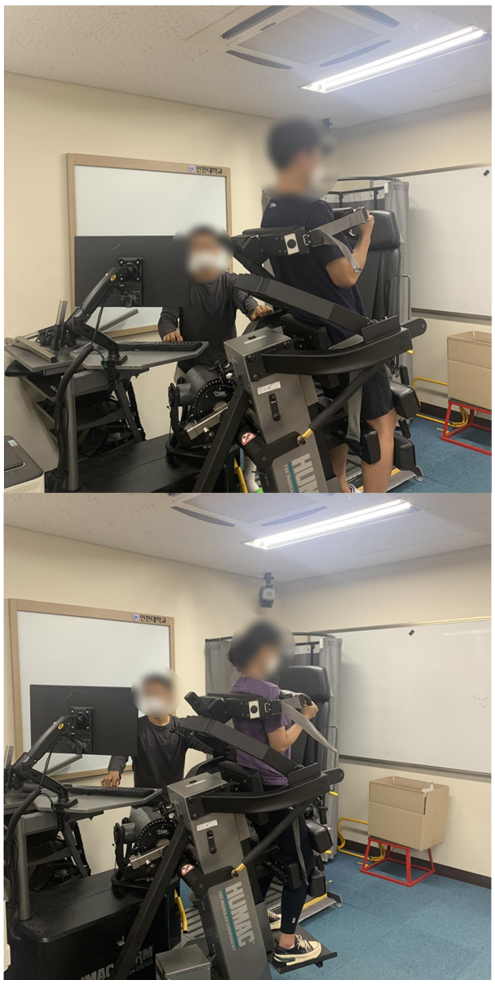

Figure 2. Measurement of Humac Norm Testing & Rehabilitation device

Table 2. Core stabilization exercise program

	Exercise	Intensity	Time
Warm-up	Foam rolling & Stretching	Pain-free range	10 min
Work-out	Bracing & Hollowing Plank (side & prone) Hip Bridge Back Extension Bird dog Trunk Twist	1 rep (5 sec contraction 5 sec relaxation) 20 reps / 1 set Total 3 sets	40 min
Cool-down	Foam rolling & Stretching	Pain-free range	10 min

굴곡 동작을 위한 동적 스트레칭을 하여 충분한 준비 운동을 실시하였으며, 이후 검사 장비의 동력계(dynamometer)에 체간 검사용 어댑터(trunk adapter)를 연결하여, 피험자를 해부학적 수직축과 장비의 축과 일치시켜 발판을 조정하였다. 본 실험 동안 체간의 굴곡 및 신전의 움직임에서 최대 근력을 발휘할 수 있도록 슬와부 패드(popliteal pad), 대퇴부(thigh) 패드, 경골부(tibial) 패드, 그리고 골반 벨트를 이용하여 하지를 고정하였다. 또한, 상지 고정을 위해 견갑골 하각(inferior angle of the scapular) 부위를 기준으로 어깨 패드로 고정하여 인접 관절 움직임의 간섭을 최소화하였다.

각 피험자마다 관절의 가동 범위를 제한하여 측정 중 과도한 신전이나 굴곡 등으로 인한 부상을 예방하기 위해 해부학적 자세를 영점으로 하여 통증이 없는 범위 내에서의 최대 굴곡 및 신전의 관절 가동 범위를 설정하였다. 이후 측정 장비에 대한 생소함을 줄이기 위해 예비 운동을 실시하였다. 측정 간의 근육의 피로도의 영향을 최소화하기 위하여 측정 간 약 2분의 휴식시간이 주어졌으며, 각속도 60 °/sec에서 5회, 90 °/sec에서 15회를 실시하였다.

3. 코어 안정화 운동 프로그램

본 연구에서 실시한 운동 프로그램은 ACSM Position Stands (2011)에 근거하여 1회에 총 60분의 운동으로 구성하여 주 3회를 실시하였다(Garber et al., 2011; Ratamess et al., 2009). 프로그램은 준비 운동-본 운동-정리 운동 순으로 구성하였으며, 준비 운동과 정리 운동에서는 통증이 없는 범위까지의 강도에서 폼롤러를 이용하여 자가근막이완 프로그램과 정적 및 동적 스트레칭을 각각 10분씩 실시하였다. 본 운동에서는 코어 안정화 운동을 중심으로 구성하였으며, 체간 근육의 근력 및 근지구력 향상과 협응력, 고유수용성 기능 그리고 안정성 등의 개선을 목표로 구성하였다. 이러한 코어 안정화 운동 프로그램은 선행연구를 참고하여 버드독, 플랭크, 백 익스텐션과 같은 전통적인 코어 운동과 함께 복벽 근육 활성화를 위한 브레이싱과 할로잉, 힙 브릿지, 등척성 복부 수축, 몸통 비틀기로 구성하였다(Table 2) (Akuthota et al., 2008). 또한, 피험자들에게 모든 코어 안정화 운동을 할 때 1개 당 5초간 수축을 유지하고 5초의 이완을 유지하도록 하여 느린 수축을 유도하였다.

4. 자료 처리 및 분석

1) 척추기립근 기계적 및 신경근 특성 분석

척추기립근의 기계적 특성 및 신경근을 분석하기 위해 측정-재측정 및 평가자 내 신뢰도 지수(Intra-class correlation coefficient; ICC)가 가장 높은 변인인 근육의 최대 수축 변위를 기록하는 변인인 Dm (0.91~0.99)과 최대 수축 변위의 10~90%까지 수축하는데 걸리는 시간 변인인 Tc (0.70~0.98)를 활용하였다(Martín-Rodríguez et al., 2017). 이때, Tc는 Dm의 크기에 영향을 받을 수 있기 때문에, 이를 보완하기 위해 TMG에서 제공하는 기계적 특성의 결과를 동시에 통합할 수 있으며, 근육 힘의 변화에 민감하고 피로와 연관된 Velocity of Contraction (Vc)를 아래와 같은 공식에 의해 산출하여 활용하였다(Lohr, Braumann, Reer, Schroeder & Schmidt, 2018; Loturco et al., 2016). 모든 측정 변인들의 오른쪽과 왼쪽의 값을 합산하여 이를 평균값으로 분석하였다.

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

2) 체간 등속성 근기능 분석

체간 등속성 근기능의 종합적 분석을 위해서 각속도 60 °/sec에서 5회, 90 °/sec에서 15회를 각각 실시하였다. 모든 각속도에서 나타난 굴곡근 및 신전근에서 피험자의 체중을 고려하여 절대적인 최대 근력값에서 체중을 나눈 상대 근력(%, body weight; BW)으로 분석하였다. 추가적으로 체간 굴곡근과 신전근의 균형을 평가하기 위해 근력비(ratio)를 활용하여 체간의 등속성 근기능을 분석하였다.

5. 통계 처리

본 연구에서 대상자로부터 수집된 모든 변인은 평균과 표준편차(Mean ± SD)로 산출하였다. 모든 데이터에 대한 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk test를 실시하였다. 사전, 사후의 오른쪽, 왼쪽 척추기립근의 기계적 및 신경근 특성을 비교하기 위해 독립 표본 표본 *t*-검정(Independent *t*-test)을 하였으며, 7주 간 코어 안정화 운동 프로그램의 효과를 규명하기 위해 대응 표본 *t*-검정(Paired *t*-test)을 사용하여, 집단 내의 사전 및 사후 측정 결과 변인을 비교 분석하였다. 본 연구에

서 수집된 모든 데이터는 Window용 SPSS 프로그램(version 26.0, SPSS Inc., IBM, USA)을 이용하여 분석하였으며, 모든 통계 결과에 대한 유의수준은 $p < .05$로 설정하였다.

RESULTS

1. 오른쪽, 왼쪽 척추기립근 기계적 및 신경근 특성 비교 분석

사전, 사후의 오른쪽 왼쪽 척추기립근의 기계적 및 신경근 특성 비교 분석 결과, 모든 변인에서 측정 간의 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

2. 코어 안정화 운동 프로그램 후 척추기립근 기계적 및 신경근 특성 분석

척추기립근의 기계적 및 신경근 특성 분석 결과, Dm (t_{19} = -3.335; p = 0.003)과 Vc (t_{19} = -3.037; p = 0.007)에서는 유의한 차이가 나타났지만, Tc는 측정 간의 유의한 차이가 나타나지 않았다(t_{19} = -1.997; p = 0.060) (Table 4).

Table 3. Results of tensiomyography to right and left erector spinae of the participants

Variables	Pre			
	R	L	t	p
Tc (ms)	14.67±2.80	14.72±2.78	0.053	0.958
Dm (mm)	2.42±2.03	2.32±1.65	-0.163	0.872
Vc (mm/ms)	0.07±0.06	0.07±0.05	-0.261	0.795
Variables	Post			
Tc (ms)	16.30±3.30	15.70±2.66	-0.633	0.531
Dm (mm)	3.21±1.44	3.25±1.44	0.089	0.930
Vc (mm/ms)	0.09±0.04	0.09±0.04	0.039	0.969

Note. Mean ± Standard Deviation, **p < .01
Abbreviation: R, right; L, left; Tc, contraction time; Dm, maximum radial displacement; Vc: velocity of contraction

3. 체간 등속성 근기능 분석

신전근의 체중당 상대 근력(%)에서는 각속도 60 °/sec 및 90 °/sec 측정 분석 결과 측정 간 유의한 차이가 나타났으며(t_{19} = -2.987, p = 0.008), (t_{19} = -2.539, p = 0.020), 각속도 90 °/sec 측정에서 측정 간 근력비(ratio)의 유의한 차이가 나타났다(t_{19} = 2.154, p = 0.044).

굴곡근의 체중당 상대 근력(%BW)에서는 각속도 60 °/sec 및 90 °/sec 측정 분석 결과 측정 간 유의한 차이가 나타나지 않았으며(t_{19} = -1.987, p = 0.062), (t_{19} = -0.317, p = 0.755), 각속도 60 °/sec 측정에서 근력비(ratio)의 유의한 차이가 나타나지 않았다(t_{19} = 1.844, p = 0.081) (Table 5).

DISCUSSION

본 연구의 목적은 신체 활동량 부족 및 일일 7시간 이상의 좌식생활 패턴을 가진 중년 남녀 20명을 대상으로 7주간의 코어 안정화 운동 프로그램의 참여 전후 비교를 통해 척추기립근의 기계적 및 신경근 특성과 체간 등속성 근기능에 미치는 영향에 비교 분석하여 근골격계 질환 예방을 위한 효율적인 운동중재 프로그램 개발에 필요한 기초 자료를 제시하는데 있다.

본 연구의 사전, 사후의 따른 오른쪽, 왼쪽 척추기립근의 기계적 및 신경근 특성 비교 분석 결과, 모든 변인에서 측정 간의 유의한 차이가 나타나지 않았다(p > 0.05). 코어 안정화 운동 프로그램 참여에 따른 척추기립근의 기계적 및 신경근 특성 전후 측정 결과, Tc에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만(p > 0.05), Dm과 Vc는 사전 측정에 비해

Table 4. Results of tensiomyography to erector spinae of the participants

Variables	Pre	Post	t	p
Tc (ms)	14.69±2.45	15.99±2.88	-1.997	0.060
Dm (mm)	2.37±1.72	3.23±1.38	-3.335	0.003**
Vc (mm/ms)	0.07±0.05	0.09±0.04	-3.037	0.007**

Note. Mean ± Standard Deviation, **p < .01
Abbreviation: Tc, contraction time; Dm, maximum radial displacement; Vc: velocity of contraction

Table 5. Results of isokinetic muscle function of trunk

Variables			Pre	Post	t	p
60 °/sec	Flexor	PT (%BW)	248.95±44.35	260.60±53.24	-1.987	0.062
	Extensor	PT (%BW)	204.95±71.93	236.65±82.50	-2.987	0.008**
	Ratio		133.95±48.96	120.35±42.39	1.844	0.081
90 °/sec	Flexor	PT (%BW)	246.70±49.01	249.80±63.00	-0.317	0.755
	Extensor	PT (%BW)	183.50±63.39	214.25±77.10	-2.539	0.020*
	Ratio		150.35±62.00	125.80±40.23	2.154	0.044*

Note. Mean ± Standard Deviation, *p < .05, **p < .01
Abbreviation: PT, Peak torque; BW, Body Weight; Ratio, Flexor Extensor ratio

각각 유의하게 증가하였다(p = 0.003, p = 0.007).

척추기립근의 최대 수축 변위의 10~90%까지 걸리는 시간인 Tc의 전후 측정 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았다(p > 0.05). 이는 좌식생활을 주로 하는 성인 여성을 대상으로 코어 안정화 운동 참여 이후 TMG 측정 결과 Tc에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다는 선행연구와 동일한 결과가 나타났지만(Lee, Kim, An & Jeon, 2022), 사전 측정에 비해 사후 측정에서 Tc가 증가한 경향이 나타났다. Tc는 type Ⅰ에서는 더 큰 값을 보여주고 type Ⅱ에서는 작은 값으로 나타나며, Tc는 type Ⅰ 근섬유 유형의 비율 사이에 매우 높은 상관관계가 있다고 보고되었다(Dahmane, Djordjevič, Šimunič & Valenčič, 2005; Park, 2020). 본 연구에서 진행된 코어 안정화 운동 프로그램에서 5초간 수축을 유지하면서 느린 수축을 유도하는 운동으로 진행하였기 때문에 Tc가 증가한 경향이 나왔을 것이라 판단된다.

척추기립근의 최대 수축 변위를 나타내는 Dm은 7주간의 코어 안정화 운동 프로그램 참여 이후 유의하게 증가한 결과가 나타났다(p = 0.003). Dm은 TMG 측정 동안 단일 전기 자극 이후 근복의 최대 방사상 변위 움직임의 크기를 나타내는 변인으로 근육 강성의 간접적인 측정으로 제안되었으며(García-Manso et al., 2012; García-Manso et al., 2011), Dm은 근육 수축력 및 강성을 반영하는 것으로 보고되었다(Gil et al., 2015). 이러한 Dm은 근육의 경직도와 음(negative)의 상관관계가 있다(de Paula Simola et al., 2015). 본 연구의 피험자들은 7주간 운동을 진행하면서 폼롤러를 활용하여 자가근막이완을 실시하였는데, 이는 압박 및 롤링을 통해 근육 조직의 기능 부전을 개선할 수 있으며(Peacock, Krein, Silver, Sanders & Von Carlowitz, 2014), 근육 경직도를 감소시키는 효과는 일시적 및 장기적으로 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Lee & Lee, 2020). 또한, Nakamura 등(2020)의 연구 결과 6주간의 주당 3회 스트레칭 프로그램이 근육의 경직도를 감소시켰다고 보고하였기 때문에(Nakamura et al., 2020), 본 연구 결과와 같이 Dm이 유의하게 감소한 결과가 나타났을 것이라 판단된다.

척추기립근의 기계적 특성의 결과를 동시에 통합할 수 있으며, 근육 수축 속도를 나타내는 Vc에서는 7주간의 코어 안정화 운동 프로그램 참여 이후 유의하게 증가한 결과가 나타났다(p = 0.007). Vc는 Tc가 Dm의 크기에 영향을 받기 때문에, 이를 보정하기 위한 공식을 활용하여 단위시간 당 이동 거리를 나타내는 근수축 속도를 의미한다(Loturco et al., 2016). Plank, back extension 등과 같은 코어 운동들은 복직근, 척추기립근 등의 코어 근육의 큰 평균 및 최대 근육 활성화를 유도한다고 보고되었다(Saeterbakken et al., 2019). 근육의 활성화는 근육 내 사용 가능한 모든 운동 단위를 동원하고 최대 속도로 수축하는 능력과 관련이 있다(Hvid et al., 2016). 따라서, 7주간의 코어 안정화 운동 프로그램 이후 척추기립근의 활성화가 증가하여 근육 수축 속도가 증가한 결과가 나타났을 것이라 판단된다.

체간의 등속성 근기능 분석 결과, 각속도 60 °/sec와 90 °/sec 측정에서 굴곡근의 체중당 상대 근력(%BW)에서는 측정 전후 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 신전근에서는 각각 유의하게 증가하였다(p = 0.008, p = 0.020). 코어 안정화 운동은 코어 근육의 감각 및 운동 수용체를 자극하고 신경근 조절을 증가시키며 체간 및 둔부 근육을 모두 활성화시켜준다(Akuthota et al., 2008; Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007). 이러한 근육 활성화 및 신경근 조절 증가 등의 신경근 기능의 최적화는 더 많은 운동 단위를 동원하게 하며, 근력의 증가를 유도할 수 있다(Hazime et al., 2017; Saeterbakken et al., 2019). 또한, 각속도 90 °/sec에서 굴곡근과 신전근의 비율을 나타낸 근력비(ratio)는 사전 측정에 비해 사후 측정에서 유의하게 감소한 결과가 나타났는데(p = 0.044), 이는 굴곡근 및 신전근의 균형적으로 발달되었음을 의미한다. 본 연구에서의 자가근막이완과 스트레칭을 포함한 코어 안정화 운동 프로그램은 척추기립근의 경직도 및 활성화를 유도하여 근수축 특성 및 체간 신전근의 등속성 근력의 증가와 굴곡근 및 신전근의 균형적인 발달에 긍정적인 영향을 끼쳤다는 결과가 나타났다. 따라서, 이는 중년 남녀의 신체활동 부족 및 장시간의 좌식생활으로 인한 근골격계 질환을 예방하는데 효과적일 것이라 사료된다.

CONCLUSION

본 연구는 신체활동 부족 및 장시간의 좌식생활 패턴을 가진 중년 남녀를 대상으로 코어 안정화 운동의 참여가 척추기립근의 기계적 및 신경근 특성과 체간 등속성 근기능 변화에 미치는 영향을 분석하여 신체활동 부족 및 장시간 좌식생활로 인한 근골격계 질환 예방을 위한 효율적인 운동중재 프로그램 개발에 필요한 기초 자료를 제시하는데 있었다. 연구 결과, 7주간의 코어 안정화 운동 프로그램의 참여로 척추기립근의 경직도 감소 및 수축 속도 증가 등의 효과가 나타났고, 체간 등속성 근기능 중 신전근의 근력을 효과적으로 향상시켰으며, 굴곡근 및 신전근의 균형적으로 발달되었다. 따라서, 코어 안정화 운동 프로그램은 신체활동 부족 및 장시간의 좌식생활 패턴을 가진 중년들에게 효과적인 운동중재 프로그램이라 판단된다. 향후 코어 안정화 운동에 대한 효과를 입증하기 위해 만성 요통을 겪는 환자들을 대상으로 운동 참여 전후 기계적 및 신경근 특성과 체간 등속성 근기능의 변화를 알아볼 필요가 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

The work was supported of Incheon National University Research Grant 2021 (2021-0249).

REFERENCES

Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T. & Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current Sports Medicine Reports*, *7*(1), 39-44.

Alfuraih, A. M., Alhowimel, A., Alghanim, S., Khayat, Y., Aljamaan, A. & Alsobayel, H. I. (2022). The association between tensiomyography and elastography stiffness measurements in lower limb skeletal muscles. *Sensors*, *22*(3), 1206.

An, H. Y., Chen, W., Wang, C. W., Yang, H. F., Huang, W. T. & Fan, S. Y. (2020). The relationships between physical activity and life satisfaction and happiness among young, middle-aged, and older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(13), 4817.

Cho, K. H., Beom, J. W., Lee, T. S., Lim, J. H., Lee, T. H. & Yuk, J. H. (2014). Trunk muscles strength as a risk factor for nonspecific low back

pain: a pilot study. *Annals of Rehabilitation Medicine*, *38*(2), 234-240.

Dahmane, R., Djordjevič, S., Šimunič, B. & Valenčič, V. (2005). Spatial fiber type distribution in normal human muscle: histochemical and tensiomyographical evaluation. *Journal of Biomechanics*, *38*(12), 2451-2459.

de Paula Simola, R. Á., Harms, N., Raeder, C., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2015). Assessment of neuromuscular function after different strength training protocols using tensiomyography. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(5), 1339-1348.

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.

Domaszewski, P., Pakosz, P., Konieczny, M., Bączkowicz, D. & Sadowska-Krępa, E. (2021). Caffeine-induced effects on human skeletal muscle contraction time and maximal displacement measured by tensiomyography. *Nutrients*, *13*(3), 815.

Ekstrom, R. A., Donatelli, R. A. & Carp, K. C. (2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *37*(12), 754-762.

Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D, C. & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1334-1359.

García-Manso, J. M., Rodríguez-Matoso, D., Sarmiento, S., de Saa, Y., Vaamonde, D., Rodríguez-Ruiz, D. & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2012). Effect of high-load and high-volume resistance exercise on the tensiomyographic twitch response of biceps brachii. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *22*(4), 612-619.

García-Manso, J. M., Rodríguez-Ruiz, D., Rodríguez-Matoso, D., de Saa, Y., Sarmiento, S. & Quiroga, M. (2011). Assessment of muscle fatigue after an ultra-endurance triathlon using tensiomyography (TMG). *Journal of Sports Sciences*, *29*(6), 619-625.

Gil, S., Loturco, I., Tricoli, V., Ugrinowitsch, C., Kobal, R., Cal Abad, C. C. & Roschel, H. (2015). Tensiomyography parameters and jumping and sprinting performance in Brazilian elite soccer players. *Sports Biomechanics*, *14*(3), 340-350.

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), 402-407.

Hung, K. C., Chung, H. W., Yu, C. C. W., Lai, H. C. & Sun, F. H. (2019). Effects of 8-week core training on core endurance and running economy. *PloS One*, *14*(3), e0213158.

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.

Karageorghis, C. I., Bird, J. M., Hutchinson, J. C., Hamer, M., Delevoye Turrell, Y. N., Guérin, S. M., Mullin, E. M., Mellano, K. T., Parsons Smith, R. L. & Terry, V. R. (2021). Physical activity and mental well-being under COVID-19 lockdown: a cross-sectional multination study. *BMC Public Health*, *21*(1), 1-13.

Kett, A. R. & Sichting, F. (2020). Sedentary behaviour at work increases muscle stiffness of the back: why roller massage has potential as an active break intervention. *Applied Ergonomics*, *82*, 102947.

Kim, E. & Kang, H. (2021). A study on the changing patterns of leisure activities after COVID-19. *The Korea Journal of Sports Science*, *30*(5), 97-104.

Kim, S. & Jee, Y. (2020). Effects of 3D moving platform exercise on physiological parameters and pain in patients with chronic low back pain. *Medicina*, *56*(7), 351.

Lee, C. & Lee, S. (2020). A Literature Review of the Effects of Self Myofascial Release with a Foam Roller on Human Fascial System and Cardiovascular Function. *Exercise Science*, *29*(4), 329-338.

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.

Lee, J. & Oh, D. (2020). 8-week Combined Exercise affected to the Body composition, Estradiol and Serotonin factor in Middle-aged woman. *The Korea Journal of Sports Scienc*, *29*(5), 947-954.

Lohr, C., Braumann, K. M., Reer, R., Schroeder, J. & Schmidt, T. (2018). Reliability of tensiomyography and myotonometry in detecting mechanical and contractile characteristics of the lumbar erector spinae in healthy volunteers. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(7), 1349-1359.

Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Kitamura, K., Ramírez Campillo, R., Zanetti, V., Abad, C. C. C. & Nakamura, F. Y. (2016). Muscle contraction velocity: a suitable approach to analyze the functional adaptations in elite soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, *15*(3), 483-491.

Maher, J. P., Pincus, A. L., Ram, N. & Conroy, D. E. (2015). Daily physical activity and life satisfaction across adulthood. *Developmental Psychology*, *51*(10), 1407-1419.

Makizako, H., Akaida, S., Shono, S., Shiiba, R., Taniguchi, Y., Shiratsuchi, D. & Nakai, Y. (2021). Physical activity and perceived physical fitness during the COVID-19 epidemic: a population of 40-to 69-year-olds in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(9), 4832.

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 and Conditioning Research*, *31*(12), 3524-3536.

Nakamura, M., Sato, S., Hiraizumi, K., Kiyono, R., Fukaya, T. & Nishishita, S. (2020). Effects of static stretching programs performed at different volume-equated weekly frequencies on passive properties of muscle-tendon unit. *Journal of Biomechanics*, *103*, 109670.

Örgün, E., Kurt, C. & Özsu, İ. (2020). The effect of static and dynamic core exercises on dynamic balance, spinal stability, and hip mobility in female office workers. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *66*(3), 271-280.

Ozemek, C., Lavie, C. J. & Rognmo, Ø. (2019). Global physical activity levels-Need for intervention. *Progress in Cardiovascular Diseases*, *62*(2), 102-107.

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), 325-331.

Peacock, C. A., Krein, D. D., Silver, T. A., Sanders, G. J. & Von Carlowitz, K. P. A. (2014). An acute bout of self-myofascial release in the form of foam rolling improves performance testing. *International Journal of Exercise Science*, *7*(3), 202-211.

Perotto, A. O. (2011). *Anatomical guide for the electromyographer: the limbs and trunk*: Charles C Thomas Publisher.

Pratt, M., Varela, A. R., Salvo, D., Kohl III, H. W. & Ding, D. (2020). Attacking the pandemic of physical inactivity: what is holding us back?. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(13), 760-762.

Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. E., Housh, T. J., Ben Kibler, W., Kraemer, W. J. & Triplett, N. T. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(3), 687-708.

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.

Rusu, L. D., Cosma, G. G., Cernaianu, S. M., Marin, M. N., Rusu, P. A., Ciocănescu, D. P. & Neferu, F. N. (2013). Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, *10*(1), 1-8.

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.

Saiklang, P., Puntumetakul, R., Selfe, J. & Yeowell, G. (2022). An evaluation of an innovative exercise to relieve chronic low back pain in sedentary workers. *Human Factors*, *64*(5), 820-834.

Stults-Kolehmainen, M. A. & Sinha, R. (2014). The effects of stress on physical activity and exercise. *Sports Medicine*, *44*(1), 81-121.

Wilke, J., Mohr, L., Tenforde, A. S., Edouard, P., Fossati, C., González Gross, M., Sánchez Ramírez, C., Laiño, F., Tan, B., Pillay, J. D., Pigozzi, F., Jimenez Pavon, D., Novak, B., Jaunig, J., Zhang, M., Poppel, V. M., Heidt, C., Willwacher, S., Yuki, G., Lieberman, D. E., Vogt, L., Verhagen, E., Hespanhol, L. & Hollander, K. (2021). A pandemic within the pandemic? Physical activity levels substantially decreased in countries affected by COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(5), 2235.

World Health Organization (2010). *World Health Statistics 2010*, World Health Organization.