

Research Article

Open Access

비특이적 요통을 가진 환자에게 플랭크 플러스 운동이 통증, 근활성도, ODI(oswestry disability index)에 미치는 영향

조용호 · 임동호[†]

대구한의대학교 물리치료학과, ¹동방문화대학원대학교 자연치유재활복지학과

Effects of Plank Plus Exercise on Pain, Muscle Activation, and Oswestry Disability Index in Patients with Nonspecific Low Back Pain

Yongho Cho, PT, PhD · Dongho Lim, PhD[†]

Department of Physical Therapy, Daegu Haany University

¹Department of Naturopathy Rehabilitation Welfare, Dongbang Culture University

Received: December 16 2024 / Revised: December 18 2024 / Accepted: December 29 2024

© 2025 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the effects of plank and plank plus exercises on pain, muscle activation, and Oswestry disability index (ODI) in middle-aged adults with nonspecific low back pain (NSLBP).

METHODS: Twenty-two adults (50–64 years) diagnosed with NSLBP were divided into two groups: a control group (plank exercise) and an experimental group (plank plus exercise). The intervention lasted four weeks, three sessions per week, including 30 minutes of physical therapy and 30 minutes of exercise. Pain was measured using the numeric pain scale (NPS), muscle activation with surface electromyography (sEMG), and functional disability with ODI.

RESULTS: Both groups showed significant improvements in pain, muscle activation, and ODI ($p < .05$). The experimental group showed greater ODI improvement than the control group ($p < .05$), but differences in pain and muscle activation were similar in the two groups ($p > .05$).

CONCLUSION: Plank and plank plus exercises reduced pain and improved the ODI in NSLBP patients. The plank plus exercise showed superior functional benefits, suggesting its inclusion in rehabilitation programs.

Key Words: Muscle activity, Nonspecific low back pain, Oswestry disability index, Plank exercise, Plank plus exercise

I. 서론

비특이적 요통(Nonspecific Low Back Pain, NSLBP)은 전 세계적으로 가장 흔한 근골격계 질환 중 하나로, 전체 요통의 약 85%를 차지하며 환자에게 신체적, 정신적, 경제적 부담을 초래한다[1]. 비특이적 요통은 일상

[†]Corresponding Author : Dongho Lim

dongholim917@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0006-6514-6969>

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.

생활에서 많은 문제를 일으키며, 경제적 손실과 사회적 고립을 유발하여 환자의 삶의 질을 크게 저하시킬 수 있다. 비특이적 요통은 명확한 병리학적 원인이 없는 상태로 정의로, 반복적 스트레스, 잘못된 자세, 근육 약화, 체간 안정성 부족 등 다양한 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다[2].

비특이적 요통 환자의 효과적 관리를 위해 다양한 접근법이 적용된다. 그중 운동 방법을 통한 중재는 신체 기능 회복과 통증 경감에 있어 가장 널리 사용되는 방법이다[3]. 특히, 몸통 강화 및 안정화 운동은 허리 주변 근육과 복부 근육을 동시에 활성화하고, 과도한 몸통의 움직임을 방지함으로써 안정성을 높이는 데 기여한다[4]. 이러한 몸통 안정화 운동은 통증 완화뿐만 아니라 환자의 일상생활 수행 능력을 회복하는 데 효과적이라는 점에서 주목받고 있다.

몸통 안정화 운동 방법 중 플랭크(plank) 운동은 몸통 근육 강화와 안정성을 위해 많이 사용하는 방법이지만, 플랭크 운동은 주로 정적 안정성(Static stability)에 초점을 맞추고 있어 실생활에서 요구되는 동적 기능(dynamic)을 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 이에 더 실용적이고 효과적인 중재 방법으로, 동적 움직임을 포함한 플랭크 플러스(plank plus) 운동이 제안되고 있다. 플랭크 플러스 운동은 플랭크 동작에서 팔과 다리의 움직임을 주는 운동을 비롯하여 어깨뼈의 움직임을 주는 운동 등 다양한 형태의 운동 방법이 있다. 플랭크 플러스 운동은 심부 및 표재성 근육을 모두 활성화하는 것을 목표로 하며, 환자의 기능적 회복과 실생활 관련성을 강화한다[5]. 플랭크 플러스 운동의 특징으로 동적 안정성 강화, 근육 다양성 활성화, 실생활 관련성 향상에 도움을 주는 운동 방법이다. 그리고 이런 플랭크 플러스 운동은 동적 안정성을 강화하고, 몸통 근육의 협응력과 균형을 증진하는 데 효과적이다[6]. 플랭크 플러스 운동은 심부 및 표재성 근육을 모두 활성화하는 것을 목표로 하며, 환자의 기능적 회복과 실생활 관련성을 강화한다[7]. 플랭크 플러스 운동은 비특이적 요통 환자에서 체간 근육 간의 협응력 부족으로 인한 통증과 기능 저하를 개선하고, 요통의 재발을 예방하며, 환자의 일상적인 기능적 요구를 충족시키는

데 기여할 수 있다[8].

비특이적 요통 환자의 효과적인 관리를 위해 체계적이고 실질적인 운동 중재 프로그램의 개발이 중요하다. 플랭크와 플랭크 플러스 운동은 체간 안정화와 기능적 회복에 효과적인 잠재력을 가지고 있으며, 특히 플랭크 플러스 운동은 비특이적 요통의 재발 방지와 장기적인 통증 관리에 기여할 가능성이 있다. 그러나 두 가지 운동의 효과를 체계적으로 비교한 연구는 아직 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 플랭크 플러스 운동 중 어깨뼈의 움직임을 주로 적용하는 동작을 포함한 플랭크 플러스 운동의 효과를 알아봄으로써 비특이적 요통 환자에게 적합한 운동 프로그램을 제시하고자 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 OO시 소재 K의원, S의원에서 전문의에 의해 비특이적 요통으로 진단 받은 50세~64세 중년 성인을 대상으로 하였다. 비특이적 요통을 가진 연구목적과 취지를 설명하고 참여에 동의한 환자 명을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정기준은 다음과 같다.

첫째, 50세~64세의 중년 성인

둘째, 비특이적 요통으로 전문의의 진단을 받은 대상자.

셋째, 통증의 척도 기준인 NPSI(numeric pain scale instrument: 숫자 평가 척도)가 중등도 기준인 4이상인 자[9].

통계 프로그램 'R'을 사용하여 집단배치를 하였다. 집단 배치 방법은 무작위 방법으로 두 집단으로 나눠 실험군 13명, 대조군 12명을 배치하여 실시하였다. 중재 4주 기간 중 실험군 2명, 대조군 1명이 자발적인 중도포기 의사로 인해 최종결과 측정값은 총 22명을 대상으로 처리하였다.

일반적 특성은 실험군과 대조군에서 동질성 여부를 측정한 결과 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 1).

Table 1. General Characteristics of the Subjects

Variable	Mean $\pm$ SD		t	p
	Experimental group	Control group	t	P
Age (year)	58.72 $\pm$ 2.93	59.18 $\pm$ 3.28	-.342	.736
Height (cm)	155.27 $\pm$ 6.60	154.90 $\pm$ 6.59	.129	.898
Weight (kg)	59.90 $\pm$ 4.34	57.36 $\pm$ 4.86	1.294	.210

2. 중재방법

본 연구에서는 실험군과 대조군에 모두 전기치료를 포함한 기본적인 물리적 인자치료를 실시하였다. 플랭크 플러스 운동의 중재를 위해 운동방법을 교육한 후 플랭크 운동을 실시하게 하였다. 운동 프로그램은 약 30분의 시간에 맞추어 실시하였다. 물리치료 30분과 운동프로그램 약 30분으로, 주 3회 1시간씩 총 4주간 적용하였다.

1) 물리치료

대상자는 통증과 기능 개선을 위해 물리적 인자치료를 온열치료 15분, 초음파치료 5분, 간섭파 전기치료 10분을 적용하여 30분간 실시하였다. 물리적 인자치료는 환자가 엎드린 자세로 적용하였으며, 온열치료는 적외선 등을 허리 부위에 적용하였다. 초음파치료와 간섭파 치료는 환자의 통증 부위를 중심으로 적용하였다.

2) 운동프로그램

실험군과 대조군은 플랭크 운동을 기본으로 실시하였으며, 실험군은 플랭크 운동과 플랭크 플러스 운동을 복합적으로 사용하였고, 대조군은 플랭크 운동만 실시하였다.

플랭크 운동 방법은 먼저 바닥에 엎드린 자세를 취하고, 팔꿈치를 어깨 아래에 위치하는 자세를 취한 후 팔꿈치는 직각으로 한 자세에서 팔꿈치로 바닥을 지지한다. 발끝 또는 무릎을 바닥에 댄 상태에서 몸을 지탱하며 몸 전체를 머리부터 발끝 또는 무릎까지 일직선으로 만든다. 복부와 엉덩이에 힘을 주어 일직선이 무너지지 않도록 하며 특히 허리가 아래로 처지거나 엉덩이

가 위로 올라가지 않도록 유지한다. 플러스 운동은 플랭크 동작에서 어깨뼈를 쭉 뻗는 형태로 플랭크 동작에서 어깨뼈를 뒤로 쭉 뻗는 동작으로 실시한다. 이는 푸쉬업 플러스 동작에서 변형한 형태이다[10].

플랭크 운동과 플랭크 플러스 운동을 적용한 중재 방법은 처음 2주간은 무릎을 바닥에 닿은 상태로 실시하게 하였으며(Fig. 1, Fig. 2), 나머지 2주간은 무릎을 바닥에 닿지 않고 발끝으로 유지하는 자세로 실시하게 하였다(Fig. 3, Fig. 4). 준비운동 5분, 본 운동 20분, 마무리 운동 5분으로 실시하였고, 다리 및 몸통 근육들의 스트레칭을 실시하였다. 본 운동은 운동 중재로 10초간 플랭크 동작 후 10초간 플랭크 플러스 운동을 실시하는 동작 10회 3세트를 실시하였다. 환자의 피로도를 높이지 않기 위해 동작 실시 후 30초간, 세트간 1분 50초의 휴식시간을 준 후 실시하였다.

3. 측정방법

1) 통증

비특이적 요통이 있는 중년 환자에 대한 통증의 정도는 숫자통증등급(numeric pain scale, NPS)을 이용하였다. 통증 정도를 1에서 10까지 숫자를 사용하는 것으로, 0은 ‘통증이 전혀 없음’을 10은 ‘상상할 수 없을 정도의 가장 아픈 통증 정도’로 측정하는 방법이다. 수치의 정도로는 0 : 통증이 전혀없음, 1~3 : 약한 정도(mild), 4~6 : 보통 정도(moderate), 7~10 : 심한 정도(severe)를 나타낸다. NRS는 통증을 측정하는 대표적인 방법으로 선행연구에서 .95로 매우 높은 신뢰도를 나타내는 도구이다[11].



Fig.1. Plank exercise with the knees on the floor.



Fig 2. Plank plus exercise with the knees on the floor.



Fig 3. Plank exercise without the knees on the floor.



Fig 4. Plank plus exercise without the knees on the floor.

2) 근활성도

근활성도를 측정하기 위해 MP150(biopac, USA)을 사용하여 근활성도를 측정하였다. 측정 위치는 척추기립근에 전극을 부착하여 측정하였다. 척추기립근 허리부위(L2~3) 기립근에 부착하여 측정하였다. 전극 부착은 환자의 우측측 척추기립근에 척추 가시돌기에서 바깥쪽으로 40mm 떨어진 부분에 부착하여 측정하였다 [12]. 근활성도 측정은 기준값으로 MVIC(maximum voluntary isometric contraction)을 사용하였다. 최대 등척성 근수축값을 먼저 측정하고 일어날 때 근활성도의 크기를 측정하여 최대 등척성 수축 기준 %로 나타내어 측정하였다. 측정값은 50~500Hz의 filter 처리하였으며, RMS를 사용하여 자료처리 하였다. 전기 공급을 통해 나타나는 자체 전기 신호를 처리하기 위해 60Hz

notch 필터를 사용하였다.

3) Oswestry Disability Index (ODI)

비특이적 요통 환자의 기능 장애 정도를 평가하기 위해 ODI를 사용하였다. ODI는 요통 환자를 평가하는데 많이 사용하는 설문 도구로써 환자가 겪는 장애를 자세히 파악하기 위해 10개의 항목으로 구성되어 있다. 구성 항목에는 통증 강도, 일상생활, 걷기, 앉기, 개인 위생, 수면 등 환자의 일상생활과 관련된 요소가 포함되어 있으며 각 항목 별 0점에서 5점까지 점수를 측정한다. 0점은 '장애 없음' 5점은 '최대 장애'로 점수를 매기며, 총점을 백분율로 계산해 환자의 장애 수준을 나타낸다. 모든 항목에 체크가 가능하지 않을 경우 체크한 항목에 대한 점수를 기준으로 백분율로 나타낸다. ODI

는 환자의 기능 상태를 객관적으로 평가할 수 있어 치료 계획을 세우거나 치료 효과를 확인할 때 매우 유용한 연구도구로, 요통 환자의 평가에 널리 사용된다. ODI는 요통 환자의 기능 장애를 측정하는 대표적인 방법으로 선행연구에서 .94로 매우 높은 신뢰도를 나타내는 도구이다 [13]

4. 분석방법

비특이적 요통이 있는 중년의 플랭크 플러스 운동이 요통에 미치는 영향을 알아보기 위해 본 연구를 실시하였으며, 통계 프로그램은 SPSS 29.0 for windows를 사용하였다. 대상자들의 일반적 특성의 정규성 검정과 대상자들의 중재 방법에 따른 차이를 알아보기 위해 중재 전과 중재 후 변화값의 집단 별 비교는 독립표본 t-test를 사용하였다. 집단 내 중재에 따른 변화를 알아보기 위해 대응표본 t-test를 사용하였다. 유의수준은 .05로 하였다.

III. 연구 결과

실험군과 대조군의 두 집단 간 일반적 특성인 나이와 키, 몸무게는 유의한 차이가 나지 않아서 두 집단 간 동질성이 확보되었다(Table 1).

1) 집단 별 중재 전-후에 따른 통증, 근활성도, ODI 변화

실험군과 대조군 모두 중재에 따라 통증, 근활성도, ODI는 유의한 차이를 나타내었다($p < .05$)(Table 2).

2) 중재 전과 후의 변화값에 대한 집단 간 통증, 근력, ODI 차이 비교

중재 전과 중재 후의 변화값에 대한 집단 간 비교는 ODI 차이는 집단 간 통계적으로 유의한 차이를 나타내었지만($p < .05$), 통증 근활성도 차이는 집단간 차이가 나타나지 않았다($p > .05$)(Table 3).

Table 2. Comparison of Pain, Muscle activity, and ODI within the group

Variation	Group	Mean±SD		t	p
		Pre	Post		
Pain (score)	EG	4.72 ± .64	2.54 ± .52	9.639	.000*
	CG	4.81 ± .87	3.09 ± .83	7.286	.000*
	t(p)	-.277(.7884)	-1.843(0.80)		
Muscle activity (%MVIC)	EG	34.72 ± 5.36	27.72 ± 3.71	4.468	.001*
	CG	34.45 ± 4.92	28.90 ± 3.64	4.279	.002*
	t(p)	.124(.902)	-.753(.460)		
ODI (score)	EG	17.09 ± 1.30	13.81 ± 1.07	10.757	.000*
	CG	17.45 ± 1.21	15.36 ± 1.02	7.347	.000*
	t(p)	-.678(.506)	-3.442(.003*)		

*p < .05

EG: Experimental group, CG: Control group, ODI: Oswestry Disability Index

Table 3. Comparison of Pain, Muscle activity, and ODI changes pre-post intervention between group

Variation	Group	Mean±SD		t	p
		EG	CG		
Pain (score)	Pre-Post	2.18 ± .75	1.72 ± .78	1.387	.181
Muscle activity (%MVIC)	Pre-Post	7.00 ± 5.19	5.54 ± 4.29	.715	.483
ODI index (score)	Pre-Post	3.27 ± 1.00	2.09 ± .94	2.837	.010*

*p < .05

EG: Experimental group, CG: Control group, ODI: Oswestry Disability Index

IV. 고 찰

본 연구는 비특이적 요통 환자에게 운동 프로그램으로 대조군에게 플랭크 운동을, 실험군에게 플랭크 운동과 플랭크 플러스 운동을 적용하였다. 두 집단 모두 중재 후 통증, 근활성도, ODI에서 유의미한 변화를 보였다.

본 연구에서 실험군과 대조군 모두 비특이성 요통 환자의 통증에 유의미하게 감소를 나타내었다. 통증이 감소한 것은 몸통 근육 강화와 안정성 증진이 통증 감소의 요인으로 작용한 것으로 사료된다. 몸통 안정화 운동은 요통 환자의 통증을 감소시키는 데 효과적이다[14]. 플랭크 운동은 대표적으로 몸통 근력 강화와 안정화에 도움을 주는 운동으로 심부근의 강화를 통해 척추 안정성을 증가시킨다[15]. 이에 본 연구에서도 통증의 감소가 두 집단 모두에게 나타난 것으로 사료된다. 플랭크 플러스 운동은 정적 플랭크 동작에 동적 움직임을 추가하여 더 넓은 범위의 근육군을 활성화시켰기 때문으로 보인다. 플랭크 플러스 운동은 심부 근육뿐 아니라 표재성 근육까지 활성화하여 몸통 안정성을 더욱 강화한다고 하였다[16]. 이는 비특이적 요통 환자에서 흔히 나타나는 근육 약화나 비효율적인 협응력을 개선하는 데 기여했을 가능성이 크다. 플랭크와 플랭크 플러스 운동의 이러한 효과는 비특이적 요통 환자의 통증 강도를 효과적으로 감소시킨 요인으로 볼 수 있다.

집단 별 차이에서는 통증, 근활성도, ODI 모두 차이가 나타났지만 집단 간 통계적으로 유의미한 차이는 ODI에서만 나타났다($p<.05$). 하지만 통증과 근활성도의 변화에서는 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 플랭크 운동 자체가 요통에 매우 효과적인 운동이라고 할 수 있는 것으로 대조군에서도 충분한 치료 효과를 보인 것이다. 실험군이 수행한 플랭크 플러스 운동은 기능과 관련해서 더 좋은 효과를 나타낸 것으로 대조군에 비해 실험군에서 ODI가 더 향상된 것은 다음과 같은 이유일 것으로 추정한다.

ODI는 통증의 강도를 포함해 일상생활 수행 능력, 자세 안정성, 심리적 상태 등 기능적 장애를 종합적으로 평가하는 지표이다[17]. 실험군이 수행한 플랭크 플

러스 운동은 플랭크 운동에 어깨뼈의 움직임을 추가적인 움직임을 결합한 형태로, 몸통 근육의 협응력과 동적 안정성을 향상시키는 데 효과적이다[18]. 이러한 플랭크 플러스 운동은 심부근과 표재근의 동시 활성화를 유도해 체간 안정성과 일상생활에서 요구되는 기능적 능력을 강화했기 때문으로 사료된다. 반면, 대조군의 플랭크 운동은 정적 안정성을 중점적으로 강화한 형태로, 움직임을 주지 않았기에 기능적 형태가 포함되지 않았다. 따라서 일상생활의 기능적 움직임에 대한 부분에서 상대적으로 작게 나올 수 있다[19]. 플랭크 플러스 운동이 단순 플랭크 운동에 비해 더 향상된 결과가 나온 것은 플랭크 플러스 운동이 허리와 골반 주위 근지구력 및 협응력을 증가시켜 요통과 관련한 기능적 평가 지표인 ODI가 개선된 것으로 사료된다. 코어 근육의 근지구력 향상은 비특이적 요통환자의 허리 기능장애와 하지 근력에 긍정적 영향을 미친다고 하였다[20].

플랭크 운동과 플랭크 플러스 운동 복합 운동 모두 요통 환자의 통증 감소에 효과적이다. 이러한 운동은 척추 안정성을 강화하고 통증을 유발하는 구조적 부담을 줄이기 때문이다[17]. 대조군과 실험군 모두 플랭크 운동이 포함되었기 때문에, 통증 개선과 근활성도 변화 효과가 유사하게 나타났을 가능성이 크다. 플랭크 운동만으로도 통증 감소에는 효과적일 수 있어 집단 간 유의미한 차이가 나타나지 않았을 가능성이 높다.

근활성도는 몸통 근육 %MVIC 기준으로 평가되었다. 두 집단 모두 플랭크 운동을 포함하기 때문에 척추 기립근의 활성화 변화는 두 집단 모두 감소한 것으로 사료된다. 플랭크 운동이 심부근과 표재근을 동시에 활성화 시켰기에 근활성도의 변화가 집단 내에서 중재에 따른 변화가 모두 나타난 것이다[21]. 요통 환자의 경우 척추 주변 근육이 과긴장으로 활성도가 높게 나타날 수 있다[22]. 본 연구에서는 플랭크 운동과 플랭크 플러스 운동에 따라 척추기립근의 과긴장이 줄어들어 근활성도가 감소한 것으로 사료된다.

또한, 플랭크 플러스 운동의 효과가 근육 협응력이나 운동 제어 능력에서 더 두드러지게 나타났을 수 있다. 이는 단순한 근활성도 수치 변화로 평가되기 어렵기 때문에, 두 집단 간 근활성도의 차이가 제한적으로

나타난 원인일 수 있다[23].

본 연구를 통해 플랭크 플러스 운동을 접목한 운동이 ODI의 개선에 더 효과적인 것으로 나타났다. 이는 비특이적 요통 환자의 기능적 향상을 위해서는 플랭크 플러스 운동이 가능한 환자에게 적극적으로 사용하면 좋은 중재 방법이라는 것을 시사하는 결과이다.

본 연구의 제한점으로는 다음과 같다. 첫째, 표본 크기가 많지 않아 추후에는 더 많은 대상자들을 연구한다면 일반화 시키기에 더 좋은 결과로 적용 될 수 있을 것이다. 둘째, 근활성도를 평가한 표면 근전도는 심부 근육의 활성화를 충분히 반영하지 못할 수 있기에 심부 근육에 대한 연구는 초음파나 MRI와 같은 심부 근육을 같이 측정할 수 있는 도구를 사용한다면 좋을 것이다. 셋째, 요통의 경우 장기간의 중재를 요하는 경우가 많기에 본 연구는 4주간의 비교적 길지 않은 시간을 중재 하였기에 장기간의 중재 효과를 연구한다면 비특이적 요통 환자의 중재로써 더 좋은 결과가 나올 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 중년 50세~64세 중년 성인 중 비특이적 요통이 있는 환자에게 운동프로그램으로 플랭크 운동과 플랭크 플러스 운동을 중재 방법으로 적용하였을 때의 효과를 보기 위해 실시하였다. 비특이적 요통이 있는 중년 성인에게 중재에 따른 효과를 알아보기 위해 통증, 근활성도, ODI를 측정하였다. 중재에 따라 통증, 근활성도, ODI는 플랭크 적용군과 플랭크 운동과 플랭크 플러스 적용군 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 비특이적 요통이 있는 환자에게 운동 프로그램으로 플랭크와 플랭크 플러스 운동을 적용한다면 요통 관리에 좋은 중재 방법으로 적용할 수 있을 것이라 사료된다.

Reference

- [1] Foster NE, Anema JR, Cherkin D, et al. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. *The Lancet*. 2018;391(10137):2368-83.
- [2] Laird RA, Kent P, Keating JL, et al. Early intervention for the management of acute low back pain: a systematic review of the evidence. *Man Ther*. 2014;19(5):372-80.
- [3] Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine*. 2004;29(11):1254-65.
- [4] Wilke HJ, Volkheimer D. Basic biomechanics of the lumbar spine. In *Biomechanics of the Spine*. Academic Press. 2018.
- [5] Byrne JM, Bishop NS, Caines AM, et al. Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise. *J Strength Cond Res*. 2014;28(11):3049-55.
- [6] Behm DG, Leonard AM, Young WB, et al. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res*. 2010;24(6):1673-9.
- [7] Mok NW, Yeung EW, Cho JC, et al. Core muscle activity during suspension exercises. *J Sci Med Sport*. 2015;18(2):189-94.
- [8] Boyle KL, Olinick J, Lewis C. The value of blowing up a balloon. *Physiother Theory Pract*. 2015;26(2):120-32.
- [9] Moskovitz BL, Benson CJ, Patel AA, et al. Analgesic treatment for moderate-to-severe acute pain in the United States: patients' perspectives in the Physicians Partnering Against Pain (P3) survey.
- [10] Seo SH, Jeon IH, Cho YH, et al. Surface EMG during the push-up plus exercise on a stable support or Swiss ball: scapular stabilizer muscle exercise. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(7):833-7.
- [11] Alghadir AH, Anwer S, Iqbal A, et al. Test-retest reliability, validity, and minimum detectable change of visual analog, numerical rating, and verbal rating scales for measurement of osteoarthritic knee pain. *J Pain Res*. 2018;11:851-6.

- [12] Chae JB. The Study of Muscle Activity on Functional Reaching. J of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association. 2013;11(1):55-62.
- [13] Sheahan PJ, Nelson-Wong EJ, Fischer SL. A review of culturally adapted versions of the Oswestry Disability Index: the adaptation process, construct validity, test-retest reliability and internal consistency. Disabil Rehabil. 2015;37(25):2367-74.
- [14] Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, et al. Core stability exercise principles. Curr Sports Med Rep. 2008;7(1): 39-44.
- [15] Standaert CJ, Weinstein SM, Rumpeltes J. Evidence-informed management of chronic low back pain with lumbar stabilization exercises. The spine journal. 2008;8(1):114-20.
- [16] Behm DG, Leonard AM, Young WB, et al. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. J Strength Cond Res. 2010;24(6):1673-9.
- [17] Fairbank J. Revised Oswestry disability questionnaire. Spine. 2000;25(19):2552.
- [18] Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. Spine. 2004;29(11):1254-65.
- [19] Choi JH, Kim DE, Cynn HS. Comparison of trunk muscle activity between traditional plank exercise and plank exercise with isometric contraction of ankle muscles in subjects with chronic low back pain. J Strength Cond Res. 2021;35(9):2407-13.
- [20] Kim CH. The effect of core endurance exercise program on low back disability and lower limb muscle strength in patients with Non-specific Low Back Pain. 2023. Sejong University. Master's thesis.
- [21] Van Dieën JH, Selen LP, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. J Electromyogr Kinesiol. 2003;13(4):333-51.
- [22] Park SJ. The Effect of Sling Exercise Therapy on Vertebral Alignment, Muscle Activity, and Multifidus of Patients with Chronic Low Back Pain. Dankook University. Doctor's thesis.
- [23] Saeterbakken AH, Fimland MS. Effects of body position and loading modality on muscle activity and strength in shoulder presses. J Strength Cond Res. 2014;27(7):1824-31.