

만성 가쪽위관절염 환자에서 아래팔 스트랩 적용이 손목뽀근 활성화도, 악력 및 통증에 미치는 영향

이현주¹ · 구하연¹ · 신서준¹ · 김다희¹ · 태기식^{2*}

¹건양대학교 물리치료학과, ²건양대학교 의공학과

Effects of Forearm Strap on Wrist Extensor Activity, Grip Strength, and Pain in Patients with Chronic Lateral Epicondylitis

Hyun Ju Lee¹, Ha Yeon Koo¹, Seo Jun Shin¹, Da Hui Kim¹ and Ki Sik Tae^{2*}

¹Department of Physical Therapy, Konyang University, ²Department of Biomedical Engineering, Konyang University
(Manuscript received 11 December 2023 ; revised 15 December 2023 ; accepted 27 December 2023)

Abstract: The purpose of this study was to investigate changes in wrist extensor activity, pain, and grip strength before and after wearing a forearm strap in their 20s who complained of chronic lateral epicondylitis for more than 6 weeks. As a result of the study, there was an increase in wrist extensor activity on both the injured and non-injured sides after wearing the forearm strap, but this was not statistically significant. There was a statistically decrease in pain after wearing the forearm strap on the injured side, and a statistically significant increase in grip strength on both. After applying the forearm strap with pad, there was an increase in muscle activity of ECRB (extensor carpi radialis brevis) on both the injured and non-injured sides. This is thought to be due to the strap pad acting as a compressive force, reducing pain, and increasing muscle recruitment ability due to stability in wrist extension. However, considering that the number of study subjects is insufficient to generalize the results, additional supplementary research is deemed necessary.

Key words: Forearm strap, Wrist extensor activity, Grip strength, Pain, Lateral epicondylitis

1. 서 론

가쪽위관절염(lateral epicondylitis)은 팔꿈치에서 가장 흔히 진단되는 질환으로, 테니스를 즐기는 사람들에게 자주 일어난다고 하여 테니스 엘보우(tennis elbow)라고 불리어졌다[1]. 인구의 약 1~3%, 35~50세의 환자에서 흔히 발견되는데[2], 테니스 선수의 40~50%는 일생 중 한 번은 이환되고[3] 건설노동자, 기계공, 정육점, 가공 산업, 휠체어 사용자 등 강한 힘이 요구되고 손을 많이 사용하는 직업군에서도 자주 나타난다[4].

가쪽위관절염은 위팔뼈의 가쪽위관절염에 부착점을

두고 있는 손목뽀근(wrist extensor)의 과도한 사용, 특정한 자세에서의 반복적인 사용으로 인해 민감해지거나 염증이 나타나는데[1] 반복적인 충격으로 그 스트레스가 축적됨으로써 발생한다[5]. 대표적으로 나타나는 증상은 공동뽀근힘줄(common extensor tendon)의 힘줄염과 관련되어 팔꿈치의 바깥쪽에서 나타나는 통증이다[6]. 이와 함께 가쪽위관절염의 압통(tenderness)과 손목 뽀 또는 세 번째 손가락 뽀의 저항 시 통증을 호소하는 것이 특징이다[7]. 만성적인 통증은 근활성도와 근력에 영향을 미칠 수 있다[8]. 가장 좋은 치료 방법은 휴식으로 팔꿈치의 통증이 없어질 때까지 팔꿈치 관절에 통증을 주는 동작은 삼가하여야 한다[9]. 그러나 현실적인 문제에 있어 통증의 원인이 되는 동작을 지속할 수 밖에 없는 경우가 대부분이기 때문에, 이러한 문제를 효과적으로 해결하거나 예방하는 방법이 필요하다.

가쪽위관절염과 안쪽위관절염 환자에 대한 증재로 아래팔 스트랩(forearm strap)을 적용한 사례가 있으며[10],

*Corresponding Author : Ki Sik Tae
Dept. of Biomedical Engineering, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seogu, Daejeon, 35365, Republic of Korea
Tel: +82-42-600-8518
E-mail: tae@konyang.ac.kr

아래팔 스트랩과 같은 보조기 사용은 통증의 역치와 손목뽀근의 근력을 증가시킬 수 있다는 보고가 있다[11,12]. 또한 아래팔 스트랩 착용에 의한 손목뽀근의 압박은 가쪽위관절염기로 전달되는 힘줄의 장력이 감소하여 통증이 없는 범위 내에서 더욱 강하게 수축할 수 있다고 보고되었다[13].

선행연구에서는 주로 아래팔 보조기의 형태나 착용 위치, 탄성력 차이에 따른 통증과 손목뽀근 근력 변화에 초점을 맞춰왔다[14-16]. Fahimeh 등은 가쪽위관절염기염 환자에서 스트랩 또는 슬리브 형태의 팔꿈치 보조기를 착용하였을 때 통증이 없는 범위에서의 악력이 즉각적으로 증가했다고 하였다[17]. Burton의 연구에서도 가쪽위관절염기염 환자에서 아래팔 스트랩을 하지 않은 경우와 아래팔 스트랩을 적용한 경우를 비교하였을 때 아래팔 스트랩을 적용한 환자에서 통증이 없는 범위에서 악력이 유의하게 증가함을 보였으며 아래팔 스트랩의 탄력성과 비탄력성 사이에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다고 하였다[15]. Wadsworth 등은 가쪽위관절염기염 환자를 대상으로 아래팔 스트랩을 적용하였을 때 손목뽀의 근력 및 악력의 증가가 있었으며 통증 감소의 경향을 보였다고 하였다[6]. 건강한 성인을 대상으로 한 Yoon 등의 연구에서 아래팔 보조기를 착용하지 않은 상태에서 손목뽀 동작을 하였을 때 아래팔 보조기를 착용하였을 때보다 짧은 노쪽손목뽀근의 높은 근활성도를 나타냈다고 하였다. 또한 보조기의 형태에 있어서 폭이 넓은 공압식 보조기를 착용하였을 때 폭이 얇은 원통형 보조기를 착용하였을 때보다 높은 근활성도가 있었다고 하였다[18].

그러나 위의 연구들은 아래팔 보조기의 탄력성 여부에 따른 통증 및 근력 비교 또는 환자에서 아래팔 보조기를 착용한 이후 통증 및 근력을 비교한 연구로 한정 지어진다. 또한 아래팔 보조기가 손목뽀근의 2차적인 이는곳(origin) 역할을 하여 가쪽위관절염기로 전달되는 힘을 감소시키는 것이기 때문에 [19], 보다 효율적인 축 압박이 필요할 것이라는 가정에 대한 연구가 미흡하다. 따라서 본 연구는 아래팔에 가쪽위관절염기염의 증상이 있는 20대 남녀 7명을 대상으로 패드가 있

어 압박력을 높일 수 있는 아래팔 스트랩을 적용하여 손상 측 및 비손상측의 악력, 통증 역치, 주관적 통증과 근활성도 변화를 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 대상자 선정

본 연구의 대상자는 대전광역시 K 대학교에 재학 중인 성인 남녀 7명을 대상으로 하였다. 선정기준은 최근 6주 이상 가쪽위관절염기염에 대한 증상을 한쪽만 호소하는 자[20], 가쪽위관절염기염 진단을 위한 이학적 검사 1개 이상에서 양성결과를 보이는 자, 상지 근육에 외상 및 수술 이력이 없는 자, 측정에 지장을 줄 만한 신경학적 또는 근골격계 질환이 없는 자이다. 일반적 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 대상자의 일반적 특성

Table 1. General characteristics of the subjects (N=7)

Variables	
Gender (M/F)	6/1
Age (yrs)	24.28±1.70 ^a
Height (cm)	175.71±10.60 ^a
Weight (kg)	71.42±14.71 ^a

^aMean±SD

2. 연구절차

만성 가쪽위관절염기염 환자의 조건에 부합하기 위해 설문 조사와 함께 이학적 검사를 시행하였다. 이학적 검사는 코젠 검사(Cozen test) 및 마우드슬리 검사(Maudsley test)로 하였으며, 한 가지 이상 검사에서 양성인 나타났을 시 참여자로 선정하였다(그림 1). Saroja 등에 의하면 코젠 검사와 마우드슬리 검사의 민감도(sensitivity)는 각각 84%, 88%로 높게 나타나 가쪽위관절염기염을 감별하기 위한 검사방법으로 적합하였다[21].



(a) Cozen test



(b) Maudsley test

그림 1. 가쪽 위관절염기염 검사

Fig. 1. Special test for lateral epicondylitis

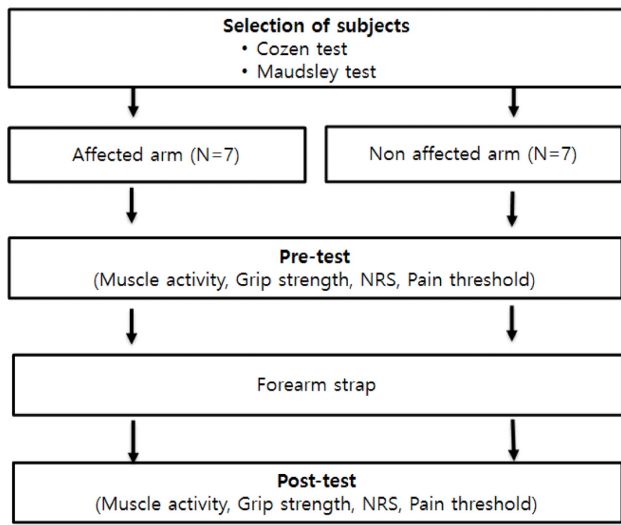


그림 2. 연구 절차
Fig. 2. Flow chart

선정된 본 연구 대상자들은 실험에 대한 목적 및 방법에 대한 설명을 듣고 동의서를 작성한 후, 실험에 참여하였다. 손상측과 비손상측으로 그룹을 나눈 후, 팔꿈치 스트랩을 착용하기 전과 후에 각각 근전도, 악력, 숫자통증척도, 통증 역치를 측정하였다. 팔꿈치 스트랩 착용 순서는 제비뽑기를 통해 무작위로 결정하였다(그림 2).

아래팔 스트랩(Push Brace co., Netherlands)은 비탄력

성의 너비 5 cm, 두께 2 mm의 스트랩 안쪽에 폴리머 패드(polymer pad)가 부착되어 있다. 가쪽위관절염기로부터 2.5 cm 먼쪽 위치에서 패드에 의해 압박될 수 있도록 착용하였다[22], (그림 3).

3. 측정도구

(1) 표면근전도(Electromyography; EMG)

근육의 활성도를 측정하기 위해 무선 휴대용 표면근전도시스템(TeleMyo 2400T, Noraxon Inc., USA)을 이용하였다. 실험 시작 전 전극부착을 위해 사포와 알코올 솜을 이용하여 피부 표면처리(skin preparation)를 한 후, 피부 표면에 전극을 부착하고 근전도 기기를 연결하였다. 표면근전도 전극은 양쪽 짧은노쪽손목뾰근(extensor carpi radialis brevis, ECRB)에 부착하며 위치는 팔꿈치의 가쪽위관절염기와 등쪽 3번 손허리뼈 바닥(dorsal part of 3rd metatarsal base)을 연결하는 중심선의 힘살 부위를 촉진하여 부착하였다[23].

대상자는 손목뾰 동작을 참을 수 있는 최대 통증 지점까지 수행하여 5초간 유지하도록 하였다. 측정값의 정상화를 위하여 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)상태에서 각각 3회씩 측정 후 평균값을 구하였다. 또한 저항 없이 최대 수의적 등척성 수축 3회 측정 후 평균값을 구한 후 %MVIC을 도출하였다. 측정 간 휴식시간은 2분으로 하였고, 측정 시 보상작용을 보이지 않도록 주의하였다(그림 4).

484



(a) Strap position



(b) Polymer pad inside strap

그림 3. 아래팔 스트랩
Fig. 3. Forearm strap



(a) Maximal isometric contraction



(b) Sub-maximal isometric contraction

그림 4. 짧은 노쪽손목뾰근 활성도 측정
Fig. 4. Measurement of ECRB activity

근전도 측정값 산출을 위해 1,500 Hz의 sampling rate와 low frequency 5 Hz 및 high frequency 450 Hz로 적용하였다. 실험에서 측정된 근전도 신호는 RMS (root mean square) 처리하였다.

(2) 악력 측정기(Dynamometer)

디지털 악력 측정기(EH-101, Carmy, China)를 이용하여 악력을 측정하였다. 연속적으로 3회 측정하여 평균값을 기록한 후 5분간 휴식한 후, 반대쪽 팔에 대해 같은 방법으로 측정하였다. Huang 등에 따르면 측정에 사용된 악력 측정기와 기존에 검증된 Jamar 사의 악력 측정기의 급내상관계수(ICC)는 .815~.854를 보였으며, 높은 신뢰도와 타당도를 나타내었다[24].

(3) 숫자통증척도(Numeric Rating Scale; NRS)

근전도 측정 직후 측정자는 대상자에게 현재 느끼는 통증의 정도를 숫자통증척도를 이용하여 답변하도록 하였다. Alghadir 등에 의하면 골관절염 환자를 대상으로 시각통증척도(VAS), 숫자통증척도(NRS), 구두평가척도(VRS) 신뢰도에 대한 급내상관계수(ICC)는 각각 0.97, 0.95, 0.93을 보였으며, 타당도는 VAS-NRS($r=0.878$), VRS-NRS($r=0.925$)라고 보고하였다[25]. 또한 Amelia 등의 체계적 고찰에 따르면 세 가지 통증 평가 척도 모두 적합한 신뢰도와 타당도를 보이며 임상에서 사용하기에 적합하다고 보고하였다[26].

(4) 통증 역치(pain threshold)

통증 역치를 측정하기 위해 압통 측정계(FPX 25, Wagner Instruments, USA)를 이용하였다. Cygańska 등의 연구에 따르면 본 압통측정계의 신뢰도는 .90로 높게 나타났다[27].

측정자는 대상자의 공동뮌근힘줄을 촉진한 후 압통측정계를 이용하여 대상자가 참을 수 있는 최대 통증 지점까지 천천히 압력을 가하였다. 3회 측정 후 평균값을 기록하고, 5분간 휴식을 취한 뒤 위 과정을 반복하였다.

(5) 분석방법

본 연구에서 수집된 자료들은 SPSS Statistics ver. 22.0을 이용하여 통계처리 하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였고, 손상측과 비손상측의 측정값을 비교하기 위해 Mann-Whitney 검정을 하였다. 또한 손상측과 비손상측에서 아래팔 스트랩 착용 전과 후를 비교하기 위해 비모수 검정인 Willcoxon 부호순위 검정방법을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 짧은 노쪽손목뮌근의 활성화도 변화

손상측과 비손상측 모두에서 아래팔 스트랩 착용 후 짧은 노쪽손목뮌근 활성화도에서 통계적으로 유의있는 변화가 없었다($p>.05$). 또한 아래팔 스트랩 착용 유무에 관계없이 손상측에서 손목뮌근 활성화도의 증가 추이에 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다($p>.05$), (표 2).

2. 악력 변화

손상측 및 비손상측 모두에서 아래팔 스트랩을 착용한 후에 통계적으로 유의하게 악력이 증가하였다($p<.05$). 반면 손상측과 비손상측 간에는 아래팔 스트랩을 착용하기 전과 후 모두에서 의미있는 차이를 볼 수 없었다($p>.05$), (표 3).

표 2. 짧은 노쪽손목뮌근의 활성화도 비교(단위: %) Table 2. Comparison of ECRB activity(Unit: %)

		Affected side (n=7)	Non affected side (n=7)	p
Muscle activity	Pre	.47±.15	.42±.18	.41
	Post	.48±.23	.46±.21	.95
	p	.61	.40	

* $p<.05$

표 3. 악력 비교(Unit: kg) Table 3. Comparison of grip strength(Unit: kg)

		Affected side (n=7)	Unaffected side (n=7)	p
Grip strength	Pre	33.84±5.23	33.80±5.61	.80
	Post	37.29±5.03	35.50±5.88	.62
	p	.02*	.02*	

* $p<.05$

표 4. 통증 역치 비교(단위: Ibf)

Table 4. Comparison of pain threshold(Unit: Ibf)

		Affected side (n=7)	Unaffected side (n=7)	p
Pain threshold	Pre	4.19±1.96	5.10±2.03	.48
	Post	5.21±2.19	5.93±1.85	.57
	p	.02*	.02*	

*p<.05

표 5. 숫자통증척도 비교(단위: cm)

Table 5. Comparison of NRS(Unit: cm)

		Affected side (n=7)	Unaffected side (n=7)	p
NRS ^a	Pre	4.29±.49	.00±.00	.00*
	Post	3.00±.82	.00±.00	.00*
	p	.03*	1	

*p<.05

^aNumeric Rating Scale

3. 통증 역치 변화

손상측과 비손상측 모두에서 아래팔 스트랩 착용 후 통계적으로 의미있는 통증 역치의 증가가 있었다(p<.05). 이는 통증 감각에 대한 역치가 높아짐에 따라 통증에 대한 민감도는 낮아진 것으로 설명된다. 반면 손상측과 비손상측 간에는 아래팔 스트랩을 착용하기 전과 후 모두에서 의미있는 차이를 볼 수 없었다(p>.05), (표 4).

4. 숫자통증척도 변화

손상 유무 및 아래팔 스트랩 착용에 따른 주관적 통증 변화는 다음과 같다. 손상측에서 아래팔 스트랩 착용 전과 비교하여 착용 후 통증이 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05), (표 5).

측 동원능력이 증가하였을 가능성도 배제하지 않았다. 그러나 연구 대상자의 수가 결과값을 일반화하기에 충분하지 않다는 점을 고려할 때 추후 보강 연구가 필요하다고 판단된다.

주관적인 숫자통증척도값의 감소와 통증 역치값의 증가는 아래팔 스트랩의 적용이 통증 완화에 의미있는 역할을 하였음을 확인할 수 있었다. Burton은 가쪽위관절염기염 환자에서 아래팔 스트랩을 적용한 대상자들이 통증이 없는 범위의 악력이 유의하게 증가함을 보였으며 아래팔 스트랩의 탄력성과 비탄력성 사이에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다고 하였다 [15]. Wadsworth 등은 가쪽위관절염기염 환자를 대상으로 아래팔 스트랩을 적용하였을 때 손목 펴 근력 및 악력에서 증가가 있었으며 통증 감소의 경향을 보였다고 하였다[6]. 본 연구에서도 손상측과 비손상측 모두에서 아래팔 스트랩 착용 후 악력의 유의한 증가를 보여 선행 연구와 유사한 결과를 설명할 수 있었다.

손목뾰근의 부착지점인 가쪽위관절염기염은 손목뾰근의 시작점이자 지레받침(fulcrum)으로써 반복 사용 시 힘줄의 염증과 통증, 부종을 수반하게 되며 장기적으로 근력의 저하를 초래한다. 가쪽위관절염기염 환자를 위해 일반적으로 사용되는 보조기는 아래팔 스트랩과 손목 펴 스플린트(wrist extension splint)가 있다. 손목 펴 스플린트가 손목 펴 상태를 유지함으로써 손목 뾰근을 이완시키는 목적이란면 아래팔 스트랩은 손목 펴에 대한 과도한 노력을 줄이도록 도와주거나 가쪽위관절염기염의 역할을 대신하는 2차 시작점의 역할을 하여 스트레스를 줄이도록 한다[19]. 본 연구에서는 패드에 의한 압박력이 측 이동을 효율적으로 이끌어 내었고 통증 지점에 대한 부하 감소로 더 높은 근활성도를 유발했다고 생각된다.

본 연구는 만성 가쪽위관절염기염 환자에게 통증 감소와 악력 증가를 기대할 수 있는 중재방법의 하나로써 아래팔 스트랩

IV. 고찰 및 결론

본 연구는 만성 가쪽위관절염기염이 있는 20대 성인을 대상으로 아래팔 스트랩 적용 전·후 손목뾰근의 활성도, 통증, 악력의 변화를 비교하였다. 연구 결과, 아래팔 스트랩 착용 후 손상측과 비손상측 모두 손목뾰근 활성도의 증가 추이가 있었으나 통계적으로 의미있지 않았다. Yoon 등의 연구에서는 24명의 건강한 성인에서 아래팔 보조기를 착용하지 않았을 때가 보조기를 착용하였을 때보다 손목뾰근 활성도가 더 높게 나왔다고 하였으며 원통형 보조기가 공압식 보조기보다 더 낮은 근활성도를 보였다고 하였다[18]. 그러나 본 연구에서는 아래팔 스트랩 적용 후 손상측과 비손상측 모두에서 근활성도의 증가 추이를 보인 것에 대해 스트랩 패드에 의한 압박력이 작용하여 통증 감소 효과가 있었고, 손목 펴에 대한 안정감으로 근수

트랩 효과를 확인하였다는 점에서 의의가 있다. 추후 반복사용 또는 과부하에 의해 발생하는 다양한 힘줄염 질환에서 패드의 압박력을 적용하여 지레받침을 조정함으로써 효과를 확인하는 연구가 필요하다고 사료된다.

References

- [1] Stegink-Jansen CW, Jung B, Somerson JS. Translation of Runge's 1973 publication "on the etiology and treatment of writer's cramp": the first description of "tennis elbow". *Clin Anat*. 2022;35(3):316-322.1
- [2] Lenoir H, Mares O, Carlier Y. Management of lateral epicondylitis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(8S):241-246.
- [3] Hong QN, Durand MJ, Loisel P. Treatment of lateral epicondylitis: where is the evidence?. *Joint Bone Spine*. 2004;71(5):369-373.
- [4] Fedorczyk JM. Tennis elbow: blending Basic Science with Clinical Practice. *J Hand Ther*. 2006;19(2):146-153.
- [5] Savoie FH 3rd, VanSice W, O'Brien MJ. Arthroscopic tennis elbow release. *J Shoulder Elbow Surg*. 2010;19(2):31-36.
- [6] Wadsworth C, Nielsen DH, Burns LT, Krull JD, Thompson CG. Effect of the counterforce armband on wrist extension and grip strength and pain in subjects with tennis elbow. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1989;11(5):192-197.
- [7] Bisset L, Coombes B, Vicenzino B. Tennis elbow. *BMJ. Clin Evid*. 2011;27:1117.
- [8] Andersen LL, Holtermann A, Jorgensen MB, Sjogaard G. Rapid muscle activation and force capacity in conditions of chronic musculoskeletal pain. *Clin Biomech*. 2008;23(10):1237-1242.
- [9] Gupta GK, Rani S, Shekhar D, Sahoo UK, Shekhar S. Comparative study to evaluate efficacy of prolotherapy using 25% dextrose and local corticosteroid injection in tennis elbow. *J Family Med Prim Care*. 2022;11(10):6345-6349.
- [10] Hume PA, Reid D, Edwards T. Epicondylar injury in sport. *Sports Med*. 2006;36(2):151-170.
- [11] Chan HL, Ng GY. Effect of counterforce forearm bracing on wrist extensor muscles performance. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(4):290-295.
- [12] Stonecipher DR, Catlin PA. The effect of a forearm strap on wrist extensor strength. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1984;6(3):184-189.
- [13] Shamsoddini A, Hollisaz MT, Hafezi R, Amanellahi A. Immediate effects of counterforce forearm brace on grip strength and wrist extension force in patients with lateral epicondylitis. *Hong Kong J Occup Ther*. 2010;20(1):8-12.
- [14] Saremi H, Chamani V, Vahab-Kashani R. A newly designed tennis elbow orthosis with a traditional tennis elbow strap in patients with lateral epicondylitis. *Trauma Mon*. 2016;21(3):e35993.
- [15] Burton AK. Grip strength and forearm straps in tennis elbow. *Br J Sports Med*. 1985;19(1):37-38.
- [16] Yoon DY. Effect on muscle activity, blood flow and grip of wrist muscles according to the width and elasticity of tennis elbow strap aids. 2018.
- [17] Jafarian FS, Demneh ES, Tyson SF. The immediate effect of orthotic management on grip strength of patients with lateral epicondylitis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39(6):484-489.
- [18] Yoon JJ, Bae H. Change in electromyographic activity of wrist extensor by cylindrical brace. *Yonsei Med J*. 2013;54(1):220-224.
- [19] Simes SE, Miller K, Elfar JC, Hammert WC. Non-surgical treatment of lateral epicondylitis: a systemic review of randomized controlled trials. *Hand*. 2014;9(4):419-446.
- [20] Sadeghi-DemnehE, Jafarian F. The immediate effects of orthoses on pain in people with lateral epicondylalgia. *Pain Res Treat*. 2013;353597. doi:10.1155/2013/353597.
- [21] Saroja G, Antony Leo Aseer P, Venkata Sai PM. Diagnostic accuracy of provocative tests in lateral epicondylitis. *Int J Physiother Res*. 2014;2(6):815-823.
- [22] Saremi H, Chamani V, Vahab-Kashani R. A newly designed tennis elbow orthosis with a traditional tennis elbow strap in patients with lateral epicondylitis. *Trauma Mon*. 2016;21(3):e35993.
- [23] Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. Oct 2000;10(5):361-374.
- [24] Huang L, Liu Y, Lin T, Hou L, Song Q, Ge N, Yue J. Reliability and validity of two hand dynamometers when used by community-dwelling adults aged over 50 years. *BMC Geriatr*. 2022;22(1):580.
- [25] Alghadir AH, Anwer S, Iqbal A, Iqbal ZA. 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;26(11):851-856.
- [26] Williamson A Hoggart B. Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *J Clin Nurs*. 2005;14(7):798-804.
- [27] Cygańska AK, Tomaszewski P, Cabak A. Pain threshold in selected trigger points of superficial muscles of the back in young adults. *PeerJ*. 2022;1(10):e12780.