

Corresponding author

Jooyong Kim
Tel : +82-2-820-0631
Fax : +82-2-817-8349
E-mail : jykim@ssu.ac.kr

Keywords

microcurrent wrist guard,
pain scale, range of motion,
Carpal Tunnel Syndrome
미세전류 손목 보호대,
통증 척도, 움직임 범위,
손목터널증후군

이 논문은 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원(20016038)과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0012770, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

본 논문은 석사학위 논문의 일부임

미세전류 손목 보호대 착용이 손목터널증후군 노인 여성의 통증 척도, 관절가동범위 및 근력에 미치는 영향

박혜선* · 박진희 · 김주용+

*송실대학교, 스마트웨어블공학과, 석사
송실대학교, 신소재공학과, 교수
+송실대학교, 신소재공학과, 교수

Effects of Wearing a Microcurrent Wrist Guard on Pain Scale, Range of Motion, and Muscle Strength in Elderly Women with Carpal Tunnel Syndrome

Hyesun Park* · Jinhee Park · Jooyong Kim+

*Master, Dept. of Smart Wearable Engineering, Soongsil University, Korea
Professor, Dept. of Materials Science and Engineering, Soongsil University, Korea
+Professor, Dept. of Materials Science and Engineering, Soongsil University, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate impact of wearing low-level current wrist guards on pain scale, range of motion (ROM), and muscle strength in elderly women with Carpal Tunnel Syndrome (CTS). Subjects were 12 elderly women aged between 65 and 85 years who were diagnosed with CTS symptoms. Measurements included grip strength and wrist ROM. Wrist ROM was assessed through flexion and dorsiflexion. Wrist guards were worn. After two weeks, pain level was assessed using the Visual Analogue Scale (VAS). Results showed a significant reduction in VAS score in the MES group after stimulation, whereas there was no difference in the control group. However, there was no significant difference in ROM between the MES group and the control group. Grip strength increased in the MES group after two weeks ($p \leq 0.001$). In conclusion, clinical trials suggest that MES wrist guards might be provided as an adjunctive treatment method for CTS patients. This study provides foundational data for the design and use of auxiliary devices such as gloves in the field of MES research for pain reduction, ROM improvement, and muscle strength enhancement resulting from CTS.

I. 서론

손 기능은 손과 손목관절이 제한 없이 모든 방향에서 적절하게 작동하는 능력이다. 정상적인 손 기능은 일상생활의 주요 부분으로 생물학적 운동 시스템이다. 손은 다른 손가락의 연동 동작을 통해 쓰기, 그림 그리기, 악기 연주와 같은 움켜잡기, 집기 등의 대근육 및 소근육 운동 활동과 같은 일상생활 활동을 수행하는 데 사용된다(Schieber & Santello, 2004). 하지만 손 기능은 일부 상황에서 다른 요인들에 의해 약화될 수 있으며, 그 중에서도 주요한 문제 중 하나는 손목터널증후군이다. 손목터널증후군(Carpal Tunnel Syndrome: CTS)은 손목의 손목터널에 정중신경의 압박으로 인한 신경병증을 말한다(Choi, Wieland, Lee, Sim, Lee, & Shin, 2018). Figure 1과 같이 정중신경은 굴근망막과 손목뼈 사이에 위치한 손목의 손목터널을 통과한다. 정중신경은 손목관절의 굴곡을 허용하기 위해 최대 9.6mm까지 움직일 수 있으며 신전 중에는 더 적은 범위로 움직일 수 있다(Ibrahim, Khan, Goddard, & Smitham, 2012). 이 터널 내 정중신경의 압박은 무감각이나 감각 이상 및 때로는 환자의 손에 통증의 전형적인 증상을 유발한다. 건강보험심사평가원(2023)의 보건의료 빅데이터에 따르면 2021년 CTS 환자 수는 169,384명으로 최근 5년간 약 330억 원 이상의 요양급여 비용이 발생하였다. 성별 분석 결과는 여성 환자 수 124,536명, 남성 환자 수 44,848명으로 여성이 약 73.52%로 여성의 비율이 현저히 높게 나타났다. 세계적으로도 남성

에 비해 여성이 10배 더 많이 발생하며 모든 연령에서 발생할 수 있지만 특히 65~85세 사이에 가장 많이 발생한다

CTS 재활에는 손목 보호대, 레이저 요법, 초음파, 운동, 도수 요법, 신경 역학 기술, 기능 마사지 등이 포함된다(Carlson, Ong, Orozco, Hernandez, Lutz, & Post, 2018). 미국 정형외과학회의 지침에서는 손목을 고정할 것을 강력히 권장하였고, 이중 가장 선호되는 방법은 손목 보호대이며 첫 번째 단계에 적용된다. 손목 보호대는 정중신경에 가해지는 압력을 완화하기 위해 약간 확장되는 위치에서 손목관절을 안정화함으로써 정중신경의 압박을 완화한다. 일반적으로 손목 보호대는 대부분 밤에 착용하지만, 컴퓨터의 키보드를 입력할 때와 같이 CTS 증상을 악화시킬 수 있는 활동에도 권장될 수 있다. 그러나 손목 보호대는 관절을 어느 정도 고정시키기 때문에 장시간 보호대를 사용하면 손목 근육이 약해질 가능성이 있다(Ostergaard, Meyer, & Earp, 2020). Gerritsen, De Vet, Scholten, Bertelsmann, De Krom, and Bouter(2002) 과 Page, Massy-Westropp, O'Connor, and Pitt(2012)은 손목 보호대 적용이 CTS 증상을 67%나 감소시켰다고 보고하였지만, 현재까지도 손목 보호대 적용의 효과에 대해 의견이 일치하지 않는 실정이다.

한편, 미세전류 자극(Microcurrent Electrical Stimulation: MES)은 1970년 미국에서 도입된 물리치료 분야의 새로운 치료법으로 보통 1~1,000 μ A 사이의 단상파(monophasic) 또는 양상파(biphasic) 맥동 미세전류를 전달하는 저강도의 전류를 전달한다(Fujiya & Gotom, 2016). 따라서 생체 내

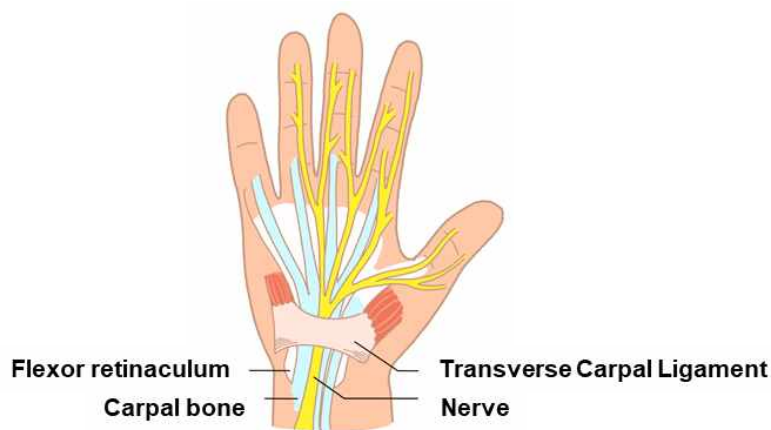


Figure 1. Carpal Tunnel Syndrome (CTS)
(taken by author)

전류와 유사하며 다른 형태의 전기 자극과 달리 MES는 감각 자극 양식의 한 유형이다(Kambouris, Zagoriti, Lagoumintzis, & Poluas, 2014). MES는 염증성 사이토카인 인터루킨-1, 6 및 신경펩티드 물질 P(Peptide)의 혈청 수준을 감소시키고 혈청 코티졸을 증가시켜 통증을 감소시킨다(Kim, Choi, Suh, Shin, Hwang, & Lee, 2013). 인간 연구에서 MES의 통증 완화에 대한 정확한 기전은 명확하게 밝혀지지 않았지만, MES는 세포간 칼슘 항상성과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Kwon, Kim, Kim, An, Kwak, Lee, Park, Choi, Lee, & Park, 2017). MES의 적용은 낮은 강도의 전기 에너지로 세포를 자극하여 통증 완화를 촉진한다(Koopman, Vrinten, & van Wijck, 2009). 또한 MES는 아데노신 3-인산(adenosine triphosphate: ATP)의 생성을 활성화하여 통증을 경감시킨다. 미토콘드리아 전자 수송 시스템의 자극의 결과로 ATP 분자는 말초 및 중추 신경계 활동의 전달자 또는 조절자 역할을 한다(Gomaa, 1987). 많은 임상 데이터에서 MES가 조직 손상 및 치유 과정의 이점이 확인되었다(Poltawski, Johnson, & Watson, 2012). MES는 세포막을 가로지르는 전기 에너지 전달을 개선함으로써 세포의 막 전위를 회복하면서 주로 세포 수준에서 효과를 나타내며(Kang, Jeon, & Lee, 2015), 세포의 민감한 채널을 따라 전위차를 생성하고 세포막을 열어준다(Lee, Kang, Park, Yoon, Jeong, & Heo, 2013). 미세전류는 신장성수축 후, 근육의 피로회복에 효과적이고(Hiroshige, Watanabe, Aibara, Kanzaki, Matsunaga, & Wada, 2018), 자연성 근육통을 감소시킨다(Cho & Song, 2014).

그러나 이와같이 미세전류 자극을 활용한 연구들이 보고되었지만 지금까지 미세전류 자극과 손목 보호대를 적용한 CTS 환자의 악력과 통증 및 상지 기능에 관한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 CTS 노인 여성을 대상으로 2주간의 미세전류 손목 보호대의 착용이 통증 척도와

관절 가동범위(Range of motion: ROM) 및 근력에 미치는 영향을 파악하여 CTS을 예방할 수 있는 미세전류 손목 보호대 개발에 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 연구방법 및 절차

1. 연구대상자

대상자는 서울시 거주하는 65~85세 사이의 노인 여성으로 단순 CTS 증상을 진단받은 환자 12명(78.9±14.8세)이다. 65세 이상 노인들은 관절이 약해져서 CTS에 많이 노출되어 있다. CTS가 발병되면 일상생활에서 어려움이 많기 때문에 65~85세의 여성으로 대상자를 선정하였다. CTS의 진단은 Phalen test 양성, 정중신경 분포 부위의 감각 감소 또는 저린감, 야간 감각 이상 등의 증상이 있는 경우로 간주하였다(Graham, Regehr, Naglie, & Wright, 2006). 제외기준은 최근 6개월 이내 손목 수술을 받지 않은 자, 손의 근력이나 통증에 영향을 미치는 질환 또는 외상을 가진 경우는 제외하였다. 모든 대상자들에게 본 연구의 목적 및 예상되는 효과와 검사내용의 잠재적인 위험 요소 등을 설명한 후, 검사 참가 동의서(Informed consent)를 받고 실험에 참여하도록 하였다. 모든 대상자는 실험 시작 24시간 전 음주, 격렬한 신체활동을 금지시켰으며, 충분한 수면을 취한 후, 다음날 측정에 임하도록 숙지시켰다.

본 연구는 교차설계법(Cross over design)을 적용하여 2주간의 기간이 끝난 후 2차 측정을 Table 1과 같이 동일 대상자가 반복측정에 참여하였다. 1차 측정은 손목밴드 형태의 손목 보호대를 대조군에게 측정하였다. 실험순서는 손목에 자극이 없는 상태에서의 안정시 VAS(Visual Analogue Scale)를 실시하였고, 그 이후에 손목관절 동작범위 측정 및 악력 검사를 실시하였다. 미세 전류군과 대조군으로 실험자를 나누고, 미세전류 손목 보호대와 디바이스를 착용하도록

Table 1. Participant's Physical Characteristics

(M±SD)

Variables	Group
Age	78.90±14.80
Height (cm)	156.30±16.90
Weight (kg)	55.32±8.63
BMI (kg/m ²)	23.85±3.64

했다. 실현군 별로 VAS와 ROM, Grip strength를 측정하고, 통계 분석을 통해 유의미한 결과가 있는지 확인하였다. 실험 프로세스는 Table 2와 같다.

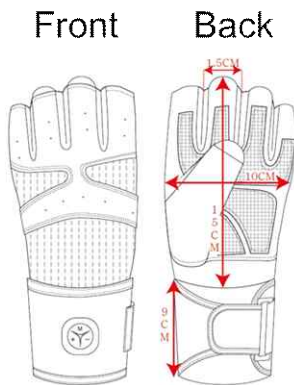
본 연구는 CTS 노인 여성 12명을 대상으로 손목 보호대와 미세전류 손목 보호대의 착용 효과를 VAS와 손목관절 굽힘의 측정(ROM), 악력측정을 통해 확인하고자 하였다. 측정은 일반 손목 보호대 착용을 2주간 먼저 측정하였고, 2주간의 정화 기간이 끝난 후 MES 자극 형태의 손목 보호대를 착용한 후 2차 측정을 실시하였다.

2. 미세전류 손목 보호대

손목 호보대는 에어원단(Nylon)으로 인체공학적 절개라인으로 편안한 그립감을 제공하여 착용이 편하다. 또한 미끄럼 방지 실리콘 논슬립 패드(Neoprene)로 덧대 미끄럼을 방지하였고, 손가락 오픈 디자인으로 섬세한 동작이 가능하다. 손목 보호대는 고탄력 소재 밴드(Spandex)로 손목을 완벽하게 압박하여 고정감을 제공한다. 벨크로형 손목스트랩으로 사이즈 조절에 용이하다. 기존에는 밴드 안쪽에 깃을 사용했

Table 2. The Order of The Experiment

Preperation	Method	After Test
Preparation of Microcurrent Device	VAS	
↓	⇒	
Microcurrent Group and Control Group	ROM	⇒
	Grip Strength	Results Analysis and Comparison



Size
 From the wrist to the tip of the index finger: 15cm
 From the left to the right edge of the palm: 10cm
 Finger width: 1.5cm
 Vertical wrist width for wrist guard: 9cm

Figure 2. Schematization (taken by author)

지만 전도 패드를 박음질하여 교체없이 반영구적으로 사용할 수 있도록 하였다. 우수한 통기성 매쉬 소재로 땀이 차지 않고, 오랫동안 착용할 수 있다는 장점이 있다. Figure 2와 같이 손목 보호대의 크기는 손목에서 중지 손가락까지 15cm, 손바닥 좌측에서 우측까지는 10cm, 손가락 폭은 2.5cm 이다. 미세전류는 미세전류 손목 보호대는 국민체육진흥공단 성장촉진과제를 수행하여 연구된 착용형 자극부재를 이용하는 운동 보조 시스템을 사용하였으며, 디바이스는 저주파 마사지기 하우징을 사용했다. Table 3는 미세 전류 손목 보호대의 위, 아래, 디바이스의 사진이다. 주파수와 전류 강도는 선행연구(McMakin, 2011)를 참고해서 근육, 근막, 발통점과 관련된 염증 완화와 관련이 있는 40 Hz (Inflammation), 284 Hz (Chronic inflammation)와 정상 성인에게 적합한 전류강도인 300 μ A를 적용하였다. 40 Hz 적용군의 미세전류는 극성교대 모드로 단상직각파(Rectangular monophasic wave)가 2.5초마다 전환되고 경사증가 시간 1초, 유지 시간 1초로 구성되었으며, 284 Hz 적용군의 미세전류는 극성교대 모드로 단상 직각파가 2.5초씩 극성 전환되며 경사증가 시간 0초, 유지 시간 1.5초로 구성되었다.

3. 측정항목 및 내용

1) 통증자각도검사 (Visual Analog Scale: VAS)
 신경전도검사(NCS)인 Phalen's test를 시행한 후, 통증 평가에 가장 흔하게 쓰이는 도구로 VAS 측정을 실시하였다.

Phalen's test는 42%~85%의 민감도와 54%~98%의 특이도를 가지고 있다(Padua, Coraci, Erra, Pazzaglia, Paolasso, Loreti, Caliandro, & Hobson-Webb, 2016). VAS는 통증도에 따라 (0점 아프지 않다 ~ 5점 죽을 만큼 아프다)로 나뉘어서 손목 보호대 착용 전과 2주 후에 측정을 하였다.

2) 손목관절 동작범위의 측정 (Range of motion: ROM)
 손목관절 ROM은 의자에 앉은 자세에서 수관절의 손등방향으로의 배측굴곡(Dorsiflexion) 운동과 발등 방향으로의 족저굴곡(Plantar flexion) 운동의 측정을 실시하였다.

손목 보호대 착용 전과 후에 2회씩 총 4회 반복 측정하였고, 측정 피로를 최소화하기 위해 측정 시마다 약 30분 휴식기를 가졌다. 손목관절 ROM 측정은 대상자의 자뼈 아랫부분(Distal part of the ulna bone)의 중심(Center of the distal part of the ulna) 부분과 5번째 손허리뼈 아랫부분(Distal part of the 5th metacarpal bone)에 펜으로 마크를 하였다. Figure 3과 같이 테이블 위에 팔을 올려놓고, 허리는 직각을 유지하게 하였다. 이어서 고니어미터(8-inch plastic 360° ISOM goniometer, BASELINE evaluation instruments, UK)의 중심 부분을 손목의 마크된 부위에 밀착한 후, 천천히 손목관절을 굽히거나 펴도록 지시하였다.

3) 악력 측정 (Grip strength)
 악력은 손의 근력 평가를 위한 가장 간단한 방법이며 (Helen, De Leonardis, Ulijn, Gough, & Tirelli, 2011), 손

Table 3. Wrist Guard



과 손가락에 의해 가해지는 힘으로 정의된다(Langer, Maeir, Michalevich, & Luria, 2017). 악력측정은 Figure 4와 같이 다리를 어깨 넓이로 벌린 상태로 서서 악력 측정기 TKK-5401 (TAKEI, JAPAN)의 손잡이를 잡고(손가락 둘째 마디) 몸통에 닿지 않게 팔을 15°로 손잡이를 잡아당겨 2회씩 측정하여 각각 최고치를 0.1 kg 단위로 기록하였다.

4) 자료처리

본 연구의 자료는 SPSS 22.0 통계프로그램을 이용하여 기술 통계량(Mean±standard deviation)으로 나타내었다. 측정항목에 대한 그룹 내 비교는 종속 T 검정(paired t-test), 그룹 간 비교는 독립 T 검정(Independent t-test)를 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

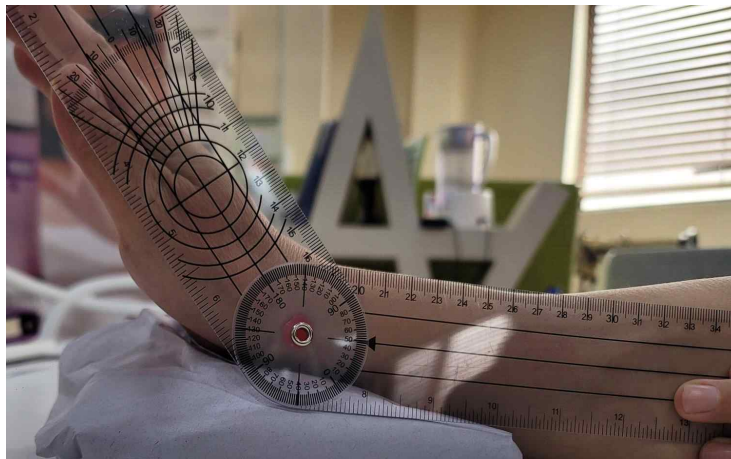


Figure 3. Wrist Joint Range of Motion Measurement (taken by author)



Figure 4. Grip Strength Measurement (taken by author)

III. 연구결과 및 고찰

1. VAS 측정 결과

본 연구에서 MES군의 VAS는 자극 전 3.40 ± 0.27 점에서 자극 후 2.80 ± 0.62 점으로 유의하게 감소하였으나($p < .02$), 대조군은 차이를 나타내지 않았다. Table 4, Figure 5는 VAS 측정 결과이다. 결과는 목 통증을 대상으로 25~30 μ A의 MES 자극이 통증 감소에 효과적이라고 보고 된 바와 같이(Battecha, Kamel, & Tantawy, 2021), 부위는 다르지만 약 300 μ A의 MES를 자극받은 MES군에서도 동일한 결과

를 나타내었다. 이와 같이 1mA 이상의 전류를 적용하는 전기 자극은 과전류에 의한 피부 손상, 불편한 전기 자극감 등이 나타나지만 1,000 μ A 이하의 전류를 이용하는 MES 자극은 신경근이나 조직 손상을 회복시켜 통증을 회복할 수 있음을 알 수 있다(Cho, Kim, Kim, Hwang, & Jin, 2012).

2. ROM 측정 결과

일반적으로 손목 보호대 사용으로 인한 통증 및 고정은 CTS 환자에서 ROM를 감소시킬 수 있다. ROM은 손의 기

Table 4. Changes in VAS due to The Wear of Microcurrent Wrist Guard in Elderly Female Patients with Carpal Tunnel Syndrome

Variables	Group	Pre	Post	t	p
VAS(point)	Microcurrent group	3.40±0.27	2.80±0.62	2.25	.02*
	Control group	3.40±0.49	3.01±0.67	1.31	.11

* $p < .05$

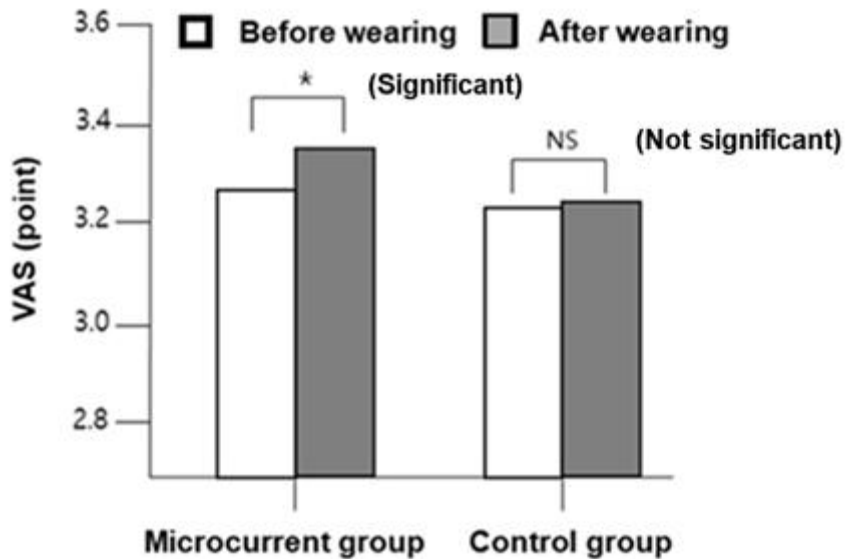


Figure 5. Changes in VAS Due to The Wear of Microcurrent Wrist Guard in Elderly Female Patients with Carpal Tunnel Syndrome (taken by author)

능적 상태에 대한 정보를 제공하는 측정 가능한 매개변수이다(Walker, Sue, Miles-Elkousy, Ford, & Trevelan, 1984). 그러나 Table 5, Figure 6에서 볼 수 있듯이 MES군과 대조군의 배굴(dorsiflexion)과 저굴(plantarflexion)의 ROM에서 자극 전후 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. Walker et al.(1984)는 여성의 경우 노화에 따라 손목의 ROM이 감소한다고 보고하였다. Brumfield and Champoux(1984)는 10° 손목 굴곡과 35° 신전이 일상생활

활 활동에 충분하다고 보고하였다. 선행연구에 따르면 대부분의 활동을 수행하기 위해서는 5~40° 손목 굴곡, 30~40° 신전, 10° 요골편위, 15~30° 척골편위가 필수적이다(Ryu, Cooney III, Askew, An, & Chao, 1991). 본 연구의 대상자인 CTS 노인 여성의 손목 배굴각(34° ~51°)과 저굴각(30° ~48°)의 범위를 나타내 일상생활을 영위하는데 어려움이 없다고 판단된다.

Table 5. Changes in Range of Motion (ROM) due to The Wear of Microcurrent Wrist Guard in Elderly Female Patients with Carpal Tunnel Syndrome

Variables	Group	Pre	Post	t	p
Dorsi flexion(°)	Microcurrent group	46.71±21.60	47.82±20.41	-1.03	.17
	Control group	45.60±18.04	45.80±20.0	-.12	.46
Plantar flexion(°)	Microcurrent group	43.10±23.10	42.76±18.71	.33	.37
	Microcurrent group	41.30±11.34	43.80±6.40	-.39	.35

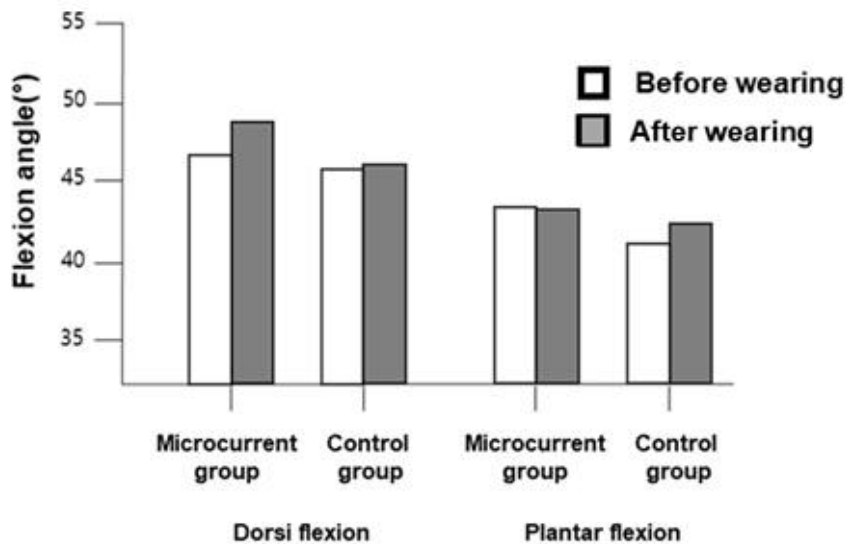


Figure 6. Changes in Range of Motion (ROM) due to The Wear of Microcurrent Wrist Guard in Elderly Female Patients with Carpal Tunnel Syndrome (taken by author)

3. 악력(Grip strength) 측정 결과

한편, 운동 기능을 측정하면 CTS의 질병 중증도에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있다. 손의 악력은 악력계로 쉽게 측정할 수 있으며 상지의 운동상태를 알 수 있으며, CTS 환자의 추적관찰에 도움이 된다(Alperovitch-Najason, Carmeli, Coleman, & Ring, 2004). 손목 ROM과 손의 악력은 모두 손의 기능적 상태에 대한 중요한 매개변수이다. 감각 증상이 CTS의 주요 증상이지만 CTS 환자의 약 절반은 운동 기능 저하를 경험하여 손힘이 약해지고 작은 물체를 잡는데 어려움을 겪는다(Manktelow, Binhammer, Tomat, Bril, & Szalai, 2004). Table 6, Figure 7에서 알

수 있듯이 기능적 운동 증상인 악력은 MES군 ($19.11 \pm 9.74\text{kg}$ 에서 $21.38 \pm 8.46\text{kg}$)은 유의하게 증가하였으나($p < .00$), 대조군은 유의한 차이를 나타내지 않았다. 정중 신경 운동 손상의 임상적 및 신경학적 징후가 운동 증상과 관련성이 낮은 것으로 보이지만, 본 연구의 결과는 MES의 적용에 따른 통증 증상이 운동 기능을 조절할 수 있음을 시사한다(Tamburin, Cacciatori, Marani, & Zanette, 2008).

손의 내재근과 외재근의 시너지 기능은 쥐는 힘을 제공할 수 있다. 정중신경은 수근관 근위부이며, 척골 또는 요골 신경이 이들 근육을 자극한다(Standring, Ellis, Healy, Johnson, Williams, Collins, & Wigley, 2005). 수근관 근위 정중신경에 의해 자극되는 장무지 굴근의 강도와 정중 및

Table 6. Changes in Grip Strength due to The Wear of Microcurrent Wrist Guard in Elderly Female Patients with Carpal Tunnel Syndrome

Variables	Group	Pre	Post	t	p
Grip strength (kg)	Microcurrent group	19.11±9.74	21.38±8.46	-4.95	.00*
	Control group	19.41±10.99	19.78±6.98	-.45	.33

* $p < .05$

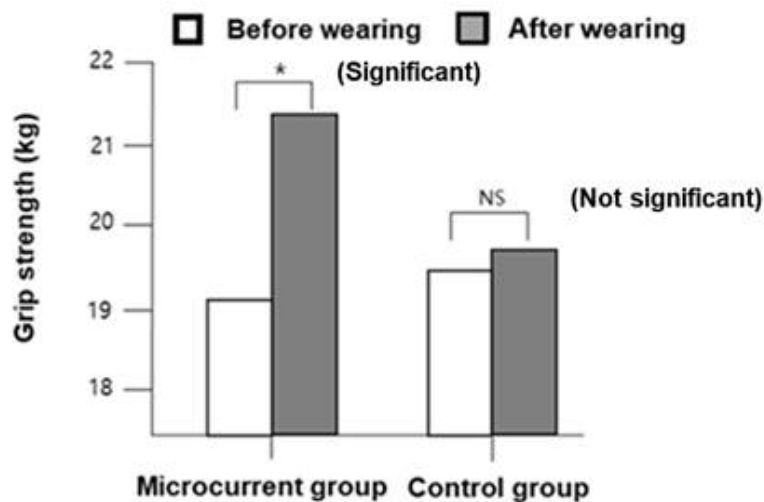


Figure 7. Changes in Grip Strength due to The Wear of Microcurrent Wrist Guard in Elderly Female Patients with Carpal Tunnel Syndrome (taken by author)

척골 신경의 다양한 기여로 인해 일관성 없는 신경 분포를 갖는 단무지 굴근의 강도가 악력 강도에 영향을 미칠 수 있다(Atroshi, Gummesson, Johnsson, Ornstein, Ranstam, & Rosen, 1999). 본 연구에서는 CTS 노인 여성을 대상으로 손목 보호대와 MES 손목 보호대를 적용한 결과, 손목 VAS 및 악력 개선에 효과가 있음을 입증하여 CTS에 도움이 될 수 있는 계기를 마련하였다. 또한 반장갑 형태와 손목을 감싸주는 형태를 보완하여 장시간 사용과 착용감이 우수한 손목 보호대의 개발이 필요하다고 사료 된다.

IV. 결론

이 연구의 목적은 미세 전류 수손목 보호대를 착용한 경우 고령 여성의 수근관 증후군(Carpal Tunnel Syndrome, CTS) 환자들의 통증 척도, 관절 가동 범위(Range of Motion, ROM), 그리고 근력에 미치는 영향을 파악하였다. 연구 대상자는 65세에서 85세 사이의 CTS 증상을 가진 12명의 고령 여성으로 구성되었고, 교차설계로 진행되었다.

MES 그룹의 통증 평가(VAS)가 자극 전에 비해 자극 후에 유의하게 감소했다 (3.40 ± 0.27 에서 2.80 ± 0.62 로; $p < .02$). 반면, 대조군에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이 결과는 이전 연구에서 목 통증 환자에게 $25 \sim 30 \mu A$ 의 MES 자극이 효과적이라고 보고한 바와 일치하며(Battecha et al., 2021), 본 연구에서는 다른 부위이지만 약 $300 \mu A$ 의 MES 자극을 받은 MES 그룹의 결과와 유사하다. 이와같이 MES 자극후 통증이 줄어들음을 확인할 수 있었다.

손목 보호대의 사용은 일반적으로 CTS 환자에서 ROM을 감소시킬 수 있다는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 MES(Microcurrent Electrical Stimulation) 그룹과 대조군 간에 배굴(Dorsiflexion)과 저굴(Plantarflexion) ROM에서 자극 전후에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이전 연구에 따르면 대부분의 활동을 수행하기 위해서는 $5 \sim 40^\circ$ 의 손목 굴곡, $30 \sim 40^\circ$ 의 신전, 10° 의 요골 편위, 그리고 $15 \sim 30^\circ$ 의 척골 편위가 필수적이라고 언급한다. 이 연구에서 조사한 CTS 노인 여성의 손목 배굴각($34^\circ \sim 51^\circ$)과 저굴각($30^\circ \sim 48^\circ$)의 범위로 보아 일상생활에 큰 어려움이 없다고 판단된다. 그러나 노인연령에서는 손목의 유연성이 떨어져 있어 MES의 직접적인 효과는 볼 수 없었음을 알 수 있다.

기능적 운동 증상 중 하나인 악력이 MES 그룹에서 유의하게 증가하였으나($p < .00$), 대조군에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. MES 그룹의 손잡이 강도는 자극 전

$19.11 \pm 9.74 \text{kg}$ 에서 자극 후 2주 후 $21.38 \pm 8.46 \text{kg}$ 로 증가하였다. 결론적으로, CTS 환자에게 MES 손목 보호대를 적용함으로써 악력 강화에 도움을 주는 보조 치료 방법으로 제공될 수 있다고 판단된다. 2Kg 이상의 악력이 증가함으로써 일상생활에 손목을 사용하는데 도움을 받을 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구 결과를 토대로 임상에서 CTS로 고통을 받는 환자에게 쉽게 MES 손목 보호대를 며칠 동안 지속적으로 적용함으로써, CTS를 치료하는 보조적인 방법으로 적용할 수 있다고 사료된다. 이 연구는 특정 지역 또는 의료 시설에서 수행되었으며, 해당 지역 또는 환경에서의 결과만을 반영할 수 있다는 한계점이 있다. 또한, 외부 요인들의 변동성, 즉 환경 조건 또는 개인적인 활동변화 등을 고려하면 더 흥미로운 연구결과가 나올 것으로 사료된다. 이 연구를 통해 CTS로 인한 통증 감소와 ROM 및 근력 개선 등을 위한 MES 연구 분야에서 장갑과 같은 보조장치를 활용하고 설계하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

- Alperovitch-Najenson, D., Carmeli, E., Coleman, R., & Ring, H. (2004). Handgrip strength as a diagnostic tool in work-related upper extremity musculoskeletal disorders in women. *The Scientific World Journal*, 4, 111-117.
- Atroshi, I., Gummesson, C., Johnsson, R., Ornstein, E., Ranstam, J., & Rosén, I. (1999). Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *Jama*, 282(2), 153-158.
- Battecha, K. H., Kamel, D. M., & Tantawy, S. A. (2021). Investigating the effectiveness of adding microcurrent therapy to a traditional treatment program in myofascial pain syndrome in terms of neck pain and function. *Physiotherapy Quarterly*, 29(1), 17-23. doi:10.5114/pq.2020.96421
- Brumfield, R. H., & Champoux, J. A. (1984). A biomechanical study of normal functional wrist motion. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 187, 23-25.
- Carlson, V. R., Ong, A. C., Orozco, F. R., Hernandez, V. H., Lutz, R. W., & Post, Z. D. (2018). Compliance with the AAOS guidelines for treatment of

- osteoarthritis of the knee: A survey of the American association of hip and knee surgeons. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 26(3), 103-107 doi: 10.5435/JAAOS-D-17-00164
- Cho, N., & Song, S. (2014). Effects of microcurrent delayed onset muscle soreness on creatine Kinase. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, 2(3), 31-37. doi:10.15268/ksim.2014.2.3.031
- Cho, W.-S., Kim, Y.-N., Kim, Y.-S., Hwang, T.-Y., & Jin, H.-K. (2012). The effects of microcurrent treatment and ultrasound treatment on the pain relief and functional recovery after total knee replacement. *The Journal of Korean Physical Therapy*, 24(2), 118-126.
- Choi, G. H., Wieland, L. S., Lee, H., Sim, H., Lee, M. S., & Shin, B. C. (2018). Acupuncture and related interventions for the treatment of symptoms associated with carpal tunnel syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (12). doi:10.1002/14651858.CD011215.pub2
- Fujiya, H., & Goto, K. (2016). New aspects of microcurrent electrical neuromuscular stimulation in sports medicine. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 5(1), 69-72. doi:10.7600/jpfsm.5.69
- Gerritsen, A. A., De Vet, H. C., Scholten, R. J., Bertelsmann, F. W., De Krom, M. C., & Bouter, L. M. (2002). Splinting vs surgery in the treatment of carpal tunnel syndrome: A randomized controlled trial. *Jama*, 288(10), 1245-1251.
- Gomaa, A. A. (1987). Characteristics of analgesia induced by adenosine triphosphate. *Pharmacology & toxicology*, 61(3), 199-202.
- Graham, B., Regehr, G., Naglie, G., & Wright, J. G. (2006). Development and validation of diagnostic criteria for carpal tunnel syndrome. *The Journal of hand surgery*, 31(6), 919-e1.
- Helen, W., De Leonardis, P., Ulijn, R. V., Gough, J., & Tirelli, N. (2011). Mechanosensitive peptide gelation: Mode of agitation controls mechanical properties and nano-scale morphology. *Soft Matter*, 7(5), 1732-1740.
- Hiroshige, Y., Watanabe, D., Aibara, C., Kanzaki, K., Matsunaga, S., & Wada, M. (2018). The efficacy of microcurrent therapy on eccentric contraction-induced muscle damage in rat fast-twitch skeletal muscle. *Open Journal of Applied Sciences*, 8(3), 89-102. doi: 10.4236/ojapps.2018.83008
- Ibrahim, I., Khan, W., Goddard, N., & Smitham, P. (2012). Suppl 1: Carpal tunnel syndrome: A review of the recent literature. *The Open Orthopaedics Journal*, 6, 69. doi: 10.2174/1874325001206010069
- Kambouris, M. E., Zagoriti, Z., Lagoumintzis, G., & Poulas, K. (2014). From therapeutic electrotherapy to electroceuticals: Formats, applications and prospects of electrostimulation. *Annual Research & Review in Biology*, 3054-3070.
- Kang, D.-H., Jeon, J.-K., & Lee, J.-H. (2015). Effects of low-frequency electrical stimulation on cumulative fatigue and muscle tone of the erector spinae. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(1), 105-108. doi:10.1589/jpts.27.105
- Kim, J. H., Choi, H., Suh, M. J., Shin, J. H., Hwang, M. H., & Lee, H.-M. (2013). Effect of biphasic electrical current stimulation on IL-1 β -stimulated annulus fibrosus cells using in vitro microcurrent generating chamber system. *Spine*, 38(22), E1368-E1376. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182a211e3
- Koopman, J. S., Vrinten, D. H., & van Wijck, A. J. (2009). Efficacy of microcurrent therapy in the treatment of chronic nonspecific back pain: A pilot study. *The Clinical Journal of Pain*, 25(6), 495-499.
- Kwon, D. R., Kim, J., Kim, Y., An, S., Kwak, J., Lee, S., Park, S., Choi, Y. H., Lee, Y. K., & Park, J. W. (2017). Short-term microcurrent electrical neuromuscular stimulation to improve muscle function in the elderly: A randomized, double-blinded, sham-controlled clinical trial. *Medicine*, 96(26). doi: 10.1097/MD.00000000000007407
- Langer, D., Maeir, A., Michalevich, M., & Luria, S. (2017). Evaluating hand function in clients with trigger finger. *Occupational Therapy International*, 2017. doi:10.1155/2017/9539206
- Lee, J.-W., Kang, J.-S., Park, S.-J., Yoon, S.-W., Jeong, S.-K., & Heo, M. (2013). Effects of inter-electrode distance on delayed onset muscle soreness in

- microcurrent therapy. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(11), 1451-1454. doi:10.1589/jpts.25.1451
- Manktelow, R. T., Binhammer, P., Tomat, L. R., Bril, V., & Szalai, J. P. (2004). Carpal tunnel syndrome: Cross-sectional and outcome study in Ontario workers. *The Journal of Hand Surgery*, 29(2), 307-317.
- McMakin, C. (2011). *Frequency specific microcurrent in pain management*. Washington:Elsevier Health Sciences.
- Ostergaard, P. J., Meyer, M. A., & Earp, B. E. (2020). Non-operative treatment of carpal tunnel syndrome. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13, 141-147. doi:10.1007/s12178-020-09616-0
- Padua, L., Coraci, D., Erra, C., Pazzaglia, C., Paolasso, I., Loreti, C., Caliandro, P., & Hobson-Webb, L. D. (2016). Carpal tunnel syndrome: Clinical features, diagnosis, and management. *The Lancet Neurology*, 15(12), 1273-1284. doi:10.1016/S1474-4422(16)30231-9
- Page, M. J., Massy-Westropp, N., O'Connor, D., & Pitt, V. (2012). Splinting for carpal tunnel syndrome. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2012(7). doi: 10.1002/14651858.CD010003
- Poltawski, L., Johnson, M., & Watson, T. (2012). Microcurrent therapy in the management of chronic tennis elbow: Pilot studies to optimize parameters. *Physiotherapy Research International*, 17(3), 157-166. doi:10.1002/pri.526
- Ryu, J., Cooney III, W. P., Askew, L. J., An, K. N., & Chao, E. Y. (1991). Functional ranges of motion of the wrist joint. *The Journal of Hand Surgery*, 16(3), 409-419. doi: 10.1039/C0SM00649A
- Schieber, M. H., & Santello, M. (2004). Hand function: Peripheral and central constraints on performance. *Journal of Applied Physiology*, 96(6), 2293-2300.
- Standring, S., Ellis, H., Healy, J., Johnson, D., Williams, A., Collins, P., & Wigley, C. (2005). Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice. *American Journal of Neuroradiology*, 26(10), 2703.
- Tamburin, S., Cacciatori, C., Marani, S., & Zanette, G. (2008). Pain and motor function in carpal tunnel syndrome: a clinical, neurophysiological and psychophysical study. *Journal of Neurology*, 255, 1636-1643.
- Walker, J., Sue, D., Miles-Elkousy, N., Ford, G., & Trevelyan, H. (1984). Active mobility of the extremities in older subjects. *Physical Therapy*, 64(6), 919-923.

Received (August 30, 2023)

Revised (October 6, 2023; October 23, 2023)

Accepted (October 26, 2023)

저자 박진희는 현 편집위원으로 재임 중이나 이 논문의 게재를 결정하는 데 어떠한 역할도 하지 않았으며 관련된 잠재적인 이해상충도 보고되지 않았음