

The Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Ultrasound Treatment Combined with High Intensity Laser Treatment on Pain, Grip Strength, and Hand Function in Patients with Carpal Tunnel Syndrome

Jawon Kim^a, Myunggi Cho^a, Yijung Chung^{a*}

^aDepartment of Physical Therapy, The Graduate School, Sahmyook University, Seoul, Republic of Korea

Objective: This study was conducted to investigate the effect of high-intensity laser therapy(HILT), transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS), and ultrasound(US) treatment on pain, grip strength, and hand function in patients who had undergone carpal tunnel syndrome surgery.

Design: A randomized controlled trial.

Methods: Thirty patients who had undergone carpal tunnel syndrome surgery were randomly assigned to receive either TENS combined with HILT, US combined with HILT, or only HILT as the control group. Treatments were applied around the surgical site, and pre- and post-treatment changes were evaluated. Pain was assessed using NPRS, hand symptoms using CTS-6 and BCTQ-SSS, grip strength with an electronic dynamometer, and hand function using BCTQ-FSS. Treatments were administered seven times over two weeks.

Results: The pain and symptoms were significantly reduced($p < 0.05$) and grip strength and hand function were significantly increased($p < 0.05$) after treatment compared to before treatment for all subjects. Pain was significantly reduced($p < 0.05$) and grip strength was significantly increased($p < 0.05$) in the TENS + HILT group and US + HILT group compared to the Control group. Hand symptoms were significantly reduced($p < 0.05$) and hand function significantly increased($p < 0.05$) in the TENS + HILT group compared to the Control group.

Conclusions: TENS combined with HILT was found to be more effective than US combined with HILT in reducing pain and symptoms and improving grip strength and hand function in patients following carpal tunnel syndrome surgery. These findings suggest that these treatment modalities can be beneficially applied in clinical practice.

Key Words: Carpal tunnel syndrome, Laser therapy, Transcutaneous electrical nerve stimulation, Ultrasound therapy

서론

손목 터널 증후군(carpal tunnel syndrome, CTS)은 반복적인 손목 활동으로 인해 손목 안쪽 공간에서 정중 신경이 압박되어 발생하는 신경병증이다[1]. Ijaz 등[2]은 CTS의 일반적인 임상 징후로는 통증, 무감각, 이상 감각 및 정중 신경 지배 근의 약화, 무지 용기의 운동 쇠약, 근력 감퇴 및 운동장애가 나타난다고 보고하였다. CTS의 이학적 검사 방법으로는 짧은 엄지벌림근의 근

육 약화와 근육 변성, 팔렌 검사, 티넬 징후 검사, 손바닥이 위를 향하는 동작과 손바닥이 아래를 향하는 동작인 근육 검사 등이 있다[2].

현재 임상에서 CTS 치료를 위해 손목감압술과 같은 수술적 요법과 신경가동술, 고강도 레이저(high intensive laser therapy, HILT)[3], 경피 신경 전기 자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS), 초음파(ultrasound, US)와 같은 물리치료, 약물 요법과 국소 스테로이드를 이용한 보존적 치료를 실시하고 있다[4, 5].

Received: May 27, 2024 Revised: Jun 28, 2024 Accepted: Jun 28, 2024

Corresponding author: Yijung Chung (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2431-8895>)

Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University, 815, Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul, 01795, Republic of Korea
Tel: +82-2-3399-1637 Fax: +82-2-3399-1639 E-mail: yijung36@syu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2024 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

Shi 등[6]은 CTS 치료를 위해 손목감압술과 같은 수술적 치료가 가장 효과가 있다고 보고하였다. 하지만 Karjalainen 등[7]은 약물 요법과 국소 스테로이드와 같은 보존적 치료가 더욱 효과적이라고 보고하였다. 또한 Butler [8]은 CTS 환자의 61%가 수술적 요법보다 물리 치료를 선호한다고 보고하였다. 이는 CTS 치료에 대한 상충된 결과를 보여주고 있다.

CTS 치료를 위한 물리치료 중 HILT는 피부 손상 없이 높은 전력과 짧은 시간 동안 조사되며 연부 조직에 균일한 자극을 주어 광역학적 효과로 통증과 부종 관리, 혈액 순환 및 조직 재생을 개선하며[9], US는 심부 조직의 온도를 높여 조직 혈류량 증가, 염증 감소를 통해 통증 관리에 효과적이다[10]. 또한 부종을 개선하여 손목 터널의 압력을 감소시킨다[11]. TENS는 통각 수용기 억제, 신경을 통한 통증 전달의 차단, 교감 신경 차단 등 여러 메커니즘을 통해 통증에 대한 인식을 억제하여 통증 관리에 효과적이다[4]. 또한 저렴한 비용으로 수술 후 통증, 근육의 과 긴장 등 다양한 질환을 치료할 수 있으며 표면 위에 전극을 부착하기 때문에 편리하게 치료를 할 수 있다는 장점이 있다[12].

현재 TENS, US 및 HILT는 허리, 목, 어깨 및 무릎과 같은 대 근육에 적용한 연구들은 많이 존재하였지만, 상대적으로 손목과 발목과 같은 소 근육에 적용한 연구는 부족하였으며, TENS와 HILT, US와 HILT를 병행하였을 때의 통증, 악력 및 손의 기능 개선에 대한 연구는 부족하였다. 또한 CST 환자의 통증과 악력 및 손의 기능 개선을 위해 HILT를 임상에서 많이 사용하고 있지만 어떠한 물리적 인자 치료와 병행하면 효과가 극대화되는지에 대한 연구도 부족하다.

본 연구는 HILT와 어떠한 중재를 병행하였을 때 통증과 악력 및 손의 기능이 개선에 효과적인지 비교하기 위해 이 연구를 진행하였다.

따라서 본 연구는 CTS 환자를 대상으로 HILT를 병행한 TENS를 병행한 HILT, US를 병행한 HILT를 받았을 때 미치는 영향을 알아보고, 이에 따른 CTS 환자의 통증, 악력 및 손의 기능에 미치는 영향을 비교하여 CTS 환자의 치료 방법을 선택할 때 객관적으로 효율적인 치료를 할 수 있도록 정보를 제공하고자 한다.

연구 방법

연구 대상

본 연구는 2022년 6월부터 8월까지 인천광역시에 위치한 I 병원에서 CTS 수술을 받은 30명의 대상자를 선

정하여 실험을 진행하였다. 실험 전 연구 대상자들에게 실험 절차와 조건에 대하여 설명을 하였고, 연구 참여 동의서에 자필서명을 받았다.

대상자의 선정 조건은 신경 전도 검사상 CTS로 진단 받은 30세 이상 70세 미만인 자, 통증 및 저림 증상이 최소 6개월 이상 지속된 자, 6개월 이내에 목이나 상지에 관련된 신경 및 혈관 수술을 받지 않은 자, 약물요법과 국소 스테로이드 주사 요법 등의 보존적 치료에 증상 호전이 없는 자로 선정하였다[13]. 제외 조건은 선천성 손 장애를 가진 자, 손 외상을 가진 자, 갑상선 질환, 알코올 중독, 당뇨, 비타민 결핍, 신경독성 약물 등의 과거력이 있는 자, 최근 1년 이내에 본 연구와 유사한 연구에 참여한 경험이 있는 자와 위의 선정 조건을 충족하지 못한 자는 연구 대상자에서 제외하였다. 본 연구는 삼육대학교 연구윤리위원회에서 승인(SYU 2022-07-025-003)을 받은 후 진행하였다.

연구 절차

본 연구는 무작위 대조군 연구설계(randomized control trial)을 적용하였으며, 연구의 표본 크기는 G*Power Version 3.1.9.7를 이용한 통계학적 평가를 통해 산출하였다[14]. 본 프로그램의 주요 분석 방법인 일원 배치 분산 분석을 사용하여 검정력 80%, 효과크기 0.25, 유의수준 α 는 0.05으로 최소 표본 수는 27명으로 산정하였고 탈락률을 고려하여 총 36명을 표본 수로 최종 산정하였다. 연구 대상자는 자발적인 참여 의사를 밝힌 36명의 환자들을 모집하였으나 개인 사유 3명을 제외하여 나머지 33명을 연구 대상으로 선정하였다.

본 연구는 단일 맹검법을 사용하였다. 각 환자 그룹에 대해 알지 못하는 임상 경력 2년 이상의 치료사 4명이 선정기준에 부합하는 33명의 대상자의 선정 편견(selection bias)을 최소화 하기 위해 제비뽑기를 이용하여 무작위로 TENS + HILT 그룹(n = 11), US + HILT 그룹(n = 11), Control 그룹(n = 11)으로 분류하였고 4명의 치료사 중 2명의 치료사는 평가 및 분석, 다른 2명의 치료사는 치료를 진행하였다.

TENS + HILT 그룹에서 중도 포기 1명이 탈락하였고, US + HILT 그룹에서 중도 포기 1명이 탈락하였으며, Control 그룹에서도 중도 포기 1명 총 3명을 제외한 30명의 연구 대상자가 연구에 참여하였다(figure 1).

손목의 통증을 평가하기 위해 정량형 통증 순위 척도(Numeric Pain Rating Scale, NPRS)를 사용하였다. NPRS는 통증 평가에 쓰는 도구로서 임상 및 실험 환경에서 주관적인 통증 강도를 측정하기 위해 정량화 시킨 것으로 이해하기 쉬우며[15], 통증 강도의 정도를 확인

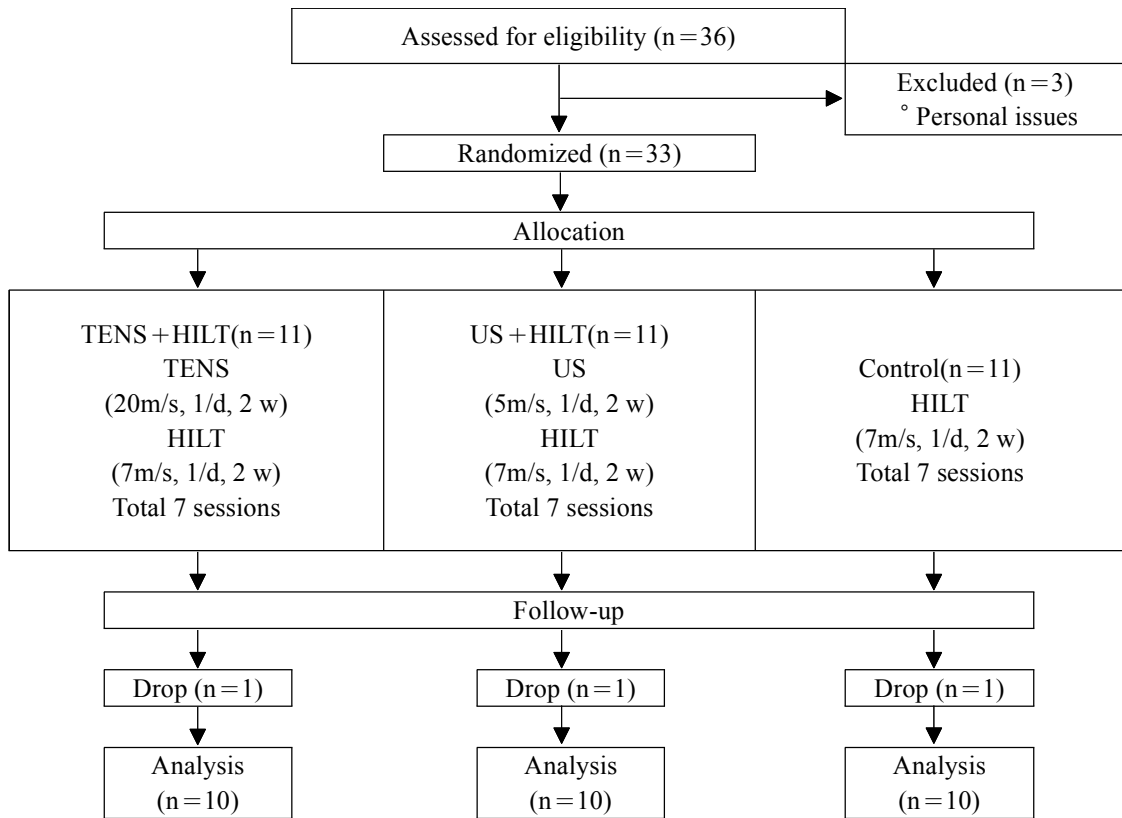


Figure 1. Flow chart of the study

하여 숫자에 동그라미를 그리게 하거나 구두로 물어 확인하며 0에서 10까지 선택한다[16]. NPRS는 환자에게 지난 24시간의 통증 강도 묻고 반영하여 VAS와 유사하게 통증의 심각도를 설명하며 0점(통증이 전혀 없다)에서 10점(전혀 할 수 없을 만큼 통증이 있다)까지 11점 척도로 구성되어 있다[17]. NPRS의 신뢰도는 0.95 ~ 0.96으로 높은 신뢰도를 보이고 있다[18].

손목의 증상을 평가하기 위해 6항목 손목 터널 증후군 증상 척도(6-Item Carpal Tunnel Syndrome Symptom Scale, CTS-6)와 보스턴 손목 터널 증후군 설문지-증상 심각도 척도(Boston Carpal Tunnel Questionnaire-Symptom Severity Scale, BCTQ-SSS)를 사용하였다. CTS-6는 BCTQ에서 확인된 CTS 환자를 위한 간단한 증상 척도로 개발되었으며 설문지에는 야간 및 주간 무감각, 감각 이상(따끔 거림) 및 통증의 유무와 강도와 빈도에 대한 6가지 항목이 포함되어 있고 각 항목은 1 (증상 없음)에서 5 (가장 심한 증상)까지 5점 리커트(Likert) 척도로 점수가 매겨지며 척도의 전체 점수는 응답한 항목의 평균으로 계산된다[19]. 크론바흐 알파(Cronbach Alpha) 계수가 0.88이고 신뢰도는 1.54(95% CI, 1.65~1.44) 이었다[20]. BCTQ는 환자 기반 결과 측정법이며 SSS

는 다항목 척도로 구성된다[21]. SSS는 CTS 평가를 위한 6가지 중요한 영역을 말하며 통증, 감각 이상, 무감각, 약점, 야행성 증상 및 전반적인 기능 상태에 관한 질문을 포함하고 척도는 1점(가장 가벼운)에서 5점(가장 심각한)까지이며[22] SSS의 신뢰도는 0.931(95% CI, 0.882~0.960)이었고 SSS의 크론바흐 알파 계수는 0.929이었다[23].

손의 악력을 측정하기 위해 전자 악력계(electronic hand grip dynamometer, TKK-5401)를 사용하였다. 악력계(electronic hand grip dynamometer, TKK-5401)를 사용하여 측정하였으며 악력을 측정하기 위해 미국 손 치료사 협회(american society of hand therapists)에 따라 의자에 앉은 상태로 어깨를 벌려 중립 위치로 회전하고 팔꿈치를 90도 굽힘 하여 앞 팔의 근육과 손목을 중립자세로 취하고 손가락의 제 2관절이 직각이 되도록 악력계를 잡은 다음 폭을 조절해 다시 잡고 환 측 손을 5초 동안 2회씩 측정하여 각각 최고치를 0.1 kg단위로 기록하였으며 전자 악력계의 신뢰도는 0.97~0.98를 나타내었다[24,25].

손의 기능을 평가하기 위해 보스턴 손목 터널 증후군 설문지-기능 상태 척도(Boston Carpal Tunnel Questionnaire-

Functional Status Scale, BCTQ-FSS)를 사용하였다. FSS는 CTS의 영향을 받는 8가지 기능 활동을 말하며 글쓰기, 옷 단추 채우기, 책 읽기, 전화 손잡이 잡기, 유리병 열기, 집안일 수행, 식료품 가방 운반, 목욕과 탈의로 나뉘어져 있고 척도는 1점(가장 가벼운)에서 5점(가장 심각한)까지이며[19] FSS 신뢰도는 0.844(95% CI, 0.731~0.909)이었고 FSS의 크론바흐 알파 계수는 0.951이었다[23].

중재 방법

HILT는 HIRO 3.0 laser(ASA srl, Italy), 고강도 Nd:YAG 레이저로 파장은 1064 nm, 최대 강도는 3 kw, 레이저 조사 간격은 120 μ s 미만으로 매회 최대 에너지는 350 mJ로써 레이저의 출력 에너지는 1780 mJ/cm²이며 일정 거리를 유지할 수 있는 표준 핸드피스를 이용하여 레이저를 조사하였고 레이저의 직경은 5 mm이다 [26]. 전달되는 에너지 총량은 1000 J로 치료 기기에서 자동화 프로그램 된 것으로 설정하였고 환자는 바로 누운 자세를 취하거나 앉게 한 후 치료사와 환자의 눈을 보호하기 위하여 보호 고글을 착용한 뒤 환 측의 가로 손목 인대 부위 주변부와 손가락 외재성 굽힘 근육 부위에 알코올 솜으로 소독한 후 핸드피스 도자와 피부와의 수직 거리 1 cm 유지하면서 치료를 적용하였다[27] (figure 2). TENS(H-3000-S)를 사용하여 환자는 바로 누운 자세를 취하거나 앉게 한 후 가로 손목 인대 부위 주변부 및 손가락 외재성 굽힘 근육 주변 부위에 알코올 솜으로 소독한 뒤 벨크로 밴드를 사용하여 패드를

부착한 후 강도는 조금씩 올리면서 100 Hz 주파수의 펄스 속도와 80 ms의 자극 주기로 설정하였다[28](figure 3). US(HS-502) 치료는 5 cm²인 도자를 사용하여 주파수 1 MHz로 조사 시간을 50%, 단속 초음파 강도는 1.0 W/cm² 설정한 다음 외과용 윤활제를 가로 손목 인대 부위 주변부 및 손바닥 주변부에 바른 후 5 cm로 한정하여 원을 그리며 치료를 적용하였다[29].(figure 4). TENS + HILT 그룹은 TENS 1일 1회 20분, HILT 1일 1회 7분, 2주 동안 총 7회를 시행하였다. US + HILT 그룹은 US 1일 1회 5분, HILT 1일 1회 7분, 2주 동안 총 7회를 시행하였다. Control 그룹은 HILT 1일 1회 7분, 2주 동안 총 7회를 시행하였다.

자료 분석

본 연구는 무작위 대조군 연구로서, SPSS(version 19.0, IBM Co., USA)를 이용하여 통계를 분석하였다. 정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정으로 실시하였으며, 대상자는 일원배치분산분석(one-way ANOVA)으로 일반적 특성과 종속변수에 대한 실험 전 동질성 검정을 실시하였다. 집단 내 실험 전, 후 변화는 대응 표본 t-검정(paired t test)를 이용하였으며, 집단 간 실험 후 변화량의 차이는 일원배치분산분석을 이용하여 분석하였다. 사후 검정은 'Scheffe' 검정을 이용하였으며, 모든 자료의 통계학적 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다. 연구의 질을 높이기 위해 모든 분석은 의도적 분석(intent-to-treat,



Figure 2. High intensive laser therapy (HIRO 3.0 laser ASA srl, Italy)

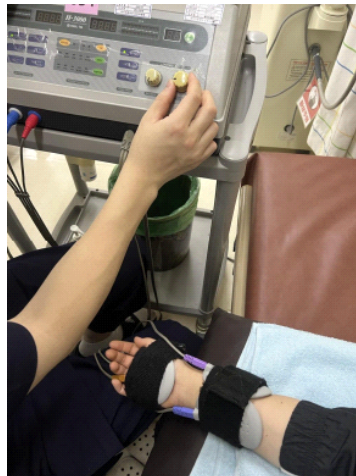


Figure 3. Transcutaneous electrical nerve stimulation(H-3000-S)



Figure 4. Ultrasound(HS-502)

ITT)과 프로토콜 분석(per-protocol, PP)으로 구분하여 적용하였다.

연구 결과

TENS + HILT 그룹의 성별은 여자 10명, 환측 위치는 우측 7명, 좌측 3명, 평균 연령은 52.40세, 평균 신장은 158.60cm, 평균 몸무게는 59.70kg이다. US + HILT 그룹의 성별은 여자 1명, 환측 위치는 우측 6명, 좌측 4명, 평균 연령은 55.30세, 평균 신장은 156.90cm, 평균 몸무게는 59.90kg이다. 대조군의 성별은 남자 2명, 여자 8명, 환측 위치는 우측 5명, 좌측 5명, 평균 연령은 55.40세, 평균 신장은 161.80cm, 평균 몸무게는 64.20kg

이다(table 1).

NPRS은 TENS + HILT 그룹과 US + HILT 그룹간의 차이는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 두 그룹 모두 대조군과 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(table 2).

CTS-6은 TENS + HILT 그룹과 대조군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(table 3).

BCTQ-SSS은 TENS + HILT 그룹과 대조군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(table 4).

악력은 TENS + HILT 그룹과 US + HILT 그룹간의 차이는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 두 그룹 모두 대조군과 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(table 5).

BCTQ-FSS은 TENS + HILT 그룹과 대조군에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(table 6).

Table 1. General Characteristics of Participants (n=30)

Characteristics	HILT+TENS (n=10)	HILT+US (n=10)	Control (n=10)	<i>p</i>
Sex (male / female)	0/10	0/10	2/8	0.125
Affect (Rt / Lt)	7/3	6/4	5/5	0.684
Age (years)	52.40(5.19)	55.30(8.24)	55.40(6.91)	0.551
Height (cm)	158.60(4.06)	156.90(5.79)	161.80(9.33)	0.275
Weight (kg)	59.70(7.48)	59.90(9.72)	64.20(12.05)	0.527

The values are presented as mean (SD)

HILT + TENS: High Intensive Laser Therapy + Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

HILT + US: High Intensive Laser Therapy + Ultrasound

Table 2. Numeric Pain Rating Scale, NPRS (n=30)

	HILT+TENS (n=10)	HILT+US (n=10)	Control (n=10)	<i>p</i>
pre	8.10(1.66)	7.90(2.02)	6.30(1.76)	
post	2.00(2.10)	2.60(0.84)	3.70(2.16)	
post-pre	6.10(1.59)	5.30(1.76)	2.60(1.17)	14.323(<0.001)
t(<i>p</i>)	12.093(<0.001)	9.485(<0.001)	7.005(<0.001)	A B C

Table 3. 6-item Carpal Tunnel Syndrome Symptoms Scale, CTS-6 (n=30)

	HILT+TENS (n=10)	HILT+US (n=10)	Control (n=10)	<i>p</i>
pre	23.10(7.49)	22.90(6.17)	18.50(5.16)	
post	8.80(3.01)	9.70(2.26)	11.30(4.62)	
post-pre	14.30(6.46)	13.20(5.37)	7.20(4.66)	4.743(0.017)
t(<i>p</i>)	6.995(<0.001)	7.772(<0.001)	4.884(0.001)	A C

Table 4. Boston Carpal Tunnel Questionnaire-Symptom Severity Scale, BCTQ-SSS (n = 30)

	HILT+TENS (n = 10)	HILT+US (n = 10)	Control (n = 10)	<i>p</i>
pre	39.80(11.11)	37.70(8.44)	32.00(6.84)	
post	14.90(5.50)	18.70(3.36)	22.00(6.49)	
post-pre	24.90(12.15)	19.00(9.17)	10.00(5.67)	6.396(0.005)
t(<i>p</i>)	6.480(<0.001)	6.547(<0.001)	5.571(<0.001)	A C

Table 5. grip strength (n = 30)

	HILT+TENS (n = 10)	HILT+US (n = 10)	Control (n = 10)	<i>p</i>
pre	9.80(5.09)	9.32(4.28)	9.77(4.87)	
post	12.32(5.29)	11.98(4.52)	11.51(4.73)	
post-pre	2.52(0.37)	2.66(1.01)	1.74(0.33)	5.757(0.008)
t(<i>p</i>)	-21.164(<0.001)	-8.300(<0.001)	-16.474(<0.001)	A B C

Table 6. Boston Carpal Tunnel Questionnaire-Functional Status Scale, BCTQ-FSS (n = 30)

	HILT+TENS (n = 10)	HILT+US (n = 10)	Control (n = 10)	<i>p</i>
pre	25.70(10.51)	19.00(6.56)	22.50(9.77)	
post	11.50(3.65)	12.00(2.78)	16.60(6.16)	
post-pre	14.20(8.02)	7.00(6.28)	5.90(4.53)	4.897(0.015)
t(<i>p</i>)	5.596(<0.001)	3.520(<0.001)	4.116(0.003)	A C

고찰

본 연구는 CTS 환자를 대상으로 TENS와 US를 HILT와 병행하여 실시하였을 때 통증, 손의 증상, 악력 및 손의 기능에 미치는 영향을 알아보는데 목적이 있다.

CTS는 손목 안쪽 공간이 반복적인 손목 활동과 손목의 부적절한 자세로 인해 손목 안쪽 공간에서 정중신경이 압박되어 발생하며[1], 통증, 무감각, 근력 감퇴 및 기능 저하와 같은 증상이 나타나게 된다[2]. Sadatsune 등[30]은 CTS는 수술을 통해 완전히 치료가 되지 않은 경우가 있다고 보고하였다. 이는 수술 후에도 CTS 관리를 위해 재활치료가 필요함을 의미한다[31]. 현재 임상에서 CTS 치료를 위해 HILT, TENS, US와 같은 물리적 인자 치료를 실시하고 있으며, 이와 같은 치료는 CTS로 인해 발생한 통증 개선에 효과적이다[3,4]. Casale 등[31]은 CTS 환자에게 TENS를 HILT와 병행하여 치료를 한다면 단일 치료보다 통증 개선에 있어 효과적이라고 하였으며, Tabatabai 등[32]의 연구에서도 동일한 결과를 보고하였다. 본 연구에서도 단일 HILT

치료보다 TENS를 병행한 HILT 치료가 통증과 악력 개선에 유의미한 향상을 보였다.

Georgeto 등[33]은 CTS 환자는 손의 통증과 저림으로 인해 근 위축이 발생하여 손의 기능이 저하된다고 보고하였다. 이를 해결하기 위해 TENS를 이용하며[4], US도 임상에서 사용하고 있다[34]. Page[35]의 연구에서는 TENS가 US보다 통증과 악력 개선에 효과적이라고 보고하였다. Wielemborek 등[36]은 CTS 치료를 위해 US를 사용하는 것은 근거가 불충분하다고 보고하였다. 본 연구에서는 TENS와 US를 HILT와 병행하여 CTS 환자의 통증, 악력, 손의 기능 개선에 효과적인지 비교 연구하였으며 TENS + HILT은 단독 HILT보다 유의한 차이를 보였지만 US + HILT는 단독 HILT과 통증과 악력 개선에만 효과를 보였다.

본 연구에서 TENS + HILT가 CTS 환자의 통증, 악력 및 손의 기능이 향상된 것은 TENS가 신경전달 물질의 분비를 조절하고 신경전달경로의 변화에 관여를 하여, HILT의 기전인 광화학 효과, 광물리 효과, 광열 효

과가 더욱 효과적으로 적용되어 통증, 악력 및 손의 기능이 개선된 것으로 사료 된다.

본 연구에 대한 제한점으로는 동일한 치료 시간을 적용하지 못하였으며, CTS 유병률이 남성보다 여성에게 높게 나타나기 때문에 그룹 간의 성별 비율이 동일하지 못하였다. 대상자의 수가 적었기에 이 결과를 일반화 시키는데 제한이 있을 것으로 보이며 손목 터널 감압술 후 치료 기간이 짧아 충분한 치료 기간이 되지 못했던 것으로 추적 관찰이 이루어지지 못하여 장기적인 효과를 예측하기 어려웠다. 또한 수술 후 퇴원하여 외래로 치료를 진행하는 경우 환자들의 생활을 통제할 수 없었다.

따라서 후속 연구에서는 추적 평가를 통해 CTS 수술 환자에게 다른 물리적 인자 치료들을 병행하여 적용했을 시 효과가 얼마나 지속되는지 알아보고, 장기간 치료를 진행하여 통증, 손의 증상, 악력 및 손의 기능에 관한 연구가 필요하며 적절한 치료를 할 수 있는 프로토콜을 만들 수 있는 연구가 필요할 것이다.

결론

본 연구 결과에 따르면 TENS + HILT와 US + HILT 모두 통증, 증상, 악력 및 손 기능에 유의한 효과를 가져온 것으로 나타났다. 그러나 TENS + HILT와 US + HILT를 CTS 수술 환자에게 적용한 후 비교하였을 때 TENS + HILT가 US + HILT보다 통증, 증상, 악력 및 손 기능이 유의한 개선을 보였다. 따라서 CTS 수술을 받은 환자에게 통증, 증상, 악력 및 손 기능을 개선할 수 있는 효과적인 치료 방법으로 TENS + HILT가 제안될 수 있겠다.

이해 충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

1. Talebi GA, Saadat P, Javadian Y, Taghipour M. Manual therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome in diabetic patients: A randomized clinical trial. *Caspian J Intern Med.* 2018;9(3):283-9.
2. Ijaz MJ, Karimi H, Ahmad A, Gillani SA, Anwar N, Chaudhary MA. Comparative Efficacy of Routine Physical Therapy with and without Neuromobilization in the Treatment of Patients with Mild to Moderate Carpal Tunnel Syndrome. *Biomed Res Int.* 2022;2022(1):2155765.
3. Ezzati K, Laakso EL, Saberi A, Yousefzadeh Chabok S, Nasiri E, Bakhshayesh Eghbali B. A comparative study of the dose-dependent effects of low level and high intensity photobiomodulation (laser) therapy on pain and electrophysiological parameters in patients with carpal tunnel syndrome. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2020;56(6):733-40.
4. Al-Zamil M, Minenko IA, Kulikova NG, Mansur N, Nuvakhova MB, Khripunova OV, et al. Efficiency of Direct Transcutaneous Electroneurostimulation of the Median Nerve in the Regression of Residual Neurological Symptoms after Carpal Tunnel Decompression Surgery. *Biomedicines.* 2023;11(9):2396.
5. Lam KHS, Wu YT, Reeves KD, Galluccio F, Allam AE, Peng PWH. Ultrasound-Guided Interventions for Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(6):1138.
6. Shi Q, Bobos P, Lalone EA, Warren L, MacDermid JC. Comparison of the Short-Term and Long-Term Effects of Surgery and Nonsurgical Intervention in Treating Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Hand (N Y).* 2020;15(1):13-22.
7. Karjalainen T, Raatikainen S, Jaatinen K, Lusa V. Update on Efficacy of Conservative Treatments for Carpal Tunnel Syndrome. *J Clin Med.* 2022;11(4):950.
8. Butler DS. The neurodynamic techniques: a definitive guide from the Noigroup team: Noigroup publications; 2005.
9. Pekiavas NO, Baltaci G. Short-term effects of high-intensity laser therapy, manual therapy, and Kinesio taping in patients with subacromial impingement syndrome. *Lasers Med Sci.* 2016;31(6):1133-41.
10. Li X, Zhang L, Gu S, Sun J, Qin Z, Yue J, et al. Comparative effectiveness of extracorporeal shock wave, ultrasound, low-level laser therapy, non-invasive interactive neurostimulation, and pulsed radiofrequency treatment for treating plantar fasciitis: A systematic review and network meta-analysis.

- Medicine (Baltimore). 2018;97(43):e12819.
11. Yildiz N, Atalay NS, Gungen GO, Sanal E, Akkaya N, Topuz O. Comparison of ultrasound and ketoprofen phonophoresis in the treatment of carpal tunnel syndrome. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2011;24(1):39-47.
 12. Johnson MI, Paley CA, Jones G, Mulvey MR, Wittkopf PG. Efficacy and safety of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis of 381 studies (the meta-TENS study). *BMJ Open.* 2022;12(2):e051073.
 13. Sheereen FJ, Sarkar B, Sahay P, Shaphe MA, Alghadir AH, Iqbal A, et al. Comparison of Two Manual Therapy Programs, including Tendon Gliding Exercises as a Common Adjunct, While Managing the Participants with Chronic Carpal Tunnel Syndrome. *Pain Res Manag.* 2022;2022(1):1975803.
 14. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods.* 2007;39(2):175-91.
 15. Breivik EK, Björnsson GA, Skovlund E. A comparison of pain rating scales by sampling from clinical trial data. *Clin J Pain.* 2000;16(1):22-8.
 16. Rodriguez CS. Pain measurement in the elderly: a review. *Pain Management Nursing.* 2001;2(2):38-46.
 17. Breivik H, Borchgrevink PC, Allen SM, Rosseland LA, Romundstad L, Hals EK, et al. Assessment of pain. *Br J Anaesth.* 2008;101(1):17-24.
 18. Ferraz MB, Quaresma MR, Aquino LR, Atra E, Tugwell P, Goldsmith CH. Reliability of pain scales in the assessment of literate and illiterate patients with rheumatoid arthritis. *J Rheumatol.* 1990;17(8):1022-4.
 19. Multanen J, Ylinen J, Karjalainen T, Ikonen J, Häkkinen A, Repo JP. Structural validity of the Boston Carpal Tunnel Questionnaire and its short version, the 6-Item CTS symptoms scale: a Rasch analysis one year after surgery. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):609.
 20. Atroshi I, Lyrén PE, Ornstein E, Gummesson C. The six-item CTS symptoms scale and palmar pain scale in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am.* 2011;36(5):788-94.
 21. Levine DW, Simmons BP, Koris MJ, Daltroy LH, Hohl GG, Fossel AH, et al. A self-administered questionnaire for the assessment of severity of symptoms and functional status in carpal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(11):1585-92.
 22. Mahmoudi E, Chung KC. Severity Scoring Systems for Carpal Tunnel Syndrome and Outcome Tools. *Carpal Tunnel Syndrome and Related Median Neuropathies: Challenges and Complications.* 2017:87-95.
 23. Park DJ, Kang JH, Lee JW, Lee KE, Wen L, Kim TJ, et al. Cross-cultural adaptation of the Korean version of the Boston carpal tunnel questionnaire: its clinical evaluation in patients with carpal tunnel syndrome following local corticosteroid injection. *J Korean Med Sci.* 2013;28(7):1095-9.
 24. Fess E. Grip strength: clinical assessment Recommendations. Chicago: American Society of Hand Therapists. 1992.
 25. España-Romero V, Artero EG, Santaliestra-Pasias AM, Gutierrez A, Castillo MJ, Ruiz JR. Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years. *J Hand Surg Am.* 2008;33(3):378-84.
 26. Kang HJ, Her MS, Lee SY, Hahn SB. Comparison of the Clinical Results of HILT Versus ESWT in the Lateral Epicondylitis. *J Korean Surgery Hand Soc.* 2009;14(2):61-6.
 27. Jeon CB, Choi SJ, Oh HJ, Jeong MG, Lee KS. The effects of high intensity laser therapy on pain and function of patients with frozen shoulder. *J Kor Phys Ther.* 2017;29(4):207-10.
 28. Koca I, Boyaci A, Tutoglu A, Ucar M, Kocaturk O. Assessment of the effectiveness of interferential current therapy and TENS in the management of carpal tunnel syndrome: a randomized controlled study. *Rheumatol Int.* 2014;34(12):1639-45.
 29. Yalvaç B, Mesci N, Geler Külcü D, Yurdakul OV. Comparison of ultrasound and extracorporeal shock wave therapy in lateral epicondylitis. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2018;52(5):357-62.
 30. Sadatsune EJ, Leal Pda C, Cossetti RJ, Sakata RK. Effect of preoperative gabapentin on pain intensity and development of chronic pain after carpal tunnel syndrome surgical treatment in women: randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Sao Paulo*

- Med J. 2016;134(4):285-91.
31. Casale R, Damiani C, Maestri R, Wells CD. Pain and electrophysiological parameters are improved by combined 830-1064 high-intensity LASER in symptomatic carpal tunnel syndrome versus Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation. A randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2013;49(2):205-11.
 32. Tabatabai SMR, Tajali SB, Moghadam BA, Mir SM. Effects of high-Power diode laser irradiation combined with electrical stimulation on wrist pain and function following carpal tunnel syndrome. *J Clin Physiother Res.* 2016;1(2):61-7.
 33. Georgeto SM, Andraus RAC, de Oliveira Júnior E, da Silva RA, Ngomo S, Fernandes KBP. Bilateral Idiopathic Carpal Tunnel Syndrome: Clinical-Functional Characterization and Efficacy of Two Combined Postoperative Physiotherapeutic Treatments. *Orthop Surg.* 2023;15(6):1654-63.
 34. Tumpaj T, Potocnik Tumpaj V, Albano D, Snoj Z. Ultrasound-guided carpal tunnel injections. *Radiol Oncol.* 2022;56(1):14-22.
 35. Page MJ, Green S, Mrocki MA, Surace SJ, Deitch J, McBain B, et al. Electrotherapy modalities for rotator cuff disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2016(6):Cd012225.
 36. Wielemborek PT, Kapica-Topczewska K, Pogorzelski R, Bartoszek A, Kochanowicz J, Kułakowska A. Carpal tunnel syndrome conservative treatment: a literature review. *Postep Psychiatr Neurol.* 2022; 31(2):85-94.