

Therapeutic Effects of Low-Level Laser Combined with LED on Post-operative Hand

Jeong-Sun Lee¹, Hwa-Kyung Shin²

¹Department of Physical Therapy, The Graduate School, Daegu Catholic University, Daegu, Republic of Korea, ²Department of Physical Therapy, Daegu Catholic University, Daegu, Republic of Korea

Purpose: This study was performed to identify and investigate the therapeutic effects of low-level laser (LLL) combined with a light-emitting diode (LED) on post-operative wound healing and functional recovery after hand orthopedic surgery.

Methods: The study subjects were twenty patients who had passed the acute inflammatory phase after hand orthopedic surgery and were assigned equally to an experimental or a control group. Phototherapy was administered three times weekly for two weeks. Changes in wound length, edema, pain, and hand function were measured.

Results: Significant differences in wound length, edema, pain, and hand function were observed between the experimental and control groups ($p < 0.05$). However, no significant intergroup difference was observed ($p > 0.05$). Nonetheless, a comparison of results showed changes in the experiment group over the two-week study period were significantly greater than in the control group ($p < 0.05$).

Conclusion: These findings show that combined LLL plus LED phototherapy positively influences post-operative hand rehabilitation.

Keywords: Low-level laser, Light emitting diode, Wound healing, Pain, Recovery

서론

손은 신체에서 표면적 비율이 약 5%에 불과하지만 가정, 직장, 여가 등 삶의 모든 영역에서 독립적으로 활동하게 하는 매우 중요한 기관이다.^{1,2} 그러나 손은 일상생활과 작업을 수행할 때 자주 사용하기 때문에 직장이나 가정에서 예상치 못하게 손상이 자주 발생하게 된다.³ 수부손상이 발생이 되면 손상 정도에 따라 간단한 처치와 외과적 수술이 빠른 시기에 세심하고 조심스럽게 접근이 이루어져야 한다.⁴

수부는 수술 후 이루어지는 물리치료 시기가 다른 사지에 비해 수부기능에 미치는 영향력이 매우 크다. 아무리 잘 시술된 손이라 하더라도, 수술 후 3주 이후에 물리치료가 시작되면 그 기능들이 급격히 감소된다.⁵ 따라서 수술 후 가능한 조기에 재활을 시작하는 것이 부종, 유착형성, 근 위축 및 관절 경직을 줄여 기능 및 관절가동범위 회복에 효과적이다. 손의 기능적 회복을 위한 물리치료 시기와 재활운동치료의 중요성을 다룬 연구가 다양하게 이루어졌다.⁵⁻⁷ 그러나 수술 후 환자의 피부상태를 세심하게 관찰하고 재활의 위험을 방지해야 하므로 운동치료의 적용이 제한적일 수 있다.

수술 후 발생하는 봉합상처는 건강한 피부에 비해 피부강도와 탄력이 매우 약하다. 봉합사 제거 시기는 상처부위에 따라 다르며 여러 신체 부위 중 움직임이 많은 사지와 관절부위는 피부가 잘 붙지 않기 때문에 2주 정도 지난 뒤 봉합사를 제거(stitch out, O/S)한다.⁸ 봉합사 처부위는 실밥을 제거한 직후라면 피부의 강도는 10% 정도의 장력을 가지게 되고 상처부위가 재형성되었다 하더라도 기존의 조직과 비교하였을 때 강도와 탄력성 정도가 80%만 복구된다.⁹ 따라서 손상부위에 과도한 움직임과 근육의 조기동원은 힘줄손상의 재발을 초래할 수 있고 봉합상처조직의 약화로 봉합부위가 벌어질 위험성이 있다.¹⁰ 이러한 이유로 수부는 조기재활을 실시하지 못하는 상황이 많이 생기고, 치료시기를 놓치는 경우가 많다. 따라서 수부 손상 후 물리치료 시기가 3주 이전에 치료가 이루어져야 하고 조기운동치료의 중요성을 강조하였으나 3주 이전의 물리치료나 조기운동치료를 할 수 있는 여건이 제한적이다.^{5,6}

물리치료의 다양한 방법 중 저출력 레이저(low-level laser, LLL)는 소염작용과 진통작용, 근육 이완과 조직재생 효과가 있으며, 근골격계 질환에 대한 안전하고 효과적인 치료 방법으로 알려져 있다.¹¹⁻¹⁴ 발광

Received January 15, 2024 Revised February 7, 2024

Accepted February 27, 2024

Corresponding author Hwa-Kyung Shin

E-mail hkshin1@cu.ac.kr

Copyright ©2024 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://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.

다이오드(light-emitting diode, LED)는 또 다른 광원으로 레이저와 유사한 기전의 효과를 가지고 있고 빛이 국소적으로 집중되는 것과 달리 넓은 면적에 효율적으로 치료할 수 있는 장점과 부작용 없이 안전하게 사용할 수 있는 비침습적 치료도구이다.¹⁵ 연부조직에 LLL을 조사하면 섬유아세포에서 근섬유아세포로의 분화를 촉진하고 교원질 합성 증가, 육아조직 형성 촉진, 신생혈관 형성 증가, 성장인자와 사이토카인의 분비증가 등을 야기하여 초기의 빠른 상피화로 창상 폐쇄를 촉진하여 창상이개부위 인장 강도를 증가 시키는 효과가 있다.¹⁶

따라서 LLL 치료의 생체촉진효과를 이용해 외과적 수술 후 사용하였을 때 상처의 봉합 속도가 증가하였고, 세포의 빠른 상처치유와 봉합에 대한 긍정적인 연구결과들이 있으며, 특히 부기, 삼출성, 각질화, 통증, 홍반의 부작용이 감소한다고 보고하였다.¹⁷ 이러한 생체촉진효과로 수부 손상 후 봉합상처부위에 조기에 직접적인 자극 없이 비침습적인 방법으로 LED를 결합한 LLL 치료를 적용한다면 봉합상처부위에 효과적일 것으로 생각되어진다.

따라서 본 연구에서는 수부손상으로 정형외과 수술을 받은 환자에게 조기에 발광다이오드를 결합한 LLL 치료를 적용하였을 때 봉합상처의 조직치유와 통증, 그리고 손 기능회복에 미치는 영향에 대해 알아보고 연구결과를 통해서 임상에 수부 수술 후 손 재활을 위한 치료적 근거를 제공하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 2023년 1월부터 3월까지 경북 k시에 소재하고 있는 J 병원에서 연부조직 및 뼈의 손상이 건초염, 수근관증후군, 방아쇠 수지 증후군 요골, 척골 골절로 정형외과 수술을 받은 환자 20명을 대상으로 실험을 진행하였다. 연구를 수행하기에 앞서 대상자들에게 연구에 대한 충분한 설명을 하고 자발적 참여의사와 함께 본 연구의 목적을 이해하고 연구 참여 동의서에 서명한 자를 대상으로 하였다. 연구 대상자는 20세 이상의 성인으로서 광과민성 질환이 없는 자, 과거 수부 손상 경험이 없는 자, 수술 후 급성 염증 단계가 경과한 자, 의사소통과 인지에 결함이 없는 자, 수부 손상 외에 다른 심각한 질병이 없는 자로 선정하였다. 선정된 대상자는 무작위로 실험군 10명과 대조군 10명으로 배정하였고 연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험방법

본 연구에 참여한 대상자들은 수술 7일 후 치료실에 방문하게 하였다. 실험군 대조군 모두 중재 전 상처길이, 부종, 통증, 젹슨 손 기능 검사를 시행하고, 실험군은 LLL과 발광다이오드를 주 3회, 2주 동안 시행하였으며, 대조군은 치료중재 없이 2주 동안 상처부위 소독만 진행

Table 1. Subject's general characteristics (n=20)

Variable		Treated (n=10)	Control (n=10)	χ^2	p
Gender	F	8	7	0.267	0.50
	M	2	3		
Age (years)		53.4±10.3	57.9±12.6	0.794	0.44
Height (cm)		162.3±9.2	159.8±8.2	0.910	0.39
Weight (kg)		60.1±14.7	56.3±14.6	0.606	0.58
PCA ²	Yes	7	6	0.220	0.64
	No	3	4		
Diagnosis	Wrist	6	7	0.220	0.50
	Hand	4	3		

Values are mean ± SD. PCA²: Patient controlled analgesia.

하였다. 실험군은 치료중재에 앞서 눈 보호를 위해 안대를 착용하고 앙와위 자세로 침대에 바로 누워 수술 부위를 노출시킨 후 650nm파장의 40mW의 GaAlAs LLL와 660nm 파장의 발광다이오드를 각각 15분 적용하여 총 30분을 치료하였다. 치료가 종료되는 시점에 실험군 대조군 모두 중재 전후 손의 변화를 알아보기 위해 상처길이, 부종, 통증, 젹슨 손 기능 검사를 재평가하였다.

1) 측정도구

(1) 상처길이, 부종 측정(cm)

줄자를 이용하여 봉합상처길이를 측정하였고, 부종은 상처의 중심 부위를 기준으로 하여 둘레를 측정하였다.

(2) 통증평가(score)

대상자의 통증은 시각적 상사 척도(Visual Analogue Scale, VAS)를 사용하였다. 이 도구는 통증의 정도를 '전혀 통증이 없다'에서 '매우 통증이 심하다' 10까지를 10cm 눈금이 그려지지 않은 수평선을 이용하여 일직선상에서 대상자가 현재 경험하고 있는 통증의 정도를 'V' 표시하도록 하였다. VAS는 통증 측정을 위한 도구로 많이 이용되었고 효용성이 이미 밝혀졌다.¹⁸

(3) 젹슨 손 기능 검사(score)

손의 기능 수준을 평가하기 위해 손 기능 검사(Jebsen Hand Function Test)를 사용하였다. 젹슨 손 기능 검사는 7가지 하위검사로 표준화되어 있으며 시간화된 진단 검사로 일상생활에서의 손 사용 능력을 평가하는 도구이다.¹⁹

평가도구는 클립판, 필기구, 문장이 적힌 카드, 초시계, 8×11인치의 줄이 쳐있지 않은 흰 용지, 3×5인치의 카드 5장, 클립, 병뚜껑, 미국동전(penny), dir 5/8인치 강낭콩 5개, 정량화된 티스푼, 클램프 보드(Clamp Board), 속이 빈 1파운드 깡통, 1.25인치 직경의 붉은색 장기말, 직경 8cm, 높이 17cm의 속이 빈 깡통 5개, 직경 8cm, 높이 17cm의 1파

운드(0.45kg) 깡통 5개로 구성되어 있다.

평가는 수술한 손으로 진행하였으며, 검사 전 환자가 확실히 이해하도록 충분히 설명을 하였고, 평가는 항상 같은 순서로 진행하였다. 진행은 짧은 문장쓰기, 카드 뒤집기, 작은 물건 옮기기, 먹는 흉내 내기, 장미말 쌓기, 크고 가벼운 물건 옮기기, 크고 무거운 물건 옮기기 순서로 하였다. 점수는 각 항목의 수행 시간을 측정된 후 서울대학교 병원에서 설계한 점수체계를 토대로 각 항목을 평가하였다. 1992년 JHFT 원점수체계는 Modified Barthel Index (MBI)와 Shah 등의 10가지 항목 중 손 기능과 밀접한 5가지 항목의 점수 합(Modified Barthel Index upper extremity subtest score, MBI-U score)과 상관관계가 있음을 보여주며 또한 짧은 시간에 간단히 시행할 수 있는 객관적 장점이 있고, 손 기능을 반영하는 타당도가 뛰어난 장점을 보여주었다.²⁰⁻²² 검사-재검사 신뢰도는 Cronbach- 0.67-0.99이다.¹⁹

3. 자료분석

수집된 자료의 통계분석은 IBM SPSS Statistics 29.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 분석하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 기술 통계를 사용하여 평균, 표준편차를 산출하였다. 두 그룹 간의 동질성 검증은 χ^2 검정을 이용하였다. 실험군과 대조군의 상치길이, 부종, 통증, 수부기능 검사 변화는 측정 Two-Way Repeated Measures ANOVA를 이용하여 분석하였고, 사후 검정으로 Fisher's LSD 검정을 실시하였다. 그룹 간의 중재 전후의 변화량을 비교하기 위하여 독립표본 t 검정을 실시하였다. 모든 연구의 유의수준은 0.05로 정하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 실험군 10명, 대조군 10명으로 총 20명이

었다. 대상자 전체 평균 연령은 55.6±11.4세, 신장은 161.1±18.1cm, 몸무게는 58.2±14.4kg이었다. 실험군은 여성 8명, 남성 2명이었으며 평균연령은 53.4±10.3세, 평균신장은 162.3±9.2cm, 평균 몸무게는 60.1±14.7kg이었다. 대조군은 여성 7명, 남성 3명이었으며, 평균연령은 57.9±12.6세, 평균 신장은 159.8±8.2cm, 평균 몸무게는 56.3±14.6kg이었다. 두 집단은 성별, 수술부위, 통증자가조절법(Patient Controlled Analgesia, PCA) 사용유무에서 $p < 0.05$ 수준에서 유의한 차이를 보이지 않아 두 집단이 동질한 집단인 것으로 나타났다($p > 0.05$)(Table 1).

2. 상치길이변화

상치길이의 이요인 반복측정 분산분석 결과, 중재 전후 비교는 유의한 차이가 있었으나($p < 0.05$), 집단 간 비교는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 중재 전후와 집단 간 비교 간의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$)(Table 2). 상치길이는 실험군은 중재 전에 비하여 중재 후에 유의하게 감소하였으나($p < 0.05$), 대조군은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 실험 전후 변화량 비교에서, 실험군은 대조군에 비하여 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$)(Table 3)(Figure 1).

3. 상치 둘레

상치둘레의 이요인 반복측정 분산분석 결과, 중재 전후 비교는 유의한 차이가 있었으나($p < 0.05$), 집단 간 비교는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 중재 전후와 집단 간 비교 간의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$)(Table 2). 상치 둘레는 두 그룹 모두 중재 전에 비하여 중재 후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$)(Table 3). 실험 전후 변화량 비교에서, 실험군은 대조군에 비하여 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$)(Table 4)(Figure 1).

Table 2. Results of two-way repeated measures ANOVA

		SS	DF	MS	F	p
Length (cm)	Group	0.55	1	0.55	0.04	0.84
	Test	1.12	1	1.12	106.04	<0.001*
	Group× Test	0.04	1	0.04	3.99	0.61
Circumference (cm)	Group	16.13	1	16.13	0.35	0.56
	Test	1.76	1	1.76	15.19	<0.001*
	Group× Test	0.26	1	0.26	2.21	0.15
VAS (score)	Group	6.40	1	6.40	0.91	0.35
	Test	48.40	1	48.40	34.85	<0.001*
	Group× Test	3.60	1	3.60	2.59	0.12
Hand function (score)	Group	0.00	1	0.00	0.00	1.00
	Test	4,752.40	1	4,752.40	78.05	<0.001*
	Group× Test	1,123.60	1	1,123.60	18.45	<0.001*

DF: Degree of freedom, MS: Mean square, SS: Sum of square. * $p < 0.05$.

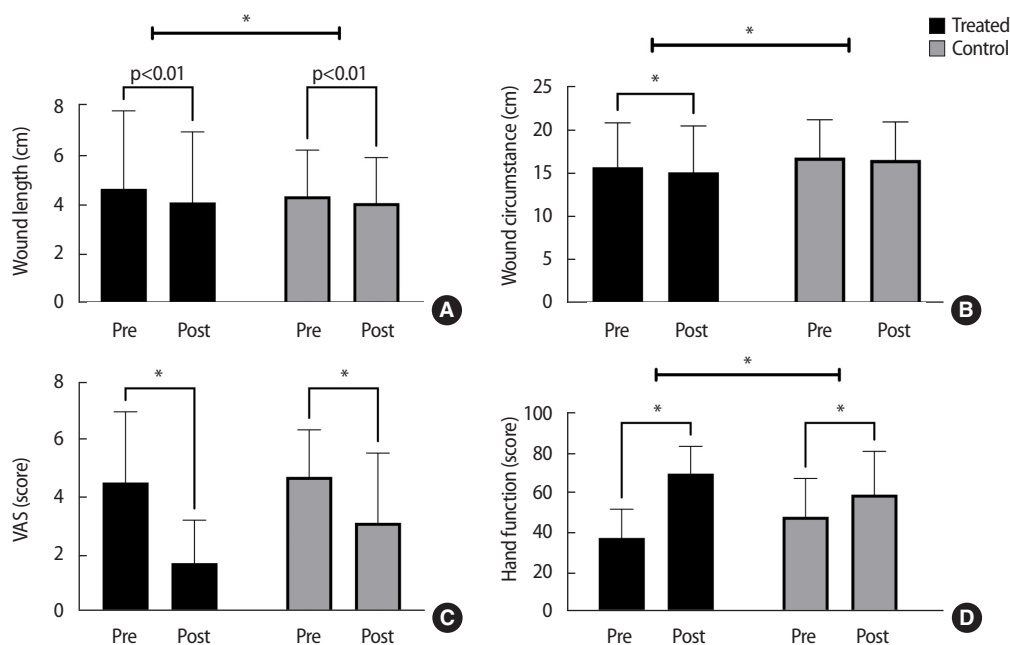


Figure 1. Comparison of wound length (A): wound circumference, (B): VAS, (C): and Hand function test, (D): in between-group and with-group

Table 3. Comparison of wound length, circumference, VAS, and hand function within group

		pre-test	post-test	t	p
Length (cm)	Treated	4.67±3.14	4.27±3.12	-2.714	<0.001*
	Control	4.37±1.86	4.10±1.83	-2.859	<0.001*
Circumference (cm)	Treated	15.75±5.09	15.17±5.25	-2.002	0.04*
	Control	16.86±4.34	16.60±4.34	-2.354	0.105
VAS (score)	Treated	4.50±2.46	1.70±1.49	-2.675	<0.001*
	Control	4.70±1.63	3.10±2.42	-2.226	0.02*
Hand function (score)	Treated	37.40±14.52	69.80±13.74	-2.805	<0.001*
	Control	48.00±19.39	59.20±21.82	-2.501	<0.01*

Mean±SD. *p<0.05.

Table 4. Comparison of wound length, circumference, VAS, and hand function in between groups by the difference of pre-test and post-test

		Treated	Control	t	p
Length (cm)	Pre-test	4.67±3.14	4.37±1.86	-0.114	0.91
	Post-test	4.27±3.12	4.10±1.83	-0.417	0.67
	Difference	0.40±0.02	0.27±0.03	-2.036	0.04*
Circumference (cm)	Pre-test	15.75±5.09	16.86±4.34	-0.038	0.97
	Post-test	15.17±5.25	16.60±4.34	-0.303	0.76
	Difference	0.58±.016	0.26±0.00	-2.149	0.03*
VAS (score)	Pre-test	4.50±2.46	4.70±1.63	-0.038	0.96
	Post-test	1.70±1.49	3.10±2.42	-1.442	0.14
	Difference	2.80±0.09	1.60±0.78	-1.386	0.16
Hand function (score)	Pre-test	37.40±14.52	48.00±19.39	-1.626	0.10
	Post-test	69.80±13.74	59.20±21.82	-0.947	0.34
	Difference	32.40±0.78	11.20±2.43	3.254	0.001*

*p<0.05. Mean±SD.

4. 통증변화

통증의 이요인 반복측정 분산분석 결과, 중재 전후 비교는 유의한 차이가 있었으나($p < 0.05$), 집단 간 비교는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 중재 전후와 집단 간 비교 간의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$)(Table 2). 통증은 두 그룹 모두 중재 전에 비하여 중재 후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$)(Table 3). 실험 전후 변화량 비교에서, 실험군과 대조군은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 4)(Figure 1).

5. 쥘손 손 기능 검사

손 기능 검사에서 이요인 반복측정 분산분석 결과, 중재 전후 비교는 유의한 차이가 있었으나($p < 0.05$), 집단 간 비교는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 중재 전후와 집단 간 비교 간의 상호작용 효과는 유의하게 나타났다($p < 0.05$)(Table 2). 손 기능 검사에서는 두 그룹 모두 중재 전에 비하여 중재 후에 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 실험 전후 변화량 비교에서, 실험군은 대조군에 비하여 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$)(Table 4)(Figure 1).

고 찰

본 연구는 발광다이오드를 결합한 저출력 치료를 수부 정형외과 수술 환자의 상처부위에 초기에 적용하여 수술부위의 조직치유, 통증, 그리고 기능회복에 미치는 영향을 알아보았다. 일반적으로 수술 후 특별한 중재 없이도 자연적으로 시간의 흐름에 따라 상처길이, 부종, 통증이 감소함을 알 수 있다. 그러나 초기에 발광다이오드를 결합한 LLL 치료를 수술 7일 후 치료실에 방문하여, 주 3회, 2주 동안 적용하였을 때, 실험군이 대조군보다 상처길이, 부종, 손 기능 검사에서 전과 후의 변화량이 더 높았다. 따라서 본 연구를 통해 발광다이오드를 결합한 LLL 치료가 수부 정형외과 수술 환자에게 초기 물리치료 방법으로 효과적임을 알 수 있었다. 이러한 발광다이오드를 결합한 LLL 치료가 상처길이와 부종에 미친 효과에 대한 결과는 다양한 임상실험 및 동물실험의 연구보고들과 비교적 일관된 견해를 보여주고 있다.

Hopkins 등²³의 연구에서 21명의 건강한 피험자에게 앞쪽 팔뚝에 두 개의 1.27cm의 찰과상을 유발한 후 1개의 상처에만 LLL를 조사하고 6일, 8일, 10일 추적검사서 LLL를 조사한 상처의 크기가 더 작았다. Chun²⁴은 실험동물에게 백색발광다이오드 조사 후 상처 수복률을 비교한 결과 비조사군의 경우 64%였으나 조사군은 76%의 수복률을 보여 상처 수복에 효과가 있다고 하였고, Jung과 Lee²⁵의 연구에서 건강한 mouse 창상부위에 레이저 DPSS (Diode Pumped Solid State, 532nm)를 조사한 결과 대조군과 비교하여 유의한 수준에서 창상면적 치유율이 증가하였다. LLL의 상처회복 촉진 기전은 각질형성세포, 섬유아세포 및 내피세포의 증식과 콜라겐 합성을 촉진시켜서 효

과를 나타내는 것이다.^{26,27} 따라서 수부정형외과 수술 후 상처치유와 부종감소를 위해 초기에 발광다이오드를 결합한 LLL 치료가 제공될 필요가 있음을 뒷받침할 수 있다.

수부손상에 있어서 부종의 예방 예방과 관리는 매우 중요하다.²⁸ 부종은 염증단계를 넘어 지속될 때 문제가 발생하며, 관절가동범위의 제한과 함께 기능회복에 어려움을 갖게 된다. 또한 부종 자체는 환자에게 상당한 불편함과 통증을 가져다 줄 수 있기 때문에 부종을 신속하게 줄이는 것이 매우 중요하다. 여러 연구에서도 부종감소의 효과를 보고하였다. Back 등²⁹은 40명의 안면 골절 환자를 20명씩 두 그룹으로 나누어 LLL 치료 그룹과 가짜 치료 조명으로 치료 후 안면 부종의 변화를 비교한 결과, 발광다이오드(590/830nm)의 저수준 레이저 요법을 적용한 그룹에서 부종감소가 통계적으로 유의하게 더 컸다. Stergioulas³⁰는 발목 염좌가 있는 15명의 축구 선수에게 기존의 초기치료(RICE)와 함께 LLL 치료를 적용한 결과 발목 염좌의 부종이 감소되었다. 이와 같이 외상 후 부종감소의 긍정적인 효과를 위해 초기에 LLL를 이용한 광선치료요법이 제공될 필요가 있다.

본 연구에서는 통증감소에 대한 결과는 실험 전후 변화량 비교에서 실험군과 대조군이 유의한 차이가 나지 않았다. 통증감소는 대조군과 비교하였을 때 효과가 미비하게 나타났다. 이는 짧은 실험기간과 광선 조사 빈도가 낮아 통증 감소에는 큰 효과가 없는 것으로 생각되어진다. 여러 선행연구에서도 통증에 대한 효과가 상이하게 나왔다. Jang과 Lee³¹는 LLL 치료의 임상적 효과를 조사하기 위해 관절부위에 대한 레이저치료의 통증완화 효과에 대한 메타분석 결과 Bjordal 등³²의 검토에서 제안된 에너지 용량 범위 내에 있는 임상 시험만 고려했을 때 통증감소효과가 나타났다고 보고하였다. 그러나 Meireles 등³³은 류마티스 관절염 환자의 손에 785nm 파장의 70mW의 AlGaAs LLL 3 J/cm² 적용한 결과 효과가 없었으며, Brosseau 등³⁴은 손의 골관절염(OA) 환자에게 860nm 파장의 60mW의 GaAlAs LLL를 3 J/cm² 적용한 결과 통증개선에 유의한 차이가 없다고 하였다. 이러한 이유는 레이저의 생체 자극 효과는 레이저 파장, 조사량, 조사강도에 따라 반응이 달라지며 조사량, 조사시간, 조사 빈도에 비례하다고 하였다.^{35,36} 선행 연구에서 이루어진 연구들이 레이저의 용량이 매우 다양하고 레이저 효과에 대한 메타분석 결과에서도 세계 광생물조절치료학회(World Association for photobiomodulation Therapy, WALT)에서 권장하는 에너지 용량의 범위 내에서 이루어진 실험만 고려하여 효과가 나타났다고 하였다. 따라서 추후 연구에서는 통증감소의 효과를 위해서는 WALT에서 권장하는 에너지 용량 범위 내에서 조사량, 조사시간, 조사 빈도를 고려한 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구결과 쥘손 손 기능 검사에서 실험군과 대조군의 집단 간의 유의한 차이는 없었지만 중재 전 후와 집단 간 비교 간의 상호작용 효과는 유의하게 나타났으며, 실험군에서 손 기능의 전후 변화량이 높

게 나왔다. Poorpezeshk 등³⁷은 손에 부상을 입은 환자를 LLL 치료와 대조군으로 나누어 LLL 치료를 조사한 군에서 힘줄 치유를 촉진하고 통증을 완화하며 조직과 관절의 유연이 개선되어 관절가동 범위가 유의하게 증가하였다. Barbosa 등³⁸은 건강한 피시험자를 3그룹으로 나누어 660nm과 904nm 파장을 악력 훈련 전에 조사 후 악력을 평가한 결과 단독 근력운동과 비교할 때 악력의 세기가 증가하였다. 이와 같이 선행 연구에서도 수부손상환자에게 레이저를 조사한 결과 조직과 관절의 유연성을 향상시키고 수동관절운동이 유의하게 증가하였고, 악력훈련에서도 악력의 세기가 증가한 결과와 일치하였다.

LLL 치료는 많은 생화학적 과정, 특히 근육 손상 감소, 미토콘드리아 호흡증가 및 치유과정을 가속화하기 위한 ATP 합성을 조절한다. 이러한 효과로 힘줄 말초신경, 피부 조직, 뼈 및 근육과 같은 다양한 조직의 연구에 널리 사용되었다.^{39,40} 본 연구에서도 LLL와 발광다이오드를 결합한 치료요법이 생체 에너지 근육활성화로 인해 수부 기능에 영향을 미쳤다고 생각된다. 본 연구의 제한점은 특정지역병원에 내원하는 일부 대상으로 연구가 진행되었기 때문에 연구 결과를 수부 정형외과 수술 환자 모두에게 일반화 시키는데 어려움이 있다. 본 연구에서는 대상자 수가 적어 수술부위와 진단명을 통합하여 연구를 하였기 때문에 상처의 크기 깊이 두께 등을 동일하게 실험설계를 하지 못하였고 복잡한 손의 구조 및 기능의 특성상 신경손상, 혈관손상, 우세손 여부, 손상 받은 손의 위치, 손가락 개수에 따라 손의 기능이 달라지므로 많은 변수가 결과에 영향을 미칠 수 있다.⁴¹ 그리고 레이저는 파장에 따라 조직에 투과되는 깊이가 다르고, 조직이 받는 조사량은 조사 받는 부위의 지방과 물의 함량, 색소 함량, 혈관의 유효 정도, 상태에 따라 레이저의 흡수량이 달라지기 때문에 이러한 사항들도 조사량에 있어 고려해야 할 점들이다. 추후의 연구에서는 보다 이상적인 연구를 위해 특정 수부손상의 종류, 진단명, 손상 정도에 따라 동일한 손상부위로 진행되는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 결과물은 2021년도 대구가톨릭대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임(2021-1185).

REFERENCES

- Meyer TM. Psychological aspects of mutilating hand injuries. *Hand Clin.* 2003;19(1):41-9.
- Stranding S. *Gray's anatomy*. 40th ed. Churchill livingstone, Edinburgh. 2009:955-89.
- Gustafsson M, Windahl J, Blomberg K. Ten years follow-up of trauma-related psychological distress in a cohort of patients with acute traumatic hand injury. *Int J Orthop Trauma Nurs.* 2012;16(3):128-35.
- Levangie P, Norkin C. *Joint structure and function: a comprehensive analysis*. 4th ed. Philadelphia, FA Davis, 2005:305-46.
- Kwak JI, Lee HS, Lee JH et al. Physiotherapy survey of patients with hand injury. *J Kor Phys Ther.* 2001;13(1):83-96.
- Kim HR, Kim MJ. A study on physiotherapy for patients with hand injuries caused by industrial accidents. *J Kor Phys Ther Sci.* 2003;10(2):246-57.
- Bae SS, Hwang BG, Kwak JI. Early physiotherapy for patients with hand injuries to return to work. *J Kor Phys Ther.* 1999;11(2):11-20.
- Forsch RT. Essentials of skin laceration repair. *Am Fam Physician.* 2008; 78(8):945-51.
- Lee YG. Wound care for surgical patients. Abstracts of the Korean Surgical Society Conference. 2012:119-22.
- Kubota H, Manske P, Aoki M et al. Effect of motion and tension on injured flexor tendons in chickens. *J Hand Surg Eur.* 1996;21(3):456-63.
- Leal Junior E, Lopes-Martins R, Baroni B et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci.* 2009;24(6):857-63.
- Tunér J, Hode L. *The laser therapy handbook*. Sweden, Prima Books, 2004:1-589.
- Simunovic Z. Low level laser therapy with trigger points technique: a clinical study on 243 patients. *J Clin Laser Med Surg.* 1996;14(4):163-7.
- Laakso EL, Richardson C, Cramond T. Pain scores and side effect in response to low level laser therapy for myofascial trigger points. *Laser Ther.* 1997;9(2):67-72.
- Barolet D. Light-emitting diodes (LEDs) in dermatology. *Semin Cutan Med Surg.* 2008;27(4):227-38.
- Lins RD, Dantas EM, Lucena KC et al. Biostimulation effects of low-power laser in the repair process. *An Bras Dermatol.* 2010;85:849-55.
- Bibikova A, Oron U. Regeneration in denervated toad (*Bufo Siridis*) gastrocnemius muscle and the promotion of the process by low energy irradiation. *Anat Rec.* 1995;241(1):123-8.
- Sander G, Reinert O, Tepe R et al. Chiropractic adjustive manipulation on subjects with acute low back pain: visual analog pain scores and plasma beta-endorphin levels. *J Manipulative Physiol Ther.* 1990;13(7):391-5.
- Jebsen R, Taylor N, Trieschmann R et al. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil.* 1969;50(6):311-9.
- Han T, Kim J, Lee S et al. The significance of the hand function test in the hemiplegic patients. *J Korean Acad Rehab Med.* 1992;16(4):423-30.
- Han T, Yoon K, Jung S. The chronological review of uninvolved hand function in stroke patients. *J Korean Acad Rehab Med.* 2004;28(1):13-9.
- Shah S, Vanclay F, Cooper B. Improving the sensitivity of the Barthel index for stroke rehabilitation. *J Clin Epidemiol.* 1989;42(8):703-9.
- Hopkins J, McLoda T, Seegmiller J et al. Low-level laser therapy facilitates superficial wound healing in humans: a triple-blind, sham-controlled study. *J Athl Train.* 2004;39(3):223.
- Chun MW. Wound repair effect of white LED irradiation. *J Korean Inst Electr Electron Mater Eng.* 2011;24(1):42-6.
- Jung PS, Lee SJ. Bioactivity regulation effect of low-power lasers. *Clin Otolaryngol.* 2004;15(2):167-73.
- Dungel P, Hartinger J, Chaudary S et al. Low level light therapy by LED of different wavelength induces angiogenesis and improves ischemic

- wound healing. *Lasers Surg Med.* 2014;46:773-80.
27. AlGhamdi KM, Kumar A, Moussa NA. Low-level laser therapy: a useful technique for enhancing the proliferation of various cultured cells. *Lasers Med Sci.* 2012;27:237-49.
 28. Villeco J. Edema: quiet, but important factor. *J Hand Ther.* 2012;25(2):153-62.
 29. Baek W, Byun I, Yun I et al. The effect of light-emitting diode (590/830 nm)-based low-level laser therapy on posttraumatic edema of facial bone fracture patients. *J Craniomaxillofac Surg.* 2017;45(11):1875-7.
 30. Stergioulas A. Low-level laser treatment can reduce edema in second degree ankle sprains. *J Clin Laser Med Sur.* 2004;22(2):125-8.
 31. Jang H, Lee H. Meta-analysis of pain relief effects by laser irradiation on joint areas. *Photomed Laser Surg.* 2012;30(8):405-17.
 32. Bjordal JM, Couppe C, Chow RT et al. A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders. *Aust J Physiother.* 2003;49(2):107-16.
 33. Meireles S, Jones A, Jennings F et al. Assessment of the effectiveness of low-level laser therapy on the hands of patients with rheumatoid arthritis: a randomized double-blind controlled trial. *Clin Rheumatol.* 2010; 29(5):501-9.
 34. Brosseau L, Wells G, Marchand S et al. Randomized controlled trial on low level laser therapy (LLLT) in the treatment of osteoarthritis (OA) of the hand. *Lasers Surg Med.* 2005;36(3):210-9.
 35. Moritz A. Oral laser application. Germany Berlin, Quintessence, 2006:523.
 36. Saito S, Shimizu N. Stimulatory effects of low-power laser irradiation on bone regeneration in midpalatal surure during expansion in the rat. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1997;111(5):525-32.
 37. Poorpezeshk N, Ghoreishi SK, Bayat M et al. Early low-level laser therapy improves the passive range of motion and decreases pain in patients with flexor tendon injury. *Photomed Laser Surg.* 2018;36(10):530-5.
 38. Barbosa R, Marcolino A, Souza V et al. Effect of low-level laser therapy and strngth training protocol on hand grip by dynamometry. *J Lasers Med Sci.* 2017;8(3):112-7.
 39. Schlager M, Oehler K, Huebner KU et al. Healing of burns after treatment with 670nm iow-power laser light. *Plast Reconstr Surg.* 2000; 105:1635-42.
 40. Parekh S, Trauner KB, Zarins B et al. Photodynamic modulation of wound healing with BPDAMA and CASP. *Laser Surg Med.* 1999;24:375-81.
 41. Libberecht K, Lafaire C, Van Hee R. Evaluation and functional assessment of flexor tendon repair in the hand. *Acta Chirurgica Belgica.* 2006; 106(5):560-5.