

Original Article / 원저

당뇨병성 궤양에 사용되는 레이저의 특성에 대한 연구

강기원¹ · 강자연¹ · 정민정² · 김홍준³ · 서형식⁴ · 장인수¹

¹우석대학교 한의과대학 한방내과학교실, ²소아과학교실, ³방제학교실,

⁴부산대학교 한의학전문대학원 한방안이비인후피부과학교실

Review of the Properties of the Laser and the Spectrum of Laser Instruments for Diabetic Ulcer

Ki-wan Kang¹ · Ja-yeon Kang¹ · Min-jeong Jeong² · Hong-jun Kim³ · Hyung-sik Seo⁴ · In-soo Jang¹

¹Department of Internal medicine, College of Korean medicine, Woosuk University

²Department of Pediatrics, College of Korean medicine, Woosuk University

³Department of Prescription, College of Korean medicine, Woosuk University

⁴Department of Ophthalmology, Otolaryngology and Dermatology, School of Korean Medicine, Pusan National University

Abstract

Objectives : One of major complications of diabetes, diabetic ulcer is also one of the main reasons for amputation, and the prevalence rate is 4-10%. Laser therapy is widely used for leg ulcer and diabetic ulcer, and it is known to improve wound epithelialization, cellular content, and collagen deposition. The purpose of this study is to investigate the properties of the laser and the spectrum of laser instruments for diabetic ulcer.

Methods : We performed literature search using the PubMed, Cochrane, CINAHL and Web of science for the data in English. In addition, other databases were checked for different languages such as OASIS and NDSL for the literature in Korean, CNKI in Chinese, and CiNii and J-STAGE written in Japanese. We excluded all review article and experimental studies, and only clinical studies using laser or light emitting diode (LED) for diabetic ulcer were selected.

Results : A total twenty papers were selected. Different light sources were used as follows: LED, HeNe, InGaAlP, GaAlAs, GaAs, CO₂, and KTP. The number of LED studies was 9, and HeNe laser was 7, and InGaAlP and GaAlAs laser was 2, GaAs, CO₂, and KTP laser was 1 for each. Various energy density of the clinical study were reported.

© 2016 the Society of Korean Medicine Ophthalmology & Otolaryngology & Dermatology

This is an Open Access journal 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.

Conclusions : It is suggested that to select appropriate laser type and give the adequate output power to treat diabetic ulcer. Further evaluation and research for the condition of laser therapy to treat diabetic ulcers are warranted.

Key words : Diabetic ulcer; Diabetic foot; Laser therapy; LLLT; Photobiomodulation

I. 서론

2014년 국내 당뇨병 환자는 인구 1000명당 50.5명이며, 전체 인구의 3.9%인 262만 명이 혈당강하제를 복용하고 있다. 만성질환 중 진료비 지출 순위가 2위로 국민 보건에 크나큰 경제적 사회적 손실을 일으키는 질환으로 유병률 또한 증가하고 있다. 국민건강보험공단의 발표에 따르면 당뇨병 환자 중 절반이상이 당뇨병 합병증으로 진료를 받고 있는 것으로 나타나고 있다. 주요 합병증으로는 신경병증, 눈 합병증, 말초순환장애 합병증, 다발성(궤양 및 괴저) 합병증, 신장 합병증 등이 있다¹⁾.

당뇨병성 족부궤양은 당뇨병 3대 합병증에 포함되며, 족부 궤양의 유병률은 당뇨병 인구의 약 4~10%이고, 당뇨병 환자가 사는 동안 족부궤양을 앓을 가능성은 약 25%로 알려져 있다. 또한 당뇨병 환자의 하지 절단 수술의 가장 큰 원인이다²⁾.

레이저 치료는 외과 수술에 처음 적용된 이래 한의학 임상에서 다양하게 이루어지고 있는 치료수단이다. 레이저의 생체자극효과(biostimulation effect)는 세포 성장을 촉진시키고 손상에 대한 회복을 촉진하여 세포 고유기능을 활성화하는 작용을 하는 것으로 알려져 있다³⁾.

한의학분야에서 사용하는 레이저는 레이저침(laser acupuncture)과 혈관에 레이저 광선을 조사하는 경맥 레이저(혈맥레이저) 치료, 통증완화를 주로 시술하는 경근레이저 치료와 피부에 조사하는 경피레이저 치료,

그리고 구강, 이비인후과 질환의 치료 목적으로 시술하는 오관(五官)레이저 치료 등으로 나눌 수 있다⁴⁾.

특히 경피레이저는 피부질환을 치료하는 레이저 치료를 일컬으며, 레이저 광선의 생체자극효과와 함께 경혈 및 경피 자극에 따른 한의학적 치료 효과를 도모한다. 아울러 국소 부위에 조사함으로써 소작을 목적으로 하는 다양한 피부 질환에도 활용되고 있다⁵⁾. 손상된 당뇨 궤양에서 레이저를 조사함으로써 상피화(epithelialization), 세포 조성(cellular content), 육아 조직 형성, 콜라겐 침착 등을 개선시켜 회복을 촉진하게 된다.

이와 같이 레이저치료는 잘 낫지 않는 하지 궤양인 당뇨병성 족부궤양에 적용되고 있으나, 국내에 보고된 바는 적다. 이에 저자는 본 연구를 통하여 당뇨병성 궤양에 사용되는 레이저의 여러 특성을 조사하여 이를 보고하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

당뇨병성 궤양의 레이저 치료에 대한 문헌을 조사하기 위하여 한글 문헌은 OASIS (oasis.kiom.re.kr)와 NDSL (ndsl.or.kr), 중국어 문헌은 CNKI (acad.cnki.net), 일본어 문헌은 CiNii (ci.nii.ac.jp)와 J-STAGE (www.jstage.jst.go.jp), 영어 문헌은 PubMed (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed)와 Cochrane (http://www.cochranelibrary.com), CINAHL (www.cinahl.com), Web of science (www.webofscience.com)를 이용하여 검색하였다.

영어 문헌 검색은 “(diabetic foot OR ulcer) AND (laser therapy OR LLLT OR photobiomodulation)”을 검색어로 사용하였다. 한글, 일본어, 중국어 문헌

Corresponding author : Insoo Jang, Department of Internal medicine, College of Korean medicine, Woosuk University, Junghwasandong 2-5 Jeonju, Jeonbuk, Korea.
(Tel : 063-220-8608, E-mail : mackayj@naver.com)

• Recieved 2016/10/10 • Revised 2016/11/10 • Accepted 2016/11/17

에서는 각각 앞서 사용한 영어 검색어에 추가적으로 한글 문헌은 “당뇨발 AND 레이저”, “당뇨족 AND 레이저”, “당뇨병성 AND 레이저”, “궤양 AND 레이저”를, 일본어 문헌은 “糖尿病足 AND レーザー”, “潰瘍 AND レーザー”를, 중국어 문헌은 “糖尿病足 AND 激光”, “潰瘍 AND 激光”을 사용하여 검색하였다.

검색은 2016년 10월 3일 실시하였으며, 문헌 선별 과정에서는 제목과 초록을 검토하는 1차 선별과정과 논문의 전문을 확인하는 2차 선별과정을 진행하였다. 문헌고찰과 실험연구는 제외한 임상연구만을 포함시켰으며 당뇨병성 궤양 환자를 대상으로 레이저 또는 LED (light emitting diode) 광선을 사용한 연구를 정리하였다.

OASIS, NDSL, CNKI, CiNii, J-STAGE, PubMed, Cochrane, CINAHL과 Web of science에서 검색된 문헌은 총 1,664건이었으며, 115건의 중복 문헌을 우선적으로 배제하였다. 1차 선별된 1,549건의 문헌에서 제목과 초록을 검토하였고 1,442건의 문헌이 본 연구 주제와 일치하지 않는 것으로 확인되어 제외하였다. 이후 107건의 문헌을 대상으로 본문 검토를 진행하여 관계없는 문헌(Not relevant) 53건, 종설(Review article) 17건, 실험연구(In vitro) 6건, 동물연구(Animal study) 5건을 배제하였고, 추가적으로 임상연구 중에서 레이저의 특성에 대한 구체적인 서술이 없는 6건의 문헌을 제외시켰다(Fig. 1).

최종적으로 당뇨병성 궤양의 레이저 및 광선치료와 관련이 있는 20건의 문헌을 선별하였으며, 내용은 Table 1과 같다.

III. 결 과

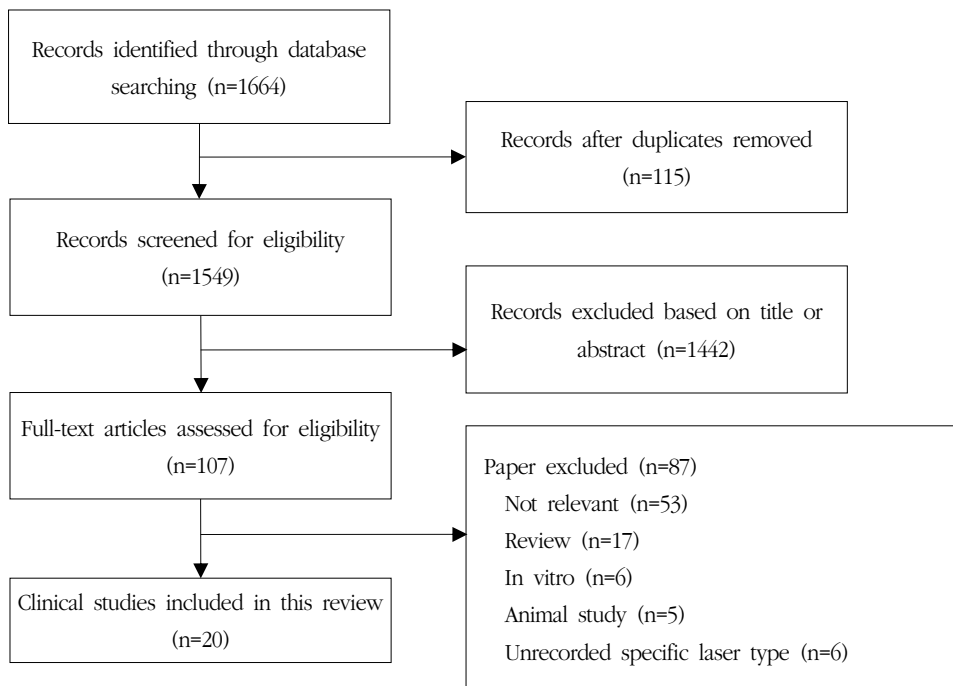


Fig. 1. Flow chart of the trial selection process

Table 1. Studies of Laser Therapy in Diabetic Ulcer

First author (year)	Title	Journal
Carvalho ⁶⁾ (2016)	Low-level laser therapy and Calendula officinalis in repairing diabetic foot ulcers	Rev Esc Enferm USP, 2016;50(4):626-34.
Sanati ⁷⁾ (2016)	Effect of Ga-As Laser on Decrease of Wound Surface Area and ABI Value In Diabetic Foot Ulcers	J Zanjan Univ Med Sci Health Serv, 2016;24(103):20-31.
Feitosa ⁸⁾ (2015)	Effects of the Low-Level Laser Therapy (LLLT) in the process of healing diabetic foot ulcers	Acta Cir Bras, 2015;30(12):852-7.
Nteleki ⁹⁾ (2015)	Conventional podiatric intervention and phototherapy in the treatment of diabetic ulcers	Semin Vasc Surg, 2015;28(3-4):172-83.
Abd El-Kader ¹⁰⁾ (2015)	Impact of Different Therapeutic Modalities on Healing of Diabetic Foot Ulcers	Eur J Gen Med, 2015;12(4):319-25.
Kajagar ¹¹⁾ (2012)	Efficacy of Low Level Laser Therapy on Wound Healing in Patients with Chronic Diabetic Foot Ulcers – A Randomised Control Trial	Indian J Surg, 2012;74(5):359-63.
Sun ¹²⁾ (2012)	A Case Report of Abdominal Diabetic Chronic Ulcer Treated with Semiconductor Laser.	Chin J Laser Med Surg, 2012;21(2):130-1.
Kaviani ¹³⁾ (2011)	A Randomized Clinical Trial on the Effect of Low-Level Laser Therapy on Chronic Diabetic Foot Wound Healing: A Preliminary Report	Photomed Laser Surg, 2011;29(2):109-16.
Minatel ¹⁴⁾ (2009)	Phototherapy Promotes Healing of Chronic Diabetic Leg Ulcers That Failed to Respond to Other Therapies	Lasers Surg Med, 2009;41(6):433 - 41.
Minatel ¹⁵⁾ (2009)	Phototherapy (LEDs 660/890 nm) in the treatment of leg ulcers in diabetic patients: case study	An Bras Dermatol, 2009;84(3):279-83.
Hyunwoo Park ¹⁶⁾ (2007)	Efficiency of a Low Level Laser to the Wound in the Foot of a Diabetic Patient: Case Report	J Korean Photodyn Assoc, 2007;4(1):40-2.
Kazemi-Khoo ¹⁷⁾ (2006)	Successful treatment of diabetic foot ulcers with low-level laser therapy.	The Foot, 2006;16(4):184-7.
Schindl ¹⁸⁾ (2002)	Systemic Effects of Low-Intensity Laser Irradiation on Skin Microcirculation in Patients with Diabetic Microangiopathy	Microvasc Res, 2002;64(2):240 - 6.
Landau ¹⁹⁾ (2001)	Topical Hyperbaric Oxygen and Low Energy Laser Therapy for Chronic Diabetic Foot Ulcers Resistant to Conventional Treatment	Yale J Biol Med, 2001;74(2):95-100.
Schindl ²⁰⁾ (1999)	Induction of complete wound healing in recalcitrant ulcers by low intensity laser irradiation depends on ulcer cause and size	Photodermatol Photoimmunol Photomed, 1999; 15(1):18-21.
Schindl ²¹⁾ (1999)	Diabetic Neuropathic Foot Ulcer: Successful Treatment by Low-Intensity Laser Therapy.	Dermatology, 1999;198(3):314-6.
Schindl ²²⁾ (1998)	Low-Intensity Laser Irradiation Improves Skin Circulation in Patients With Diabetic Microangiopathy	Diabetes Care, 1988;21(4):580-4.
Landau ²³⁾ (1998)	Topical hyperbaric oxygen and low energy laser for the treatment of diabetic foot ulcers	Arch Orthop Trauma Surg, 1998;117(3):156-8.
Lagan ²⁴⁾ (1998)	Combined phototherapy low intensity laser therapy in the management of diabetic ischaemic and neuropathic ulceration: A single case series investigation	Laser Ther, 1998;10:103-10.
Rinaldi ²⁵⁾ (1993)	The diabetic foot. General considerations and proposal of a new therapeutic and preventive approach	Diabetes Res Clin Pract, 1993;21(1):43-9.

1) 연구 설계

선별된 20편의 논문은 모두 사람을 대상으로 설계된 임상연구로서, case study가 10편, CCT가 2편, RCT가 8편이었다. 20편의 논문은 모두 당뇨병성 궤양을 앓고 있는 환자의 환부에 레이저 및 LED 광선 치료를 사용하여 치료하였다(Table 2).

2) 레이저의 매질과 파장

당뇨병성 궤양의 레이저 치료에 대한 임상연구에서 사용된 레이저의 종류와 파장을 살펴보면 LED(630, 660, 670, 820, 830, 850, 890, 904, 950, 980 nm), HeNe 레이저(632.8 nm), InGaAlP 레이저(658, 685 nm), GaAlAs 레이저(830, 870 nm), GaAs 레이저(904

Table 2. Types of Laser Applied in Diabetic Ulcer Studies

First author (year)	Laser medium	Wavelength	Output power, power density, energy density	Study design
Carvalho ⁶⁾ (2016)	InGaAlP	658 nm	30 mW, 4 J/cm ²	RCT
Sanati ⁷⁾ (2016)	GaAs	904 nm	90 mW, 2 J/cm ²	RCT
Feitosa ⁸⁾ (2015)	HeNe	632.8 nm	30 mW, 4 J/cm ²	CCT
Nteleki ⁹⁾ (2015)	LED	850, 630 nm	1205 mW, 75 mW/cm ² , 3 J/cm ²	RCT
Abd El-Kader ¹⁰⁾ (2015)	HeNe	632.8 nm	4 J/cm ²	CCT
Kajagar ¹¹⁾ (2012)	GaAlAs	870 nm	60 mW, 2~4 J/cm ²	RCT
Sun ¹²⁾ (2012)	GaAlAs	830 nm	100 mW, 8 mW/cm ² , 2.4 J/cm ²	Case study
Kaviani ¹³⁾ (2011)	InGaAlP	685 nm	50 mW, 10 J/cm ²	RCT
Minatel ¹⁴⁾ (2009)	LED	660, 890 nm	500 mW, 3 J/cm ²	RCT
Minatel ¹⁵⁾ (2009)	LED	· 660 nm · 660, 890 nm	· 5 mW, 3 J/cm ² · 500 mW, 3 J/cm ²	Case study
Hyunwoo Park ¹⁶⁾ (2007)	LED	830 nm	3 J/cm ²	Case study
Kazemi-Khoo ¹⁷⁾ (2006)	LED	· 660 nm · 980 nm	· 25 mW, 0.6~1 J/cm ² · 200 mW, 4~6 J/cm ²	Case study
Schindl ¹⁸⁾ (2002)	HeNe	632.8 nm	30 mW, 30 J/cm ²	RCT
Landau ¹⁹⁾ (2001)	· HeNe · LED	· 632.8 nm · 904 nm	· 5 mW, 4 J/cm ² · 60 W, 4 J/cm ²	Case study
Schindl ²⁰⁾ (1999)	HeNe	632.8 nm	30 mW, 30 J/cm ²	Case study
Schindl ²¹⁾ (1999)	LED	670 nm	60 mW, 30 J/cm ²	Case study
Schindl ²²⁾ (1998)	HeNe	632.8 nm	30 mW, 30 J/cm ²	RCT
Landau ²³⁾ (1998)	· HeNe · LED	· 632.8 nm · 904 nm	· 5 mW, 4 J/cm ² · 60 W, 4 J/cm ²	Case study
Lagan ²⁴⁾ (1998)	LED	660, 820, 880, 950 nm	524 mW, 4.2 J/cm ²	Case study
Rinaldi ²⁵⁾ (1993)	· CO2 · KTP	· 10600 nm · 532 nm	· 10 W (defocused) / 2~10 W (focused) · 2~3 W	Case study

Output power (mW), power density (mW/cm²), energy density (J/cm²)

nm), CO₂ 레이저(10,600 nm), KTP 레이저(532 nm)가 사용되었다.

가장 많이 사용된 매질은 LED로 7편의 연구에서 사용되었으며 HeNe(헬륨네온) 레이저는 5편의 연구에서 사용되어 두 번째로 많았다. InGaAlP(인듐) 레이저와 GaAlAs 레이저를 사용한 연구는 각각 2편, GaAs 레이저는 1편의 연구에서 사용되었다. CO₂ 레이저와 KTP 레이저 2가지 종류의 레이저를 함께 사용한 연구가 1편이었고, HeNe 레이저와 LED를 병행하여 사용한 연구가 2편이 있었다.

이를 연도별로 다시 나뉘보면 1993년 CO₂ 레이저와 KTP 레이저를 사용한 연구를 시작으로 초기 연구들에서는 HeNe 레이저와 LED 광선치료에 관한 연구가 주를 이뤘으며, 이후 2011년을 기점으로 InGaAlP, GaAs, GaAlAs 레이저와 같은 반도체 레이저를 사용한 연구가 증가하였다(Table 2).

3) 레이저의 출력과 에너지 밀도

조사된 레이저의 출력은 매질에 따라 다양하게 나타났다. 반도체 레이저에 해당하는 InGaAlP 레이저는 30 mW, 50 mW, GaAs 레이저는 90 mW, GaAlAs 레이저는 60 mW, 100 mW를 출력으로 사용하였다. 기체 레이저인 HeNe 레이저는 5 mW를 사용한 Landau²⁰⁾의 연구 이외에는 모두 30 mW를 출력으로 사용하였다. Rinaldi²⁵⁾의 연구에서 사용된 KTP 레이저의 출력은 2~3 W였고, CO₂ 레이저의 경우 특이하게도 초점을 맞추는 방법(focusing mode)과 초점을 맞추지 않는 방법(defocusing mode)으로 조사 방식을 달리하여 사용하였다. 초점을 맞추지 않는 방법에서는 10 W, 초점을 맞추는 방법에서는 2~10 W의 출력을 적용하였다. LED의 경우 25 mW에서 60 W까지 출력의 파장이 매우 다양하게 사용되었다.

임상연구에서 사용된 레이저의 에너지 밀도는 4 J/cm²가 7건으로 가장 많았고, 3 J/cm²가 5건, 30 J/cm²가 4건이었으며, 10 J/cm², 4~6 J/cm², 4.2 J/cm², 2~4 J/cm², 2.4 J/cm², 2 J/cm², 0.6~1 J/cm²로 조사한 연구가 각각 1

건씩 있었다(Table 2).

여기서 LED를 제외한 레이저의 에너지 밀도를 광원에 따라 나뉘보면 HeNe 레이저는 4 J/cm², 30 J/cm²로 조사하였고, InGaAlP 레이저는 4 J/cm², 10 J/cm²로 사용하였다. GaAlAs 레이저는 2.4 J/cm², 2~4 J/cm², GaAs 레이저는 2 J/cm²로 에너지 밀도를 비교적 낮게 조사하였다. CO₂ 레이저와 KTP 레이저의 에너지 밀도는 논문에 나와 있지 않아 확인할 수 없었다.

IV. 고찰 및 결론

지금까지 문헌 검색을 통하여 당뇨병성 궤양에 사용되는 레이저의 여러 가지 특성을 조사해 보았다.

당뇨병성 궤양에 가장 많이 사용된 레이저는 HeNe 레이저로 확인되었는데, 이는 주로 피부 손상과 점막의 상처, 치주염 등을 치료목표로 하여 아주 오래 전부터 사용되어왔다²⁶⁾. 다만 최근에는 비슷한 파장을 가진 반도체 레이저인 InGaAlP 레이저를 매질로 이용한 연구가 점차 늘어나고 있으며, 문헌 검색 결과 2010년을 기점으로 HeNe 레이저를 사용한 연구가 줄고 반도체 레이저를 사용한 연구가 늘어났음을 확인할 수 있다. HeNe 레이저는 기체 레이저로서 기기의 크기가 크고 gas chamber를 가지고 있으며, 수명이 상대적으로 짧다. 반면 반도체 레이저는 아주 작게 만들 수 있고, 가격도 저렴한 편이다. 때문에 HeNe 레이저가 임상적으로는 결맞음길이(coherence length)가 길어서 치료 효과가 비교적 좋지만, 편리함과 저렴한 때문에 InGaAlP 레이저로 대체되어 최근에는 HeNe 레이저를 찾아보기가 어렵다.

Sanati⁷⁾의 RCT 연구에서 사용된 GaAs 레이저의 경우, 904 nm 파장의 레이저는 5cm까지 투과가 가능하기 때문에 일반적으로는 얇은 부위의 상처 치유 보다는 근육, 힘줄, 관절과 같은 비교적 깊은 부위를 치료목표로 하는 데에 자주 쓰인다. 본 연구에서는 90 mW의 출력으로 2 J/cm²로 사용되었으며, 양호한 치료

효과를 보였다고 보고하였다. 이처럼 GaAs 레이저가 플라시보 대조군에 비해 효과적이었다는 것은 기존에 알려진 연구 결과에 대해서 새로운 가능성을 보여준 것으로 향후에 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

일반적으로 알려진 열린 상처 또는 얇은 부위의 손상에 대한 레이저 치료 시의 에너지밀도는 HeNe 레이저의 경우 0.2~1 J/cm²이고, InGaAlP 레이저는 0.4~2 J/cm²를 사용할 것을 권고하고 있다. 그리고 GaAs 레이저와 GaAlAs 레이저는 파장대가 더 높기 때문에 에너지밀도를 이보다 더 낮게 조절하여 사용해야한다²⁶⁾. 그런데 이번 연구에서 확인된 에너지 밀도는 권고에 비해서 높았으며, HeNe 레이저는 4배~30배, InGaAlP 레이저는 2배~5배 정도로 높게 사용되었다. GaAs 레이저와 GaAlAs 레이저 역시 비교적 높은 수준이었다. 최근에 통증에 대한 치료에서는 레이저의 출력을 높게 사용하는 것이 비교적 흔한데, 본 연구도 이와 같은 경향을 반영한 것인지는 좀 더 확인할 필요가 있다.

레이저 이외에 LED 또한 많이 사용된 것으로 확인되었다. LED는 빛을 내는 다이오드(light emitting diode)를 말하며, 에너지의 대부분을 빛에너지를 활용할 수 있어서 효율이 높고 최근에 의료기기에도 다양하게 활용되고 있다. LLLT의 치료기전과 깊은 관련이 있는 생체자극효과(biostimulation effect)는 가시광선에서 근적외선 영역에 속하는 광선이 지니고 있는 속성으로 레이저 광선 이외에도 LED 역시 치료 효과가 있다. 그러나 결맞음이나 단일파장의 장점이 있는 레이저에 비해서 LED는 투과력이 낮고, 빛 에너지가 쉽게 분산되는 단점이 있다. 그렇지만, 열린 상처(open wound)의 경우에는 빛에너지의 barrier로 작용하는 피부가 없기 때문에, LED의 단점이 보완될 수 있다.

한편 Rinaldi²⁵⁾의 연구에서 사용한 CO2와 KTP 레이저는 외과용 레이저에 해당한다. 여기서 CO2 레이저는 피사 조직을 제거하기 위해 궤양 변연부에 초점

을 맞춰(focusing mode) 조사하는 방법과 생체자극 효과를 위해 초점을 맞추지 않고(defocusing mode) 환부에 조사하는 두 가지 방법을 병용하였다. 당뇨병성 족부궤양에 피사 조직을 제거하는 것이 필요한데²⁷⁾, 2가지 조사 방법을 병행하여 높은 출력의 레이저를 조직의 제거뿐만 아니라 생체자극효과를 도모하는데도 적용시켰다는 점에서 고려해볼만한 가치가 있다고 사료된다. 또한 CO2 레이저와 KTP 레이저는 일반적으로 외과용 레이저로 사용되지만, 생체자극효과도 가지고 있는 것으로 알려져 있다²⁶⁾.

세계레이저의학회(World Association of Laser Therapy; WALT)에서는 레이저 치료에 대한 임상연구를 설계할 때, 지켜야할 권고사항에 대하여 발표한 바 있다. 그 내용으로는 레이저 기기의 사용 절차(단자와 피부의 접촉여부, 단자와 피부의 떨어진 거리), 파장(nm), 평균 출력(mW), 치료 시간, 에너지밀도(J/cm²)를 의무적으로 적어야 하고, 조사 범위(cm), 출력 밀도(W/cm²), 총 조사용량을 기록하도록 권고하고 있다²⁸⁾. 그러나 실제 진행된 임상연구들에서는 이러한 권고사항이 지켜지지 않은 경우가 많이 있었다. 문헌 선별과정에서 제외된 임상연구 중에는 매질이 나와 있지 않은 연구²⁹⁾나 에너지밀도 기록되지 않은 연구³⁰⁾도 있었으며, 심지어 레이저치료를 시행하였다는 점 이외에는 어떤 언급도 없는 연구^{31,32)}도 있었다. 임상연구가 모두 그러하듯이 레이저 역시 그 파장이나 출력 그리고 조사방법 등에 따라 결과가 다양하게 나타날 수 있기 때문에 레이저기기의 사용법에 대해 보다 자세한 기술이 필요할 것이다.

Park¹⁶⁾의 연구에서는 동일한 환자의 한쪽 궤양을 시험군으로, 반대편의 궤양을 대조군으로 설정한 시험설계를 활용하였다. 그러나 생체자극 효과는 몸의 일부에만 레이저나 LED를 시술하더라도 시술받지 않은 다른 부분에까지 치료 효과를 보이는 전신적 효과(systemic effect)가 있다. 따라서 몸의 한쪽을 시험군으로 삼고 반대편을 대조군으로 설정한 연구 설계는 지양할 필요가 있다²⁶⁾.

당뇨병성 궤양에서 활용되는 레이저 및 LED의 종류 및 특성을 살펴보고자 문헌검색을 진행한 결과 이상과 같은 결과를 얻었다. 당뇨병성 궤양에서는 HeNe, InGaAlP, GaAs, GaAlAs 레이저가 주로 활용되고 있으며, 외과용 레이저에 속하지만, 생체자극 효과를 가지고 있는 CO2 레이저나 KTP 레이저 또한 focusing 및 defocusing mode로 활용되고 있었다.

당뇨병성 궤양은 치료가 잘 되지 않으며 하지에 흔히 생기기 때문에, 외과적 수술을 통한 하지절단을 하게 되는 경우가 흔하다. 아울러 치료수단이 마땅하지 않기 때문에 이에 대한 적극적인 치료가 필요하다. 레이저 및 LED를 활용한 당뇨병성 궤양의 치료는 환자의 삶의 질을 높여줄 수 있고, 시술 방법이 간단하며 비용이 낮은 편으로 한의학 임상에서 좋은 치료 수단이 될 수 있다. 향후 지속적인 연구와 임상시험을 통해 당뇨병성 궤양에 대한 레이저 치료의 근거 수준을 높이고, 최적의 조건을 확립하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 감사의 말씀

본 연구는 한국보건산업진흥원을 통해 보건복지부 「양·한방 융합기반 기술개발사업」의 재정 지원을 받아 수행된 연구임(과제고유번호: HI16C0322).

References

1. National Health Insurance Service. 2014 Statistical Yearbook on the Usage of Medical Services by Region [cited 2015 Oct 3] Available from: URL: http://www.mohw.go.kr/front_new/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&page=8&CONT_SEQ=326989.
2. Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA. Preventing Foot Ulcers in Patients With Diabetes. *JAMA*. 2005;293(2):217-28.
3. Litscher G, Shikora D. *Laserneedle-Acupuncture Science and Practice*. Seoul: Medical Korea. 2007:160.
4. Hwang EH, Yang CS, Jang IS. The Spectrum of Laser Instruments for Laser Acupuncture Application. *The Acupuncture*. 2009;26(1):49-57.
5. Lee DJ, Kim CY, Kwon K, Seo HS. Case Study on Treating Acne Scar Using Hani-maehwa Laser. *J Korean Med Ophthalmol Otolaryngol Dermatol*. 2016;29(2):106-11.
6. Carvalho AF, Feitosa MC, Coelho NP, Rebêlo VC, Castro JG, Sousa PR, et al. Low-level laser therapy and *Calendula officinalis* in repairing diabetic foot ulcers. *Rev Esc Enferm USP*. 2016;50(4):626-34.
7. Sanati MH, Torkaman G, Hedayati M, Alamdari MI. Effect of Ga-As Laser on Decrease of Wound Surface Area and ABI Value In Diabetic Foot Ulcers. *J Zanjan Univ Med Sci Health Serv*. 2016;24(103):20-31.
8. Feitosa MC, Carvalho AF, Feitosa VC, Coelho IM, Oliveira RA, Arisawa EÂ. Effects of the Low-Level Laser Therapy (LLLT) in the process of healing diabetic foot ulcers. *Acta Cir Bras*. 2015;30(12):852-7.
9. Nteleki B, Abrahamse H, Houreld NN. Conventional podiatric intervention and phototherapy in the treatment of diabetic ulcers. *Semin Vasc Surg*. 2015;28(3-4):172-83.
10. Abd El-Kader SM, Ashmawy EM. Impact of Different Therapeutic Modalities on Healing of Diabetic Foot Ulcers. *Eur J Gen Med*.

- 2015;12(4):319-25.
11. Kajagar BM, Godhi AS, Pandit A, Khatri S. Efficacy of Low Level Laser Therapy on Wound Healing in Patients with Chronic Diabetic Foot Ulcers-A Randomised Control Trial. *Indian J Surg.* 2012;74(5):359-63.
 12. Sun XH, Bian YJ, Bian XP. A Case Report of Abdominal Diabetic Chronic Ulcer Treated with Semiconductor Laser. *Chin J Laser Med Surg.* 2012;21(2):130-1.
 13. Kaviani A, Djavid GE, Ataie-Fashtami L, Fateh M, Ghodsi M, Salami M, et al. A Randomized Clinical Trial on the Effect of Low-Level Laser Therapy on Chronic Diabetic Foot Wound Healing: A Preliminary Report. *Photomed Laser Surg.* 2011;29(2):109-16.
 14. Minatel DG, Frade MA, França SC, Enwemeka CS. Phototherapy Promotes Healing of Chronic Diabetic Leg Ulcers That Failed to Respond to Other Therapies. *Lasers Surg Med.* 2009;41(6):433-41.
 15. Minatel DG, Enwemeka CS, Franca SC, Frade MA. Phototherapy (LEDs 660/890nm) in the treatment of leg ulcers in diabetic patients: case study. *An Bras Dermatol.* 2009;84(3):279-83.
 16. Park HW. Efficiency of a Low Level Laser to the Wound in the Foot of a Diabetic Patient: Case Report. *J Korean Photodyn Assoc.* 2007;4(1):40-2.
 17. Kazemi-Khoo N. Successful treatment of diabetic foot ulcers with low-level laser therapy. *The Foot.* 2006;16(4):184-7.
 18. Schindl A, Heinze G, Schindl M, Pernerstorfer-Schön H, Schindl L. Systemic Effects of Low-Intensity Laser Irradiation on Skin Microcirculation in Patients with Diabetic Microangiopathy. *Microvasc Res.* 2002;64(2):240-6.
 19. Landau Z, Schattner A. Topical Hyperbaric Oxygen and Low Energy Laser Therapy for Chronic Diabetic Foot Ulcers Resistant to Conventional Treatment. *Yale J Biol Med.* 2001;74(2):95-100.
 20. Schindl M, Kersch K, Schindl A, Schön H, Heinzl H, Schindl L. Induction of complete wound healing in recalcitrant ulcers by low intensity laser irradiation depends on ulcer cause and size. *Photodermatol Photoimmunol Photomed.* 1999;15(1):18-21.
 21. Schindl A, Schindl M, Pernerstorfer-Schön H, Kersch K, Knobler R, Schindl L. Diabetic Neuropathic Foot Ulcer: Successful Treatment by Low-Intensity Laser Therapy. *Dermatology.* 1999;198(3):314-6.
 22. Schindl A, Schindl M, Schön H, Knobler R, Havelec L, Schindl L. Low-Intensity Laser Irradiation Improves Skin Circulation in Patients With Diabetic Microangiopathy. *Diabetes Care.* 1988;21(4):580-4.
 23. Landau Z. Topical hyperbaric oxygen and low energy laser for the treatment of diabetic foot ulcers. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1998;117(3):156-8.
 24. Lagan KM, Maxter GD, Ashford RL. Combined phototherapy low intensity laser therapy in the management of diabetic ischaemic and neuropathic ulceration: A single case series investigation. *Laser Ther.* 1998;10:103-10.
 25. Rinaldi F, Alberetto M, Pontiroli A. The diabetic foot. General considerations and

- proposal of a new therapeutic and preventive approach. *Diabetes Res Clin Pract.* 1993;21(1):43-9.
26. Tuner J, Hode L. *Laser Therapy Clinical Practice and Scientific Background*. Jang IS Trans. Seoul:Jeongdam, 2011:29-35, 41-2, 45-8, 75-7.
 27. Seo DK, Lee HS. Management of Diabetic Foot Ulcer. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2014;18(1):1-7.
 28. World Association of Laser Therapy. Consensus agreement on the design and conduct of clinical studies with low-level laser therapy and light therapy for musculoskeletal pain and disorders. *Photomed Laser Surg.* 2006;24(6):761-2.
 29. Zhang LJ. Case Series of He-Ne Laser Therapy with Surgery in Diabetic Foot Ulcer. *Chin Community Doctors.* 2012;14:92.
 30. Monami M, Genovese S, Anichini R, Fondelli C, Romagnoli F, Bartoli N, et al. Randomised, double-blind versus placebo, proof of concept clinical trial to evaluate efficacy and safety of g.68,y/etoh in diabetic infected foot ulcers (DANTE study). *Diabetologia.* 2012;55(Suppl1): S476.
 31. Cao JH, Yang XJ, Gao YL, Liu JL, Wei FY, Zhang YH. Clinical study of Laser Therapy with Ointment in Diabetic Foot Ulcer. *Chin Rural Health.* 2015;6(12):31.
 32. Santomauro AC Jr., Tardivo JP, Mascarenas BM, Ramiro RE, Santomauro AT, Correa JA, et al. A New Proposal for the Treatment of Patients with Diabetic Foot Photodynamic Therapy. *Diabetes.* 2015;64(Suppl1):A185-6.