

TINJAUAN PUSTAKA**EFEKTIVITAS LOW-LEVEL LASER THERAPY DALAM PENYEMBUHAN LUKA SUPERFISIAL PADA PASIEN DEWASA DI ATAS USIA 18 TAHUN**Claudia Felicia Limanda¹**ABSTRAK**

Pendahuluan: Luka superfisial merupakan masalah kulit yang umumnya dianggap sebagai masalah sepele. Seringkali luka superfisial diberikan perhatian minimal karena tidak mengancam jiwa. Namun, ketika tidak diberikan perawatan optimal, luka superfisial dan kesehatan mental dapat menciptakan lingkaran setan yang mengancam kesehatan fisik dan mental. Oleh karena itu, regenerasi dan perbaikan kulit untuk mengoptimalkan penyembuhan adalah topik yang penting untuk didalami.

Pembahasan: *Low-Level Laser Therapy* (LLLT) telah dianggap sebagai salah satu cara paling efektif dalam perawatan luka superfisial. Artikel ulasan ini menguraikan kesamaan antara pengobatan LLLT serta perbaikan epidermis alami, mekanisme aksi LLLT, serta jenis dan dosis LLLT yang aman digunakan sesuai dengan masing-masing jenis laser. Pencarian didasarkan pada studi literatur terbaru yang telah dipublikasikan sebelumnya.

Simpulan: LLLT didefinisikan sebagai pengobatan yang efektif karena pemberian efek lokal tanpa kerusakan pada organ lain. Efektivitas ini terutama disebabkan oleh sifat-sifatnya, yaitu monokromatis, koherensi, dan polarisasi yang akan merangsang proliferasi jaringan sel punca. Selain itu, efektivitas LLLT tergantung pada kedua faktor laser dan sifat jaringan yang diaplikasikan dosis kecil secara teratur akan menghasilkan pengobatan yang lebih optimal daripada jarang digunakan dalam dosis yang lebih besar. Jenis LLLT yang aman dan banyak digunakan adalah Er:YAG, 46-Diode Cluster Probe, HeNe, dan GaAlAs.

Kata kunci: *Low-level Laser therapy*, luka superfisial, perbaikan epidermis

ABSTRACT

Introduction: *Superficial wound is considered a trivial skin issue that is given minimal attention due to not being life threatening. However, when not given optimal care, superficial wound and mental health can create a vicious circle that may threaten physical and mental health. Therefore, skin regeneration and repair in order to optimize recuperation is a necessary topic to explore.*

Discussion: *Low-Level Laser Therapy (LLLT) has been considered one of the most effective ways in superficial wound treatment. Nevertheless, many practitioners are still unaware of its proper use that can potentially cause harm to patients. This review article outlines similarities between LLLT treatment and natural epidermal repair, LLLT mechanisms of action, and safe types and doses of LLLT used according to each type. Search is based on the latest literature studies that have been published previously.*

Conclusion: *LLLT is defined as an effective treatment due to its provision of local effect with no damage to other organs. Its effectiveness is due to its properties, namely monochromaticity, coherence, and polarization which stimulate proliferation of stem cell tissue. In addition, LLLT effectiveness depends on both laser factors and tissue properties which application of small doses on a regular basis will result to a more optimal treatment than infrequent use in larger doses. Safe and widely used LLLT types are Er:YAG, 46-Diode Cluster Probe, HeNe, and GaAlAs.*

Keywords: *Epidermal repair, low-level laser therapy, superficial wound*

PENDAHULUAN

Kesadaran masyarakat tentang masalah kulit secara umum telah berkembang pesat selama bertahun-tahun. Namun, saat ini penanganan luka superfisial belum dianggap sebagai masalah serius. Luka superfisial dipercayai dapat sembuh seiring waktu dan semata-mata hanya memberikan konsekuensi secara kosmetik. Berdasarkan studi sebelumnya, penyembuhan luka superfisial sangat penting karena mempunyai konsekuensi psikologis. Konsekuensi tersebut

mencakup munculnya ansietas dan persepsi citra tubuh yang buruk. Emosi negatif ini dapat menghambat proses penyembuhan luka. Oleh karena itu, penyembuhan luka superfisial penting, tidak hanya untuk tatalaksana luka fisik, tetapi juga mengatasi konsekuensi psikologis yang timbul.^[1]

Cara alami penyembuhan luka terbagi menjadi dua jenis yaitu regenerasi dan perbaikan. Regenerasi terutama terjadi pada bayi dan anak-anak berupa substitusi jaringan tanpa pembentukan fibrosis. Sebaliknya, perbaikan kulit lebih sering terjadi pada orang

¹Fakultas
Kedokteran,
Universitas
Udayana

dewasa berupa pembentukan bekas luka dengan jaringan parut sehingga penanganan luka superfisial penting pada orang dewasa. [2]

Pada lapisan basal kulit, terdapat keratinosit yang diproduksi oleh *Epidermal Proliferating Unit* (EPU) sebagai komponen yang bertanggung jawab dalam proses penyembuhan luka. EPU dapat dibedakan menjadi sel epidermis dan sel folikel. Sementara sel folikel bertanggung jawab pada tahap penyembuhan luka awal, dan akan digantikan oleh sel epidermis pada tahap penyembuhan selanjutnya digantikan oleh sel epidermis pada tahap penyembuhan selanjutnya. Sel folikel tidak dapat melakukan regenerasi terus-menerus dan harus menjalani beberapa siklus sebelum memulai siklus pertumbuhan baru. Namun, sama seperti keratinosit epidermis, keratinosit folikel terus-menerus bekerja untuk meregenerasi progenitor epidermis. [3]

Sel epidermis memiliki kesamaan dengan sel *Transient Amplifying* (TA) karena dapat memperbarui diri dan berkembang biak secara terbatas. Namun, menurut hasil studi, sel-sel epidermis dapat beregenerasi seumur hidup, sementara sel-sel TA harus digantikan secara berkala. Oleh karena itu, sel epidermis dianggap sebagai komponen yang lebih baik dalam penyembuhan luka. [3]

Salah satu perawatan luka superfisial yang paling efektif adalah laser. Sebagai contoh, saat membandingkan efektivitas laser *Erbium: Yttrium-Aluminium-Garnet* (Er:YAG) dan *Suction Blister* (SB), ditemukan bahwa luka yang lebih dangkal dan kedalaman yang lebih seragam dapat dicapai dengan penggunaan Er:YAG. Mekanismenya mirip dengan sel epidermis dan folikel dalam mencapai ablasi epidermis standar yang cepat. [4] Namun, berbeda dengan Er: YAG, terdapat jenis laser lain yang dapat menyebabkan jaringan parut permanen dan pigmentasi sehingga penting bagi praktisi untuk mempertimbangkan faktor lainnya. Diameter sinar laser, ukuran titik, dan kedalaman target penting untuk dipertimbangkan sebelum memilih jenis laser yang cocok. [5] Saat ini, peraturan tentang penggunaan laser untuk perawatan kulit masih dalam perdebatan. Oleh sebab itu, diperlukan pemahaman yang lebih mendalam sehingga dapat memberikan hasil terbaik dan efek samping seminimal mungkin kepada pasien. [6,7]

PEMBAHASAN

Perbaikan Epidermis

Kulit adalah salah satu organ yang paling mudah rusak, sehingga perbaikan epidermis merupakan aspek penting dalam perbaikan kulit. [8] Empat tahap perbaikan epidermis

meliputi hemostasis, inflamasi, proliferasi, dan *remodeling* secara berurutan. [9]

Hemostasis adalah proses pertama penyembuhan luka yang terjadi segera setelah cedera dan didahului oleh vasokonstriksi. [10] Pada tahap ini, terjadi distribusi trombosit ke lokasi cedera dan aktivasi jalur koagulasi. Pengaruh Adenosin Difosfat (ADP) mengaktifkan trombosit karena paparan kolagen tipe I akan melepaskan komponen pendukung agregasi, seperti faktor pertumbuhan, AMP siklik, dan glikoprotein perekat. [11,12] Komponen-komponen ini akan melepaskan faktor pembekuan untuk meningkatkan deposisi bekuan fibrin. [9] Selain itu, trombin yang dikeluarkan dari trombosit akan merangsang faktor pembekuan intrinsik. [11,12] Setelah pembentukan gumpalan terjadi, matriks yang terbentuk dari fibrin dan protein serum akan menghentikan aliran darah. [10]

Proses inflamasi akan dimulai setelah pembentukan gumpalan darah, biasanya 24 jam hingga 4 hari setelah cedera awal. [10] Karakteristik yang terlihat dari proses ini adalah *rubor* (kemerahan), *calor* (panas), *tumor* (pembengkakan), dan *dolour* (nyeri). Komponen utama proses inflamasi adalah neutrofil, makrofag, dan limfosit-T. [9] Neutrofil sebagai debridemen jaringan dan komponen antibakteri akan bermigrasi ke tempat infeksi dengan masuk ke ruang kecil antara sel-sel endotel dan/atau bukaan kapiler yang pecah. Setelah proses ini selesai, neutrofil mati akan bergerak ke atas dan menjadi bagian dari bekas luka. Pada kasus infeksi yang berlebihan, abses neutrofil di lapisan atas epidermis sangat terlihat. [10]

Makrofag yang berasal dari sirkulasi monosit akan bermigrasi ke lokasi luka dan melanjutkan proses inflamasi dengan mendukung proliferasi sel dan sintesis protein oleh sitokin serta memproduksi faktor pertumbuhan. [10] Sitokin dan faktor pertumbuhan akan berikatan dengan reseptor pada sel target dan merangsang produksi zat yang diperlukan dalam pembentukan matriks ekstraseluler. [11,12] Pada tahap inflamasi akhir, fase pertama *Remodeling* luka akan diselesaikan oleh limfosit-T. [10]

Proliferasi jaringan yang terjadi setelah peradangan dimulai 4 hari setelah luka awal dan dapat bertahan hingga 21 hari. [10,11,12] Proliferasi adalah proses ketika matriks fibrin yang terluka digantikan oleh matriks serat kolagen baru. [9] Dalam proses ini, fibroblas, sel endotel, dan makrofag bekerja sama dalam memperkuat integritas jaringan dengan membentuk *Extracellular Matrix* (ECM) permanen. [10] Fibroblas akan berperan sebagai *framer* yang berfungsi untuk mengeluarkan kolagen. Selain itu, proses angiogenesis akan terjadi sehingga lapisan kapiler yang mengandung pasokan nutrisi

dapat terbentuk dan pertumbuhan ECM akan dipertahankan. [11,12] Integrin sebagai reseptor yang terletak di epidermis akan mengenali ECM yang baru terbentuk. Jaringan sekitarnya akan membentuk jaringan granulasi yang dapat mengembalikan kondisi kulit. Jaringan granulasi terbentuk dari struktur dermal dan hipodermal yang mendasari struktur non-persarafan. [10]

Remodeling sebagai fase terakhir penyembuhan luka difasilitasi oleh keratinosit basal yang bermigrasi langsung di bawah bekuan darah. [8] Keratinosit memfasilitasi migrasi sel untuk menutup jaringan granulasi dan memastikan perlindungan dari infeksi dan kehilangan cairan. Selain itu, faktor pertumbuhan epidermis dan dermis akan mendukung regenerasi epitel dan perbaikan stratum korneum. [10] Berdasarkan proses ini, dapat disimpulkan bahwa epidermis mampu beregenerasi pada lokasi luka. Namun, ia tidak dapat membentuk rambut atau kelenjar baru. Kolagen di daerah ini juga menghasilkan jaringan parut yang ditandai dengan disorganisasi serat kolagen dan elastin, perbedaan kepadatan kapiler, dan perubahan pigmentasi epidermis. [8,10]

Sebelumnya telah dikembangkan beberapa terapi konvensional yang mendukung penyembuhan luka superfisial seperti penggunaan salep penyamar luka dan mikrodermabrasi. Namun, modalitas-modalitas tersebut memiliki beberapa kekurangan. Sebagai contoh, beberapa salep penyamar luka dapat menyebabkan iritasi, rasa terbakar, alergi, hipopigmentasi, dan depigmentasi saat diaplikasikan pada sebagian orang. [13] Di sisi lain, mikrodermabrasi dapat menyebabkan pembengkakan, kemerahan, kebiruan, peningkatan sensitivitas, serta rasa terbakar atau kesemutan pada daerah aplikasi. [14]

Low-level Laser Therapy (LLLT) dalam Penyembuhan Luka: Keuntungan dan Faktor Penentu Efektivitas

Sebelum *Low-level Laser Therapy* (LLLT) ditemukan, pemberian obat dianggap sebagai metode utama penyembuhan luka. Namun, obat-obatan oral mempunyai efek samping sistemik dan lokal ke organ lain. Dengan menggunakan LLLT, efek samping dapat dikurangi. Dalam perawatan luka, LLLT direkomendasikan karena karakteristiknya yang unik, seperti monokromatis, koherensi, dan polarisasi. Monokromatis menonaktifkan fungsi sel sementara sehingga menginduksi bahan kimia beracun. Proses ini akan menghasilkan penyerapan cahaya oleh kromofor jaringan dan transmisi panas ke daerah yang lebih dingin. Monokromatis merupakan aspek penting untuk menghindari denaturasi sel dan nekrosis yang disebabkan oleh akumulasi panas di satu area. [15]

Selain itu, LLLT mampu mempercepat perbaikan jaringan melalui bio-stimulasi karena panas tidak diserap langsung oleh biomolekul sehingga penyinaran dengan laser menjadi lebih aman daripada metode lain. [16] Dalam proses ini, membran sel sebagai penyerap utama akan menghasilkan respon melalui pembawa pesan kedua dan memicu perubahan proses metabolisme sel melalui transduksi sinyal foto. [15]

Proliferasi jaringan juga paling baik dengan penggunaan LLLT karena panjang gelombang merah dan inframerah akan meningkatkan transpor elektron, ATP, oksida nitrat dan aliran darah, dan jalur pensinyalan. Selain itu, panjang gelombang ini bertanggung jawab dalam merangsang sel punca untuk menginduksi proliferasi jaringan dengan memberi sinyal fibroblas, sel endotel, dan makrofag ke area cedera. Komponen-komponen ini akan mendukung pembentukan ECM dan proliferasi jaringan. [17]

Efektivitas LLLT ditentukan oleh faktor laser dan sifat jaringan. [18] Faktor laser dibagi menjadi panjang gelombang, daya, dan dosis. Panjang gelombang LLLT akan berbeda sesuai dengan tujuan penggunaannya. LLLT harus digunakan antara panjang gelombang 640-940 nm untuk menembus tingkat superfisial, 630 nm untuk menghambat pertumbuhan bakteri, dan kurang lebih 660 nm untuk memberikan hasil yang paling efektif. [14,17] Mengenai kekuatannya, hasil LLLT paling baik digunakan pada beberapa dosis dengan daya yang lebih kecil dibandingkan dengan dosis tunggal dengan daya yang lebih besar untuk merangsang respons sel pada fibroblas yang terluka, meningkatkan proliferasi sel, merangsang aktivitas mitokondria, dan mempertahankan kelangsungan hidup jaringan tanpa terlalu banyak penumpukan panas berlebihan yang berpotensi menyebabkan lebih banyak kerusakan. [16]

Sifat jaringan yang dapat memengaruhi efektivitas laser adalah ukuran area yang terluka, tingkat aliran darah pembuluh darah, dan sensitivitas kulit terhadap pengulangan denyut nadi. Penumpukan termal yang lebih cepat pada kulit sensitif dapat meningkatkan keparahan kerusakan kulit. [18]

Low-level Laser Therapy (LLLT): Mekanisme Aksi

Menurut sebuah penelitian, LLLT dianggap sebagai cara paling efektif untuk mengobati luka superfisial pada luka akut dan kronis. [16] Namun, efektivitas ini tidak hanya bergantung pada mekanisme laser itu sendiri, tetapi juga sifat luka, termasuk ukuran dan kedalaman luka, jenis cedera jaringan, warna kulit, edema jaringan perifer, dan ada/tidaknya jaringan granulasi. [15,20]

Cahaya LLLT memiliki beberapa karakteristik unik yang membuat LLLT menjadi

non-invasif dan aman untuk perawatan kulit, seperti monokromatis, koheren, dan kolimasi.^[19] Secara umum, sinar laser terbentuk dari tiga bagian utama, seperti media laser aktif (media penguatan), sumber energi eksternal, dan rongga optik resonansi. Media laser aktif adalah konstituen penting dari sinar laser dalam bentuk padat, cair, atau gas yang dapat mendukung emisi foton sebagai sumber energi eksternal yang mendukung pelepasan dan produksi energi. Rongga optik resonansi bertanggung jawab dalam mengembalikan foton kembali ke sistem untuk menghasilkan emisi yang lebih terstimulasi.^[16]

Kapasitas sinar laser ditentukan oleh panjang gelombang karena lebih banyak daya penetrasi dihasilkan dari sinar yang lebih pendek. Dalam perawatan luka superfisial, 630-905 nm adalah panjang gelombang optimal yang direkomendasikan.^[16] Selain itu, laser yang digunakan sebagai aplikator perawatan memberikan panas dalam jumlah kecil tanpa menghasilkan cacat termal. Menurut efek biologisnya, laser sinar pendek dapat dikategorikan ke dalam tiga kategori reaksi, seperti reaksi primer, sekunder, dan tersier.^[19]

Reaksi primer menyoroti interaksi antara foton dan fotoreseptor yang menginduksi efek biologis jaringan dengan penyerapan energy.^[19] Dua hipotesis diajukan untuk menjelaskan reaksi ini. Menurut hipotesis pertama, penyerapan energi terjadi karena perpindahan elektron dari satu orbit ke orbit lainnya sebagai akibat dari elektron bermuatan negatif yang berputar di sekitar inti bermuatan positif.^[16]

Penyerapan energi juga dapat dipengaruhi oleh kromofor, seperti hemoglobin dan melanin. Setelah foton yang terletak di dalam mitokondria diserap oleh kromofor, foton akan diubah menjadi energi kimia dengan bantuan sitokrom C oksidase. Foton kemudian akan keluar dan transfer elektron akan terjadi. Hal ini akan mengubah permeabilitas membran dan meningkatkan sinyal untuk mendukung metabolisme oksidatif yang akan menciptakan lebih banyak Adenosin Trifosfat (ATP). ATP adalah komponen penting dari penyembuhan luka. Namun, menurut teori kedua, energi yang keluar akan diubah secara lokal atau sementara menjadi panas, sehingga menyebabkan pemanasan fotoreseptor.^[19]

Reaksi sekunder kurang dapat diprediksi dibandingkan dengan reaksi primer karena ketergantungannya. Penyerapan foton, sensitivitas sel, dan perubahan fisiologis merupakan beberapa contohnya. Salah satu contoh yang paling menonjol termasuk pelepasan kalsium mitokondria. Tingkat kalsium intraseluler meningkat sebagai konsekuensi dari pelepasan kalsium ke dalam sitoplasma. Peningkatan kadar kalsium akan merangsang metabolisme sel dan mengaktifkan jalur sinyal yang signifikan dalam perbaikan luka.^[19]

Reaksi tersier bertanggung jawab dalam mengobati luka itu sendiri juga lesi lain di sekitarnya. Reaksi ini terdiri dari lingkungan internal dan eksternal tubuh, membuatnya lebih kompleks daripada reaksi primer dan sekunder.^[19] Ringkasan jenis, dosis, dan mekanisme aksi LLLT tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Efek *Low-Level Laser Therapy* pada Luka Superfisial

Referensi	Jenis Artikel	Tipe LLLT	Dosis Optimal	Mekanisme
				Aksi
Ferraq, et al. ^[4]	Artikel penelitian	<i>Erbium:Yttrium</i>	Tidak	Ablasi
		<i>-Aluminium-</i>	Dijelaskan	epidermal
		<i>Garnet</i>		standar cepat mirip dengan regenerasi dan perbaikan epidermis.
Hopkins, et al. ^[20]	Artikel penelitian	<i>46-Diode</i> <i>Cluster Probe</i>	8 J/cm ²	Peningkatan kontraksi luka, efek

				penyembuhan tidak langsung pada jaringan di sekitarnya.
Posten, et al. ^[21]	Tinjauan pustaka	<i>Helium neon</i> (HeNe)	Tidak Dijelaskan	Perbaikan luka bedah pada model hewan pengerat.
Valdinaldo, et al. ^[22]	Artikel penelitian	<i>Gallium-aluminium-arsenide</i> (GaAlAss)	3 J/cm ²	Akselerasi proses biologis, regulasi peradangan.
Fabiana, et al. ^[23]	Tinjauan pustaka	<i>Helium neon</i> (HeNe)	4 J/cm ²	Peningkatan produksi kolagen tipe III.
Hawkins, et al. ^[24]	Artikel penelitian	<i>Helium neon</i> (HeNe)	5 J/cm ²	Stimulasi proliferasi sel, normalisasi fungsi sel.
Pereira, et al. ^[25]	Artikel penelitian	<i>Gallium-aluminium-arsenide</i> (GaAlAss)	3 J/cm ²	Stimulasi proliferasi fibroblas.
Pourzarandian, et al. ^[26]	Artikel penelitian	<i>Erbium:Yttrium-Aluminium-Garnet</i>	3.37 J/cm ²	Stimulasi cepat pertumbuhan sel.

Menurut mekanisme aksi yang sudah disimpulkan dalam tabel, jika dibandingkan dengan modalitas-modalitas yang telah dikembangkan sebelumnya, LLLT lebih unggul dalam stimulasi penyembuhan, pengurangan peradangan, pengurangan kematian sel, serta peremajaan kulit.^[27]

SIMPULAN

Low-level Laser Therapy (LLLT) adalah solusi alternatif dalam perawatan luka superfisial di samping pemberian secara oral. Perawatan ini terbukti efektif karena karakteristiknya yang unik yaitu monokromatis, koherensi, dan polarisasi. LLLT juga bekerja paling baik ketika panas dikirim secara berkala dalam jumlah kecil.

Dalam membentuk sinar laser, diperlukan tiga bagian penting seperti media laser aktif, sumber energi eksternal, dan rongga optik resonansi dalam memberikan dukungan untuk produksi dan pengembalian energi. Er: YAG,

46-Diode Cluster Probe, HeNe, dan GaAlAs adalah laser umum dalam perawatan luka superfisial. Namun dosis optimal bervariasi untuk masing-masing jenis laser.

DAFTAR PUSTAKA

1. Robinson H, Norton S, Jarrett P, Broadbent E. The Effects of Psychological Interventions On Wound Healing: A Systematic Review Of Randomized Trials. *Br J Health Psychol* 2017; 22(4):805–35. doi: 10.1111/bjhp.12257.
2. Eming SA, Martin P, Tomic-Canic M. Wound Repair And Regeneration: Mechanisms, Signaling, And Translation. *Sci Transl Med* 2014; 6(265). doi: 10.1126/scitranslmed.3009337.
3. Dekoninck S, Blanpain C. Stem Cell Dynamics, Migration and Plasticity during Wound Healing. *Nat Cell Biol* 2019; 21(1):18–24. doi: 10.1038/s41556-018-0237-6.
4. Ferraq Y, Black DR, Theunis J, Mordon S. Superficial Wounding Model For Epidermal Barrier Repair Studies: Comparison Of Erbium:YAG Laser And The Suction Blister Method. *Lasers Surg Med* 2012; 44(7):525–32. doi: 10.1002/lsm.22054.
5. Ross EV, Childs J. Role of Beam Spot Size in Heating Targets at Depth. *Journal of drugs in dermatology* 2015; 14(12):1437–1442.
6. Kirman CN, Molnar JA. Plastic Surgery for Laser Hair Removal: Background, History of the Procedure, Etiology. *Medscape Website*. <https://emedicine.medscape.com/article/1271154-overview>. Updated March 23, 2023. Accessed March 27, 2023.
7. Cherney K. Laser Hair Removal Side Effects and Risks. *Healthline Web site*. <https://www.healthline.com/health/beauty-skin-care/laser-hair-removal-side-effects>. Updated June 16, 2018. Accessed March 27, 2023.
8. Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al. *Molecular Biology of the Cell*. 4th edition. New York: Garland Science; 2002. General Recombination. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26898/>
9. Wallace HA, Basehore BM, Zito PM. Wound Healing Phases. [Updated 2023 Mar 7]. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470443/>
10. Wang PH, Huang BS, Horng HC, Yeh CC, Chen YJ. Wound Healing. *J Chin Med Assoc* 2018; 81(2):94–101. doi: 10.1016/j.jcma.2017.11.002.
11. Pavletic MM. Basic Principles of Wound Management. *Atlas Small Anim Wound Manag Reconstr Surg* 2018; 33–52. <https://doi.org/10.1002/9781119267539.ch3>
12. Armstrong DJ, Myer AJ. *Basic Principles of Wound Healing. UpToDate Website*. <https://www.medilib.ir/uptodate/show/15080>. Updated May 19, 2022. Accessed March 27, 2023.
13. Stan D, Tanase C, Avram M, Apetrei R, Mincu NB, Mateescu AL, Stan D. Wound Healing Applications Of Creams And "Smart" Hydrogels. *Exp Dermatol*. 2021; 30(9):1218-1232. doi: 10.1111/exd.14396.
14. Shah M, Crane JS. Microdermabrasion. [Updated 2023 Jun 28]. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535383/>
15. Rashidi S, Yadollahpour A, Mirzaiyan M. Low Level Laser Therapy for the Treatment of Chronic Wound: Clinical Considerations. *Biomed Pharmacol J* 2015; 8(2):1121–7. doi: 10.13005/bpj/866
16. Rocha AM, Vieira BJ, De Andrade LCF, Aarestrup FM. Effects Of Low-Level Laser Therapy On The Progress Of Wound Healing In Humans: The Contribution Of In Vitro And In Vivo Experimental Studies. *J Vasc Bras* 2007; 6(3):257–65. doi: 10.1590/s0100-69912014000200010.
17. Avci P, Gupta A, Sadasivam M, Vecchio D, Pam Z, Pam N, et al. Low-Level Laser (Light) Therapy (LLLT) In Skin: Stimulating, Healing, Restoring. *Semin Cutan Med Surg* 2013; 32(1):41.
18. UC San Diego. Laser Safety Program: Biological Effects of Laser Radiation. UC San Diego Web site. <https://blink.ucsd.edu/safety/radiation/lasers/effects.html>. Updated October 27, 2020. Accessed March 27, 2023

19. Samaneh R, Ali Y, Mostafa J, Mahmud NA, Zohre R. Laser Therapy for Wound Healing: A Review Of Current Techniques And Mechanisms Of Action. *Biosci Biotechnol Res Asia* 2015; 12:217–23. DOI : <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1626>
20. Hopkins JT, McLoda TA, Seegmiller JG, Baxter GD. Low-Level Laser Therapy Facilitates Superficial Wound Healing In Humans: A Triple-Blind, Sham-Controlled Study. *J Athl Train* 2004; 39(3):223.
21. Posten W, Wrone DA, Dover JS, Arndt KA, Silapunt S, Alam M. Low-Level Laser Therapy for Wound Healing: Mechanism and Efficacy. *Dermatol Surg* 2005; 31(3):334–40. doi: [10.1111/j.1524-4725.2005.31086](https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2005.31086).
22. de Melo VA, dos Anjos DCS, Albuquerque Júnior R, Melo DB, Carvalho FUR. Effect of Low Level Laser On Sutured Wound Healing In Rats. *Acta Cir Bras* 2011; 26(2):129–34. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132014000100008>
23. Andrade F do S da SD, Clark RM de O, Ferreira ML. Effects of Low-Level Laser Therapy on Wound Healing. *Rev Col Bras Cir* 2014; 41(2):129–33. doi: [10.1590/s0100-69912014000200010](https://doi.org/10.1590/s0100-69912014000200010).
24. Hawkins DH, Abrahamse H. The Role of Laser Influence in Cell Viability, Proliferation, and Membrane Integrity of Wounded Human Skin Fibroblasts Following Helium-Neon Laser Irradiation. *Lasers Surg Med* 2006; 38(1):74–83. doi: [10.1002/lsm.20271](https://doi.org/10.1002/lsm.20271).
25. Pereira AN, De Paula Eduardo C, Matson E, Marques MM. Effect Of Low-Power Laser Irradiation On Cell Growth And Procollagen Synthesis Of Cultured Fibroblasts. *Lasers Surg Med* 2002; 31(4):263–7. doi: [10.1002/lsm.10107](https://doi.org/10.1002/lsm.10107).
26. Pourzarandian A, Watanabe H, Aoki A, Ichinose S, Sasaki KM, Nitta H, et al. Histological And TEM Examination Of Early Stages Of Bone Healing After Er:YAG Laser Irradiation. *Photomed Laser Surg* 2004; 22(4):342–50. <https://doi.org/10.1089/pho.2004.22.342>
27. Avci P, Gupta A, Sadasivam M, Vecchio D, Pam Z, Pam N, Hamblin MR. Low-Level Laser (Light) Therapy (LLLT) In Skin: Stimulating, Healing, Restoring. *Semin Cutan Med Surg*. 2013;32(1):41-52.