

Zastosowanie niskoenergetycznych źródeł światła w terapiach odmładzania skóry

Application of low level laser therapy in skin rejuvenation therapies

WPROWADZENIE

Poznanie mechanizmów oddziaływania światła na tkankę skórną stanowi podstawę korzystania z możliwości, jakie daje nam terapia światłem niskoenergetycznym LLLT (*low level laser (light) therapy*). W zabiegach takich stosowane jest promieniowanie w zakresie widzialnym i podczerwonym. Moc stosowanych źródeł nie przekracza najczęściej 100 mW i nie ma działania ablastycznego ani nie skutkuje denaturacją białek skóry. Stosowane są zarówno diody elektroluminescencyjne LED (*light-emitting diode*), emitujące promieniowanie niekoherentne, jak i lasery emitujące światło koherentne oraz spolaryzowane. Światło czerwone i promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni aktywują procesy regeneracyjne. Postulowany mechanizm działania wiąże się z absorpcją światła przez chromofory ułożone w mitochondriach, przede wszystkim oksydazę cytochromu c CCO (*Cytochrome C Oxidase*) i dysocjacją tlenku azotu, który ma funkcję inhibitora CCO. Skutkiem tych procesów jest aktywacja szlaków metabolicznych i oddziaływanie poprzez czynniki transkrypcyjne na proliferację komórek, ich zdolności przeżycia

oraz procesy regeneracyjne. Badania wskazują na wzmożoną syntezę kolagenu, zwiększenie mobilności keratynocytów i uwalnianie czynników wzrostu jako skutku zastosowania technik LLLT [1]. Rezultatem procesów naprawczych aktywowanych poprzez LLLT są efekty odmładzające, takie jak redukcja zmarszczek i poprawa tekstury skóry [2]. Wyniki innych badań wskazują na efektywność LLLT w terapii blizn czy keloidów, terapii łuszczycy i trądziku. Poza działaniem regeneracyjnym wskazywane są inne obszary działania technik LLLT, które obejmują zaburzenia pigmentacji, a w konsekwencji bielactwo.

ROLA ŚWIATŁA

Światło jest niezbędne do życia na Ziemi w takiej formie, w jakiej je znamy. Jest konieczne dla fotosyntezy, podczas której wytwarzane są produkty roślinne, będące naszym pożywieniem; dzięki niej powstaje tlen, którym oddychamy.

Światło, nazywane inaczej promieniowaniem widzialnym, to zakres promieniowania elektromagnetycznego o długości fali od ok 400 do 780 nm, choć granice te są umowne. Promieniowanie o dłuższej

Marcin Wasylewski^{1,2}
Katarzyna Filo¹

¹ Prof. Cosmetica
ul Sierakowska 29
05-092 Łomianki
M: + 48 885 476 150
E: marcin.wasylewski@uj.edu.pl

² Małopolskie Centrum
Biotechnologii
Uniwersytetu
Jagiellońskiego
ul Gronostajowa 7A
30-387 Kraków

STRESZCZENIE

Niskoenergetyczne źródła światła znajdują coraz szersze zastosowanie w terapiach regeneracyjnych, przeciwzapalnych, niwelujących ból i przywracających prawidłowe funkcje tkanek i organów. Badania wskazują na wzmożoną syntezę kolagenu, zwiększenie mobilności keratynocytów i uwalnianie czynników wzrostu jako efektów ich zastosowania [1].

W pracy dokonano przeglądu procesów skórnych aktywowanych poprzez niskoenergetyczne źródła światła. Wskazano na efekty odmładzające, regeneracyjne i naprawcze.

Słowa kluczowe: niskoenergetyczne źródła światła, promieniowanie, lasery, problemy skórne, odmłodzenie skóry

ABSTRACT

Low-energy light sources are increasingly used in regenerative, anti-inflammatory, pain-relieving and restorative therapies. Studies indicate enhanced collagen synthesis, increased keratinocyte mobility, and growth factor release as a result of LLLT [1].

The paper presents an overview of skin processes activated by low-energy light sources. Rejuvenating, regenerative and restorative effects were described.

Key words: low-energy light sources, radiation, lasers, skin problems, skin rejuvenation

otrzymano / received

21.11.2017

poprawiono / corrected

29.12.2017

zaakceptowano / accepted

04.01.2018

długości fali nazywamy promieniowaniem podczerwonym IR (*Infrared*), a krótsze ultrafioletem UV (*Ultraviolet*). Z długością fali wiąże się energia – większa dla krótszych fal. Inną wielkością jest moc promieniowania wyrażana w watach. Promieniowanie może być monochromatyczne, składające się z fal o jednakowej długości bądź polichromatyczne. Promieniowanie może także cechować się koherencją, czyli zgodnością w fazie, oraz polaryzacją. Te wszystkie cechy mogą mieć wpływ na oddziaływanie światła z tkankami organizmu, a więc i z obserwowanym efektem terapeutycznym. Osobną kwestią jest, z jakimi strukturami oddziałuje promieniowanie w naszym organizmie. Promieniowanie UV ma nieznaną przenikliwość. Nieco dłuższą przenikliwość ma promieniowanie widzialne i IR, które zależy od długości fali i dla skóry ludzkiej mieści się w zakresie od 0,3 do 2-3 mm. Światło może być rozpraszane lub pochłaniane przez takie składniki skóry, jak hemoglobina, melanina i woda, i inne. Pochłanianie promieniowania o wysokiej mocy skutkuje wzrostem temperatury, a w rezultacie uszkodzeniem struktur tkankowych. Takie działanie, nazywane ablacynym, używane jest do usuwania różnorodnych zmian, jak i w celach regeneracyjnych, lecz zawsze wiąże się z rekonwalescencją. Działanie światłem niskoenergetycznym nie powoduje uszkodzenia tkanek, a pobudza procesy naprawcze. Powstaje pytanie, co można określić mianem promieniowania niskoenergetycznego i jak jego inne cechy mogą wpływać na rezultat takiej terapii.

ŹRÓDŁA ŚWIATŁA STOSOWANE W LLLT

Źródłami światła, cechującymi się monochromatycznością, spójnością i polaryzacją emitowanego promieniowania, są lasery. Te źródła światła zostały opracowane na początku lat 60. XX wieku, a już w 1967 r. Endre Mester, pracujący na Uniwersytecie Semmelweis w Budapeszcie, odkrył, że niskoenergetyczne promieniowanie laserowe może przyspieszać wzrost włosów i procesy leczenia ran [3]. Do tych działań stosowano lasery niskoenergetyczne, emitujące światło czerwone i białe promieniowanie podczerwone. Choć nad mechanizmem oddziaływania takiego promieniowania z tkankami wciąż trwają dyskusje, coraz bardziej ugruntowany jest pogląd, że LLLT oddziałuje na mitochondria, zwiększając wytwarzanie ATP (*Adenosine triphosphate*), modulując reaktywne formy tlenu i indukując czynniki wzrostu. Jako podstawowy chromofor pochłaniający energię promieniowania wskazuje się oksydazę cytochromu c. Jest to transbłonowe białko, uczestniczące w łańcuchu oddechowym w mitochondrium.

W zastosowaniach LLLT początkowo używano źródła laserowe: laser rubinowy o długości fali 694 nm oraz laser HeNe o długości fali 632,8 nm. Diody elektroluminescencyjne wynalezione w 1962 r. Początkowo nie znajdowały zastosowania terapeutycznego. Przełomem okazały się diody opracowane przez Narodową Agencję Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), cechujące się mniejszą szerokością spektralną. Dzięki nowym rozwiązaniom, począwszy od lat 90. XX wieku, LED znalazły zastosowanie w zabiegach

LLLT [4] i obecnie gama stosowanych źródeł światła jest szersza. Obejmuje lasery i diody LED, pracujące w zakresie czerwieni i bliskiej podczerwieni (najczęściej w zakresie 600-1000 nm). Światło w zakresie 600-700 nm penetruje płytko i jest stosowane do terapii powierzchniowej. Promieniowanie w zakresie 780-950 nm przenika na większą głębokość. Promieniowanie w zakresie 700-750 nm uważane jest za mające mniejsze działanie. Typowy czas zabiegów wynosi od kilkudziesięciu sekund do kilku minut, a zabiegi są wykonywane najczęściej 1-3 razy w tygodniu przez kilka tygodni [3]. Schemat zabiegów ma znaczenie ze względu na tempo procesów regeneracyjnych, a także w nie mniejszym stopniu ze względu na zjawisko dwufazowej dawkozależności. Taka właściwość czynnika chemicznego lub fizycznego znana była od stuleci, a Paracelsus w XVI wieku ujął to w łacińską sentencję: *Dosis facit venenum*, czyli „dawka czyni truciznę”. W przypadku aplikacji promieniowania czerwonego i podczerwonego dawka określa, czy dojdzie do bezpośredniego uszkodzenia tkanki, a regeneracja będzie procesem następczym, czy procesy regeneracyjne nie będą poprzedzone destrukcją tkanek. Zasada ta znana jest także jako reguła Arndt-Schulza, odnosząca się do intensywności bodźca. Dlatego istotne jest nie tylko określenie mocy źródła promieniowania, ale także irradiancji, wyrażanej najczęściej w mW/cm² [5].

Otwartą kwestią jest wpływ polaryzacji i koherencji promieniowania na efekt terapeutyczny. Obecnie stosowane są jako źródła promieniowania dla zastosowań LLLT, zarówno lasery cechujące się promieniowaniem spolaryzowanym i spójnym, jak i diody LED, których promieniowanie nie ma tych cech. Oba typy źródeł cechują się bardzo wysoką (lasery) lub wysoką (LED) monochromatycznością promieniowania. Ta cecha pozwala je stosować jak wyspecjalizowane i precyzyjne narzędzia. Światło emitowane przez takie źródła, jak urządzenia IPL (*Intense Pulsed Light*), nie cechuje się monochromatycznością i nie powinno być traktowane na równi ze źródłami monochromatycznymi. Osobnym tematem jest współdziałanie terapii światłem i substancji aktywnych lub chromoforów dostarczanych na powierzchnię skóry [6].

ZASTOSOWANIA LLLT

Podstawowym obserwowanym efektem terapii światłem niskoenergetycznym było przyspieszanie procesów naprawczych biegnących w tkankach. Wskazuje się na skuteczność LLLT w regeneracji uszkodzeń tkanek powierzchniowych. Wyniki takie dotyczą badań na modelowych układach komórkowych, zarówno na modelach zwierzęcych, jak i na ludziach.

Najważniejszym efektem regeneracyjnym są procesy leczenia ran i innych uszkodzeń tkanek. Jest to proces wieloetapowy, a promieniowanie niskoenergetyczne wpływa na szereg typów komórek uczestniczących w tych procesach. Obserwuje się proliferację fibroblastów, podniesione poziomy czynniki wzrostu oraz interleukin i cytokin [7], a ponadto – stymulację makrofagów, limfocytów oraz przyspieszenie syntezy składników macierzy zewnątrzkomórkowej.

Doniesienia naukowe wskazują na procesy regeneracyjne, dotyczące wzrostu włosów [8], odbudowy kości [9] oraz odbudowy ścięgien [10]. Odbudowa ścięgien wiąże się ze wzrostem syntezy kolagenu i wpływem na metaloproteinazy macierzy zewnątrzkomórkowej. Innym ważnym zastosowaniem LLLT jest leczenie tysiemia. Doniesienia o takich efektach stosowania LLLT były prezentowane w pracy Endre Mester z 1967 r. Znacząca liczba publikacji wskazuje na to, że stosowanie niskoenergetycznych źródeł światła wspomaga przejście z fazy telogenu do fazy anagenu, przedłużenie tej ostatniej oraz zwiększenie poziomu proliferacji komórek w obrębie mieszka włosowego. Wskazywany mechanizm tych procesów jest analogiczny do mechanizmu leżącego u podstaw regeneracji w obrębie rany i wiąże się z uwolnieniem NO w związku z wpływem światła na łańcuch oddechowy [8].

Lasery są stosowane w leczeniu przebarwień skóry [11]. LLLT jest stosowane zarówno w przypadku hiper-, jak i hipopigmentacji. Mechanizmy regeneracyjne, prowadzące do stymulacji komórek skóry, mogą przynieść efekty terapeutyczne w zaburzeniach pigmentacji, takich jak bielactwo. Badania wykazały skuteczność zastosowania niskoenergetycznego lasera HeNe o długości fali 632 nm. Oddziaływanie może bezpośrednio dotyczyć melanocytów lub nerwów układu współczulnego [12]. LLLT może być też stosowane dla depigmentacji. Takie przeciwstawne efekty obserwowane dla tej samej tkanki wynikać mogą z dwufazowego działania LLLT.

Innym wskazywanym zastosowaniem światła niskoenergetycznego jest działanie przeciwzapalne. W badaniach na zwierzętach wykazano efektywność działania niskoenergetycznych laserów o długości fali 660 i 684 nm względem obrzęków i przejawów stanu zapalnego przy stosowaniu dawki promieniowania wynoszącej 7,5 J/cm². Inne zakresy promieniowania mają także swoje zastosowania. Wskazuje się, że światło żółte ma wpływ na syntezę ATP i aktywność fibroblastów, a światło niebieskie ma działanie przeciwbakteryjne oraz przeciwzapalne. Promieniowanie widzialne znajduje zastosowanie w terapii trądziku. Światło niebieskie i czerwone lub ich kombinacja ma wpływ na główny patogen w tym schorzeniu – *Propionibacterium acnes*. Podstawowym mechanizmem działania jest tu pochłanianie promieniowania przez porfiryne, działające jako endogenne fotosensybilizatory wytwarzane przez patogeny.

Wskazuje się na synergiczne działanie światła w połączeniu z terapiami substancjami eksfoliującymi oraz wpływ światła na dostarczanie substancji aktywnych. Podobne działania są opisywane w zastosowaniach laserów ablacyjnych [13]. W przypadku laserów niskoenergetycznych, podobnie jak w terapiach ablacyjnych, wskazuje się na celowość stosowania terapii łączonych. Obejmują one regeneracyjne zabiegi światłem wraz z zastosowaniem chemicznych czynników złuszczących, takich jak np. kwas glikolowy i kwas askorbinowy [14, 15].

PODSUMOWANIE

Zastosowanie niskoenergetycznych źródeł światła w terapii to najczęściej uzupełnienie innych metod. Zabiegi takie są coraz szerzej dostępne, ponieważ są bezpieczne dla pacjenta. Rośnie też wiedza na temat leżących u ich podstaw mechanizmów, a dowody skuteczności LLLT są coraz liczniejsze i wiarygodne. Można uznać, że zabiegi te dają realne rezultaty w zakresie działań regeneracyjnych i stanowią ofertę dla medycyny, ale w jeszcze większym stopniu dla kosmetologii. Procesy regeneracji są oczekiwane nie tylko w leczeniu ran, lecz także w prawie tkanki skórnej, poddanej procesowi starzenia.

Omawiane zagadnienia z jednej strony opierają się na najnowszych odkryciach w zakresie nauk biomedycznych, a z drugiej dają bliską perspektywę wykorzystania tej wiedzy w praktyce z korzyścią dla naszego zdrowia i wyglądu.

LITERATURA

- Hopkins JT, McLoda TA, Seegmiller JG, David Baxter G. Low-Level Laser Therapy Facilitates Superficial Wound Healing in Humans: A Triple-Blind, Sham-Controlled Study. *J Athl Train* 2004, vol. 39(3): 223-229.
- Wunsch A, Matuschka K. A controlled trial to determine the efficacy of red and near-infrared light treatment in patient satisfaction, reduction of fine lines, wrinkles, skin roughness, and intradermal collagen density increase. *Photomedicine and laser surgery* 2014, vol. 32(2): 93-100.
- Mester E, Szende B, Tota JG. Effect of laser on hair growth of mice. *KiserlOrvostud* 1967, vol. 19: 628-631.
- Opel DR, Hagstrom E, Pace AK, Sisto K, Hirano-ALi SA, Desai S, Swan J. Light-emitting diodes: a brief review and clinical experience. *The Journal of clinical and aesthetic dermatology* 2015, vol. 8(6): 36.
- Huang YY, Chen AC, Carroll JD, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response* 2009, vol. 7(4): 358-383.
- Paasch U, Schwandt A, Seeber N, Kautz G, Grunewald S, Haedersdal M. New lasers and light sources – old and new risks? *J DtschDermatolGes.* 2017, vol. 15(5): 487-496.
- Gao X, Xing D. Molecular mechanisms of cell proliferation induced by low power laser irradiation. *Journal of Biomedical Science* 2009, vol. 16(1): 4.
- Avci P, Gupta GK, Clark J, Wikonkal N, Hamblin MR. Low-level laser (light) therapy (LLLT) for treatment of hair loss. *Lasers Surg Med.* 2014, vol. 46(2): 144-151.
- Pinheiro AL, Oliveira MG, Martins PP, Ramalho LM, de Oliveira MA, Júnior AN, Nicolau RA. Biomodulatory effects of LLLT on boneregeneration. *Laser therapy* 2000, vol. 13(1): 73-79.
- Guerra FD, Vieira CP, Almeida MS, Oliveira LP, de Aro AA, Pimentel ER. LLLT improves tendon healing through increase of MMP activity and collagen synthesis. *Lasers in medical science* 2013, vol. 28(5): 1281-1288.
- Czerwinka W. Przebarwienia skóry. Etiologia i leczenie za pomocą lasera. *Kosmetologia Estetyczna* 2015, vol. 4(2): 159-162.
- 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. *SeminCutan Med Surg.* 2013, vol. 32(1): 41-52.
- Waibel JS, Mi QS, Ozog D, Qu L, Zhou L, Rudnick A, Al-Niaimi F, Woodward J, Campos V, Mordon S. Laser-assisted delivery of vitamin C, vitamin E, and ferulic acid formula serum decreases fractional laser postoperative recovery by increased beta fibroblast growth factor expression. *Lasers Surg Med.* 2016, vol. 48(3): 238-244.
- Fournier N, Fritz K, Mordon S. Use of nonthermal blue (405- to 420-nm) and near-infrared light (850- to 900-nm) dual-wavelength system in combination with glycolic acid peels and topical vitamin C for skin photorejuvenation. *DermatolSurg.* 2006, vol. 32(9): 1140-1146.
- Efron C, Briden ME, Green BA. Enhancing cosmetic outcomes by combining superficial glycolic acid (alpha-hydroxy acid) peels with nonablative lasers, intense pulsed light, and trichloroacetic acid peels. *Cutis.* 2007, vol. 79(1): 4-8.