 © IMiD, Wydawnictwo Aluna

Jacek Podogrodzki[1], Michał Lebiedowski[2], Mieczysław Szalecki[3,4], Izabela Kępa[1], Małgorzata Syczewska[1], Sergiusz Jóźwiak[1,5]

WPŁYW NISKOENERGETYCZNEJ LASEROTERAPII NA SKÓRNY PRZEPŁYW KRWI

IMPACT OF LOW LEVEL LASER THERAPY ON SKIN BLOOD FLOW

[1]Klinika Neurologii, Epileptologii i Rehabilitacji Pediatrycznej, Instytut-Pomnik Centrum Zdrowia Dziecka, Warszawa, Polska
[2]Medikar – Przychodnia Rehabilitacyjna Warszawa, Polska
[3]Klinika Endokrynologii i Diabetologii, Instytut-Pomnik Centrum Zdrowia Dziecka, Warszawa, Polska
[4]Wydział Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce, Polska
[5]Klinika Neurologii Dziecięcej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Polska

Streszczenie

Celem pracy *była próba obiektywnej oceny wpływu niskoenergetycznej laseroteroterapii na skórny przepływ krwi, w aspekcie dwóch jego komponent – przepływowej i troficznej oraz jej efektu terapeutycznego.*

Materiał i metody: *badaniem objęto dziewiętnaścioro dzieci w wieku 3-15 lat (siedmiu chłopców i dwanaście dziewczynek) z rozpoznaniem przepukliny oponowo-rdzeniowej w odcinku lędźwiowym kręgosłupa. U dziewięciorga z nich (47,3%) stwierdzono odleżyny w obszarze występowania niedowładu. Badania skórnego przepływu krwi wykonano metodą klirensu ksenonu 133 w Zakładzie Medycyny Nuklearnej Instytutu-Pomnik Centrum Zdrowia Dziecka. Znacznikiem był radio-izotop 133 ksenonu w roztworze soli fizjologicznej o aktywności własnej 74mbq w 1 ml. Naświetlanie laserem wykonywano bezpośrednio przed aplikacją znacznika sondą prysznicową o mocy 60 mW emitującą światło czerwone(680 nm) o powierzchniowej gęstości mocy 0,5 J/cm^2.*

Wyniki: *U badanych dzieci po naświetlaniu laserowym stwierdzono istotnie zwiększony skórny przepływ krwi. Średnia wyników przed low level laser therapy (LLLT) w badanej grupie to 7,47 ml/100 g/min, po LLLT 11,08 ml/100 g/min.*

Wnioski: *1. LLLT istotnie zwiększa perfuzję skórną krwi. 2. Efekt zwiększenia perfuzji pod wpływem laseroterapii jest najsilniej wyrażony u dzieci z zaburzeniami trofiki skóry. 3. Wyniki poparte obserwacją kliniczną wskazują, że wzrost perfuzji pod wpływem LLLT odbywa się z udziałem komponenty troficznej skórnego przepływu krwi.*

Słowa kluczowe: niskoenergetyczna laseroterapia(LLLT), skórny przepływ krwi (SBF), ksenon133 (XE^{133}), przepuklina oponowo-rdzeniowa, zmiany troficzne skóry

Abstract

The aim of this study *was to objectively assess the impact of low level laser therapy on skin blood flow, in terms of two of its components - the flow and trophic and therapeutic effect.*

Material and methods: *Nineteen children aged 3-15 years have been included in the study (seven boys and twelve girls) with a diagnosis of meningomyelocele in the lumbosacral area. In nine of them (47.3%) bedsores were found in the area of paresis location. Studies of skin blood flow were performed using xenon 133 clearance in the Department of Nuclear Medicine of the Children's Memorial Health Institute. Xenon 133 radioisotope in saline with intrinsic activity 74 MBq in 1 ml was used as the marker. Laser application was performed immediately prior to the application of the marker with a tag shower 60 mW probe, emitting 680 nm red light with surface power density of 0.5 J/cm^2.*

Results: *Within the tested children the laser application resulted in a significantly increased skin blood flow. Average results in tested group before LLLT are 7.47 ml/100 g/min, after LLLT 11.08 ml/100 g/min.*
Conclusions: *1. LLLT significantly increases the perfusion of the skin. 2. The effect of the increased perfusion as the result of laserotherapy in the most evident in children with skin trophic abnormalities. 3. Results confirmed by clinical observation indicate, that perfusion increase in relation to LLLT takes place with participation of trophic component of skin blood circulation.*

Key words: low level laser therapy (LLLT), skin blood flow(SBF), ksenon133(XE133), meningomyelocele, skin changes trophic

DEV PERIOD MED. 2016;XX,1:40-46

WSTĘP

Niskoenergetyczna laseroterapia (Low Level Laser Therapy – LLLT) jest coraz powszechniej stosowana w stymulacji naczyń krwionośnych skóry [1, 2, 3]. Nieinwazyjna aplikacja LLLT, brak skutków ubocznych, istotne przyspieszenie gojenia ran, łagodzenie bólu i stanów zapalnych to niektóre z pozytywnych cech oraz następstw stosowanego naświetlania [4]. Badania własne dotyczą postępowania w przypadkach trudno gojących się ubytków skóry u dzieci powstałych w wyniku stosowania niezbędnych ortez: gorsetów, łusek i aparatów ortopedycznych. Przewlekłe ubytki o typie odleżyn, spełniające kryteria ubytków troficznych, obserwowano u dzieci z rozpoznaniem przepukliny oponowo-rdzeniowej, kierowanych do IP-CZD. Ubytki troficzne według Sejrsena należy zdefiniować jako owalne ubytki skóry pełnej grubości, pierwotnie bez odczynu zapalnego, wypełnione atoniczną ziarniną, z tendencją do penetracji w głąb tkanek niegojące się w czasie należnym, przyczynowo związane z przewlekle działającą siłą zewnętrzną i lokalnie obniżoną wartością mechaniczną skóry. Midttun twierdzi, że upośledzenie trofiki jest bezpośrednio związane z zaburzeniami krążenia krwi w jednostkach końcowych skóry, jak w pracy Sejrsena [5]. Wskazuje on na dualizm w obrębie skórnego przepływu krwi (SBF) wyróżniając, podobnie jak inni autorzy, komponentę troficzną [6, 7, 8, 9, 10] oraz przepływową [11, 12, 13, 14, 15]. Skórny przepływ krwi (SBF) w zakresie komponenty troficznej odbywa się poprzez sieć naczyń włosowatych i jest odpowiedzialny za odżywianie skóry. Natomiast komponenta przepływowa SBF stymulowana jest przez otwarcie anastomoz tętniczo-żylnych będących pod kontrolą współczulnego układu adrenergicznego. Krew płynąca tą drogą trafia z tętnic do żył z pominięciem sieci naczyń włosowatych, co może powodować wystąpienie zaburzeń troficznych skóry.

CEL PRACY

Celem pracy była próba obiektywnej weryfikacji wpływu niskoenergetycznej laseroterapii na skórny przepływ krwi w zakresie komponenty przepływowej i troficznej. Oceniano również efekt terapeutyczny użytego promieniowania u dzieci z ubytkami troficznymi skóry, które były leczone z powodu przepukliny oponowo-rdzeniowej.

MATERIAŁ

Badana grupa obejmowała 19 dzieci w wieku od 3 do 15 lat (M=8,63,SD=5,27;Me=8,0) (7 chłopców i 12 dziewcząt) leczonych z powodu niedowładu kończyn dolnych w wyniku przepukliny oponowo-rdzeniowej. Do badania kwalifikowano dzieci z przepukliną oponowo-rdzeniową w odcinku lędźwiowym kręgosłupa, zachowanym czynnym ruchem zgięcia w stawach biodrowych , zdolnością utrzymania pozycji pionowej ciała, kwalifikacją do aparatów stabilizujących i nauki chodzenia, o prawidłowym rozwoju intelektualnym. U 9 z nich (47,3%) stwierdzono ubytki troficzne skóry w obszarze występowania niedowładu, odpowiadające kryteriom według Sejrsena. Ubytki zlokalizowane były na kostce bocznej i krętarzu większym kości udowej, a ich średnica nie przekraczała 2 cm. Z danych uzyskanych z wywiadu wynika, że czas utrzymywania się ubytków wynosił nie mniej niż 3 tygodnie. Wykluczono choroby kardiologiczno-naczyniowe. Na wykonanie badań uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej IP-CZD.

METODY

Ocenę klirensu skórnego Xe133 wykonywano w Zakładzie Medycyny Nuklearnej IP-CZD. Znacznikiem był radio-izotop 133 ksenonu w roztworze soli fizjologicznej do iniekcji, o aktywności własnej 74 MBq w 1 mililitrze, produkcji CIS (Francja). Znacznik w ilości 0,1 ml podawano w miejsce odpowiadające środkowi powierzchni tylnej podudzia na wysokości górnej 1/3. Po ustabilizowaniu się krzywej ubytku radio-izotopu wykonywano rejestrację ciągłą przez czas nie krótszy niż 10 min. LLLT wykonywano głowicą prysznicową bezpośrednio przed wkłuciem z wysokości 1 cm nad powierzchnią skóry. Moc wyjściowa lasera 60 mW, pasmo robocze 680 nm, czas ekspozycji 5 minut, powierzchniowa gęstość energii 0,5 J/cm^2. Powtarzalność pomiaru SBF oznaczano spoczynkowo i po LLLT. Dla pomiaru spoczynkowego w odstępach 7-dniowych sv=5,3%, w odstępach 4-tygodniowych (wyniki odległe) sv=4,4%. PoLLLT w odstępach 7-dniowych sv=2%, (tab. I). U dzieci ze stwierdzonymi ubytkami troficznymi skóry po wykonaniu naświetlania obserwowano: stan dna odleżyny, obecność i charakter wysięku, zaczerwienienie i obrzęk brzegów rany, dynamikę ziarninowania i naskórkowania.

Tabela I. Powtarzalność pomiaru SBF w modyfikacji własnej, w wybranych warunkach.
Table I. Repeatability of SBF in own modification in selected conditions.

Opis warunków pomiaru ***Description of measurement conditions***	**Pacjent** ***Patient***	**SBF w ml na 100g tkanki na 1 minutę** ***SBF in ml per 100 g tissue at 1 minute***	**Przedział** ***Interval***	**sv**
Spoczynkowy, podudzie jednoimienne, co 4 tygodnie Quiescent, calf singularity, every 4 weeks	N.L. (NP)(PM)	2,60 2,77 2,55	2,64±0,12	4,4%
Spoczynkowy, podudzie jednoimienne, co 7 dni Quiescent, calf singularity, every 7 days	J.R. (NP)(PM)	2,69 2,95 2,70	2,78±0,15	5,3%
Po stymulacji laserowej, podudzie jednoimienne, co 7 dni After laser stimulation, calf singularity, every 7 days	J.R. (NP)(PM)	5,26 5,07 5,24	5,19±0,10	2,0%

SBF – skórny przepływ krwi/*SBF – skin blood flow*
Sv – współczynnik zmienności/*sv – coefficient of variation*
NP – niedowład kkd w przebiegu przepukliny oponowo-rdzeniowej/*PM – paresis of lower limbs in the course of meningomyelocele*

ANALIZA STATYSTYCZNA

Dla oceny normalności rozkładu stosowano test Shapiro-Wilka przy użyciu testu Greenhouse-Geisser'a, aby zachować wiarygodność przy braku sferyczności danych.

Dla oceny istotności związku płci i miejsca zamieszkania z występowaniem zaburzeń oraz równo liczebności grup z i bez zmian troficznych zastosowano test chi-kwadrat.

Dla oceny istotności różnicy średnich wieku w grupach osób ze zmianami troficznymi i bez zmian troficznych użyto testu t-Studenta. W celu sprawdzenia wzajemnego wpływu działania LLLT i obecności zmian troficznych lub ich braku na poziom SBF, zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji w schemacie mieszanym. Analiza wariancji została przeprowadzona w modelu jednozmiennowym (univariete repeated measures ANOWA).

Posługiwano się pakietem statystycznym (SPSS 17 z 2008 r.) Jako poziom istotności przyjęto p<0,05.

WYNIKI

Spoczynkowe wartości SBF mieściły się w przedziale wartości prawidłowych 1,49-16,02 ml/100 g/min (średnia M=7,47; Me=6,80); według danych z piśmiennictwa [5, 10, 14, 16, 17) [tab. II]. Nie wykazano istotnego wpływu wieku (p=0,148), płci (p=0,220) i miejsca zamieszkania (p=0,556) na zaburzenia troficzne skóry. U 19 pacjentów, czyli u wszystkich badanych po naświetlaniu laserowym stwierdzono istotnie zwiększony skórny przepływ krwi (p<0,001, p=0,001).

Wartości średnich SBF przed LLLT (M=7,47; SD=4,01; Me=6.80) i po LLLT (M=11,08; SD=5,4; Me=11,30) były istotnie różne (p<0,05, p=0,001) (niższe przed LLLT – wyższe po LLLT), (tab. III). Wartości średnich SBF dla grup z obecnymi zmianami troficznymi i bez zmian troficznych były także istotnie różne (p<0,05, p=0,001) wyższe przy zmianach troficznych (M=12,60; SD=1,1; Me=12,55), niższe bez zmian troficznych (M=6,28; SD=1,06; Me=5,35) (tab. IV).

Dodatkowo mamy także do czynienia z efektem interakcyjnym – LLLT istotnie silniej (p<0,05, p=0,001) wpływa na podniesienie poziomu SBF w grupie osób ze zmianami troficznymi – średnie SBF przed LLLT (M=9,69; SD=3,62; Me=9,30), po LLLT (M=15,51; SD=3,27; Me=16,15) – niż w grupie osób bez zmian troficznych – średnie SBF przed LLLT (M=5,47; SD=3,34; Me=4,06), po LLLT (M=7,08; SD=3,38; Me=6,23),(tab. III ryc. 1). Efekt kliniczny w postaci wygojenia ran odleżynowych pod wpływem codziennego stosowania LLLT o parametrach podanych wyżej osiągnięto w ciągu 2-3 tygodni (10-15 zabiegów) u wszystkich pacjentów.

DYSKUSJA

Istotny wzrost SBF po LLLT (p<0,05; p=0,001) w stosunku do wartości spoczynkowych w naszych badaniach, pomimo małej liczebności próby, jest jednoznacznym dowodem działania światła laserowego. Potwierdzenie powyższej tezy znajdujemy także w pracach Kozlowa [18], Kuboty [19], Taradaja [20] i Okuni [21].

Wymienieni wyżej czterej autorzy badając wpływ laseroterapii na SBF użyli metody Laser Dopler Flowmetry, która obecnie wypiera klirens Xe133, jako sposób nieinwazyjny i lepiej tolerowany przez pacjentów. Wyniki publikowane przez autorów posługujących się zarówno jedną jak i drugą metodą są porównywalne [23] i sta-

Tabela II. Wyniki SBF.
Table II. Results of SBF.

Pacjent ***Patient***	**Grupa** ***Group***	**Płeć** ***Sex***	**Wiek** ***Age***	**MW** ***CV***	**SBF przed LLLT** ***SBF before LLLT***	**SBF po LLLT** ***SBF after LLLT***	**Różnica** ***Difference***	**Obecne zmiany troficzne** ***Current trophic changes***
J.T.	NP (PM)	M(M)	15	W(V)	7,80	10,80	3,00	Nie/*No*
G.M.	NP(PM)	M(M)	13	M(C)	5.35	10,70	5,35	Tak/*Yes*
F.K.	NP(PM)	Ż(W)	4	M(C)	12,50	16,74	4,24	Tak/*Yes*
L.M.	NP(PM)	Ż(W)	8	M(C)	9,20	13,5	4,30	Tak/*Yes*
W.Ł.	NP(PM)	M(M)	13	W(V)	6,80	6,97	0,17	Nie/*No*
E.W.	NP(PM)	Ż(W)	7	W(V)	12,60	17,89	5,29	Tak/*Yes*
H.K..	NP(PM)	Ż(W)	10	M(C)	10,34	18,80	8,46	Tak/*Yes*
S.P.	NP(PM)	Ż(W)	10	M(C)	4,70	6,00	1,30	Nie/*No*
S.M.	NP(PM)	Ż(W)	6	M(C)	11,,00	11,30	0,30	Nie/*No*
S.K.	NP(PM)	Ż(W)	5	M(C)	6,65	13,96	7,31	Tak/*Yes*
W.J.	NP(PM)	M(M	9	M(C)	10,39	12,88	2,49	Nie/*No*
G.K.	NP(PM)	Ż(W)	12	W(V)	9,30	16,15	6,85	Tak/*Yes*
B.A.	NP(PM)	Ż(W)	6	W(V)	2,93	4,56	1,63	Nie/*No*
B.S.	NP(PM)	Ż(W)	4	M(C)	16,02	20,25	4,23	Tak/*Yes*
Z.A.	NP(PM)	M(M	7	M(C)	2,77	3,56	0,79	Nie/*No*
S.M.	NP(PM)	Ż(W)	15	M(C)	1,49	3,75	2,26	Nie/*No*
O.K.	NP(PM)	M(M	9	M(C)	3,43	6,45	3,02	Nie/*No*
D.S.	NP(PM)	Ż(W)	8	M(C)	3,38	4,56	1,18	Nie/*No*
J.O.	NP(PM)	M(M)	3	M(C)	5,26	11,65	6,39	Tak/*Yes*

NP – niedowład kkd w przebiegu przepukliny oponowo-rdzeniowej, LLLT – laseroterapia niskoenergetyczna, M – miasto, W – wieś
PM – Paresis of lower limbs in the course of meningomyelocele, LLLT – low level laser therapy, C – city, V – village

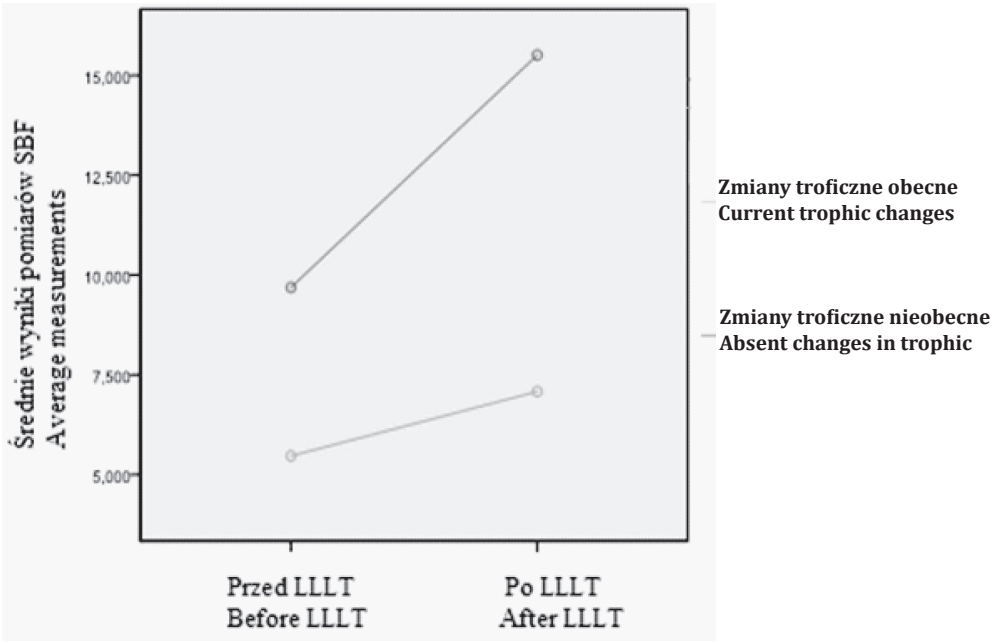
Tabela III. Średnie wyników SBF w zależności od LLLT oraz zmian troficznych.
Table III. The average results of SBF as a function of LLLT and trophic changes.

Zmiany troficzne ***Trophic changes***		**Średnia wartość SBF** ***Average SBF value***	**Odchylenie standardowe** ***Standard Deviation***	**Liczebność** ***Population***
SBF przed LLLT *SBF before LLLT*	Obecne zmiany troficzne ***Current trophic changes***	9,69	3,62	9
	Nieobecne zmiany troficzne ***Absent changes in trophic***	5,47	3,34	10
	Ogółem *Total*	7,47	4,01	19
SBF po LLLT *SBF after LLLT*	Obecne zmiany troficzne *Current trophic changes*	15,52	3,26	9
	Nieobecne zmiany troficzne *Absent changes trophic*	7,08	3,38	10
	Ogółem *Total*	11,08	5,40	19

NP – niedowład kkd w przebiegu przepukliny oponowo-rdzeniowej, LLLT – laseroterapia niskoenergetyczna, M – miasto, W – wieś
PM – Paresis of lower limbs in the course of meningomyelocele, LLLT – low level laser therapy, C – city, V – village

Tabela IV. Średnie wyników i różnic SBF w zależności od zmian troficznych.
Table IV. SBF average and differences scores depending on changes in the trophic.

Zmiany troficzne ***Trophic changes***	**Średnia** ***Average***	**Odchylenie standardowe** ***Standard deviation***	**Średnia różnic przed/po LLLT** ***Average differences before/after LLLT***	**Odchylenie standardowe różnic** ***Standard deviation differences***
Obecne zmiany troficzne *The current trophic changes*	12,60	1,11	5,82	2,30
Nieobecne zmiany troficzne *Absent changes in trophic*	6,28	1,06	1,61	1,09



Ryc. 1. Efekt interakcyjny LLLT i obecności/i braku obecności zmian troficznych.
Fig. 1. Interactive effect of LLLT and the presence/absence of trophic changes.

nową obiektywne uzasadnienie skuteczności stosowanego naświetlania. W naszych badaniach świadomie użyto lasera o długości fali 680nm spodziewając się, że stosunkowo płytka penetracja światła czerwonego będzie najskuteczniejsza przy leczeniu zmian skórnych [20]. Wykluczono też element termiczny oddziaływania [21, 22], co wynika z istoty laseroterapii niskoenergetycznej i charakterystyki aplikowanej wiązki świetlnej. Obok poprawy odżywienia skóry w jej leczeniu nie sposób pominąć stymulowanej światłem laserowym angiogenezy [18].

Szukając przyczyny martwicy skóry, nie można wykluczyć hipotezy o zwiększonej komponencie przepływowej krążenia skórnego kosztem troficznej ,ponieważ średnia wartość SBF w spoczynku była istotnie różna – wyższa (9,69 ml/100 g/minutę) w grupie ze zmianami troficznymi, w porównaniu do grupy bez tych zmian (5,47 ml/100 g/minutę). Skórny przepływ krwi (SBF) na poziomie (9,69 ml/100 g/minutę) jest wartością bardzo wysoką i może być generowany przez wydolne łożysko kapilarne. Przy towarzyszącej martwicy skóry, jest prawdopodobne, że wysoki SBF wynika z przepływu

przez niskooporowe połączenia żylno-tętnicze, kosztem czynności troficznej krążenia. Silna korelacja występowania odleżyn i wysokiej wartości różnicy SBF przed i po LLLT znajduje wytłumaczenie w dokładnej analizie biologicznych skutków działania promieniowania laserowego. Znane jest tzw. „inteligentne" działanie LLLT, które jego intensywność uzależnia od biologicznych potrzeb [18, 19, 24].

Potwierdzenie powyższej tezy znajdujemy w badaniach własnych, gdzie w grupie pacjentów z odleżynami, zarejestrowane ilościowo efekty LLLT w zakresie poprawy krążenia były największe. Efektem tego był obserwowany u wszystkich chorych dynamiczny proces leczenia ran odleżynowych po LLLT. Mechanizm działania energii laserowej w badanym obszarze polega na pobudzaniu wydzielania hormonów tkankowych zwiększających przepływ kapilarny [25]. Z uwagi na fakt, że naczynioruchowa kontrola nerwowa nie obejmuje swym zasięgiem naczyń włosowatych [25], za dominującą w tym obszarze należy uznać stymulowaną przez LLLT chemiczną regulację skórnego przepływu krwi.

WNIOSKI

1. LLLT istotnie zwiększa perfuzję skórną krwi.
2. Efekt zwiększenia perfuzji pod wpływem laseroterapii jest najsilniej wyrażony u dzieci z zaburzeniami trofiki skóry.
3. Wyniki poparte obserwacją kliniczną wskazują, że wzrost perfuzji pod wpływem LLLT odbywa się z udziałem komponenty troficznej skórnego przepływu krwi.

PIŚMIENNICTWO

1. Kubota J. Effects of diode laser therapy on blood flow in axial pattern flaps in the rat model. Lasers in Medical Science. 2002;17(3):146-153.
2. Yu H-S, Chieh-Shan W. Low-energy helium-neon laser therapy induces repigmentation and improves cutaneous microcirculatory dysfunction in segmental-type vitiligo. Skin Research and Technology. Conference: World Congress of the International Society for Biophysics and Imaging of the Skin, ISBS 2012 Copenhagen Denmark. Conference Publication: (var. pagings). 2013;19(1):e590.
3. Saied GM, Kamel RM, Labib AM, Said MT, Mohamed .Z. The diabetic foot and leg: Combined He-Ne and infrared low-intensity lasers improve skin blood perfusion and prevent potential complications. A prospective study on 30 Egyptian patients. Lasers in Medical Science. 2011;26(5):627-632.
4. Avci P, Gupta A, Sadasivam M, Vecchio D, Pam N, Hamblin MR. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. Semin Cutan Med Surg. 2013;32(1):41-52.
5. Sejrsen P. Blood flow in cutaneous tissue in man. Studies by wash – out of radioactive xenon. Circ Res. 1969;25:215-229.
6. Bader DL, Barnhill RL, Ryan TJ. Effect of externally applied skin surface forces on tissue vasculature. Arch Phys Med Rehab. 1986;67:807-811.
7. Buckley TL, Brain SD, Collins PD, Williams TJ. Inflammatory oedema induced by interactions between iL-1 and the neuropeptide calcitonin gene-related peptide. J Immunol. 1991;146(10):3424-3430.
8. Christopoulos DC, Nicolaides AN, Belcaro G, Kalodiki E. Venous hypertensive microangiopathy in relation to clinical severity and effect of elastic compression. J Dermatol Surg Oncol. 1991;17(10):809-813.
9. Kenney WL. Alpha 1 adrenergic blockade does not alter control of skin blood flow during exercise. Am J Physiol. 1991;260(3Pt 2):H 855-861.
10. Lebiedowski M, Dziuk E. Kllirens Xe 133 w ocenie wpływu nacisku wywieranego przez protezę na przepływ skórny krwi. Chir N Ruchu Ortop Pol. 1978;3,XCLIII:297-301.
11. Collet C, Vernet-Maury E, Delhomme G, Dittmar A. Autonomic nervous system response patterns specifity to basic emotions. J Auton Nerv Syst. 1997;62(1-2):45-57.
12. van Dielen FM, Kurvers HA, Dammers R, oude Egbrink MG, Slaaf DW, Tordoir JH, Kitslaar PJ. Effects of surgical sympathectomy on skin blood flow in a rat model of chronic limb ischaemia. World J Surg. 1998;22(8):807-811.
13. Dollberg S, Atherton H, Hoath S. Changes in skin blood flow over the foot with warming the contralateral heel. Acta Paediatr. 1998;87:416-418.
14. Petersem LJ, Kristensen JK. Simultaneous assessment of blood flow in UVB inflammed human skin by laser Doppler flowmetry and the 133 Xenon washout technique. Acta Derm Venereol. 1991;71(6):461-464.
15. Ramsing DW, Agner T. Effect of water on experimentally irritated human skin. Br J Dermatol. 1997;136 (3):364-367.
16. Forst T, Kunt T, Pohlmann T, Goitom K, Löbig M, Engelbach M, Beyer J, Pfützner A. Microvascular skin blood flow following the ingestion of 75 g glucose in healthy individuals. Exp Clin Endocrinol Diabetes. 1998;106(6):454-459.
17. Midttun M, Sejrsen P. Cutaneous blond flow rate In areas with and without arteriovenous anastomoses during exercise. Scand J Med Sci Sports. 1998;8(2):84-90.
18. Kozlov VI, Azizov GA, Gurowa OA. Laser therapy in the treatment of microcirkulation disorders in paciens with chronic venous insufficiency of the legs. International Congres Helsinki Finland 2012, Conference Publication: 9(pp s25).
19. Kubota J. Difocused diode laser therapy (830 nm) in the treatment of unresponsive skin ulcers: A preliminary trial. Jurnal of Cosmetic and Laser Therapy. 2004;6(2):96-102.
20. Taradaj J, Halski T, Kucharzewski M, Urbanek T, Halska U, Kucio C. Effect of laser irradiation of different wavelengths (940,808,658 nm) on pressure ulcer healing: Results from a clinical study. Evidence – based Complementary Medicine. 2013. Article Number: 960240.
21. Okuni J. Phototherapy in rehabilitation medicine.Japanese Journal of Anesthesiology. 2012;61(7):700-705.
22. Nagashima K1, Yoshida T, Nose H, Takamata A, Morimoto T. Negative pressure breathing and the control of skin blood flow during exercise in a hot environment. Ann N Y Acad Sci. 1997;15,813:604-609.
23. Monteiro AA, Svensson H, Bornmyr S, Arborelius M, Kopp S. Comparison of 133Xe clearance and laser Doppler flowmetry in assessment of blood flow changes in human masseter muscle by isometric contraction. Archives of Oral Biology. 1989;34(10):779-786.

24. Braverman B, Mc Carthy RJ, Ivankovich AD, Forde DE, Overfield M, Bapna MS. Effect of helium-neon and infrared laser irradiation on wound healing in rabbits. Lasers Surg Med.1989;9(1):50-58.
25. Traczyk WZ, Trzebski A. Roz.18 Krążenie krwi i płynów ustrojowych. Fizjologia człowieka z elementami fizjologii klinicznej. PZWL, Warszawa 1980.

Wkład Autorów/Author's contributions
Według kolejności/According to the order of the Authorship

Konflikt interesu/Conflicts of interest
Autorzy pracy nie zgłaszają konfliktu interesów.
The Authors declare no conflict of interest.

Nadesłano/Received: 01.09.2015 r.
Zaakceptowano/Accepted: 20.01.2016 r.

Dostępne online/Published online

Adres do korespondencji:
Jacek Podogrodzki
Klinika Neurologii Epileptologii
i Rehabilitacji Pediatrycznej
Instytut-Pomnik Centrum Zdrowia Dziecka
Al. Dzieci Polskich 20, 04-730 Warszawa
tel. (22) 815-74-06
tel. kom. 501 543 154
e-mail: j.podogrodzki@czd.pl,