

Jolanta Zwolińska<sup>1,2</sup>, Aneta Weres<sup>1</sup>, Grzegorz Magoń<sup>1,3</sup>, Renata Skalska-Izdebska<sup>1</sup>

## Wykorzystanie biostymulacji laserowej i światła VIP w leczeniu chorób narządów ruchu

<sup>1</sup>Z Wydziału Medycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego, Instytut Fizjoterapii

<sup>2</sup>Z Oddziału Rehabilitacji, Szpitala Wojewódzkiego nr 2 w Rzeszowie

<sup>3</sup>Z Oddziału Rehabilitacji, Szpitala Powiatowego w Łańcucie

*Strukturalne i funkcjonalne nieprawidłowości w obrębie narządu ruchu mają znaczący wpływ na sprawność ogólną chorego i jego jakość życia. Ze względu na częstość ich występowania stanowią poważny problem zdrowotny i społeczny. Skuteczność leczenia tych chorób mimo wielu różnych stosowanych metod, wymaga dalszych badań i obserwacji klinicznych. W kompleksowym postępowaniu z tymi pacjentami istotną rolę odgrywa fizjoterapia. Dane z piśmiennictwa wskazują, że najczęściej stosowanymi metodami fizjoterapii w takich przypadkach jest biostymulacja laserowa i terapia światłem VIP. Jako metody łatwo dostępne, nieinwazyjne i bezpieczne dla pacjenta, znajdują także zastosowanie w wielu innych dziedzinach medycyny.*

*Celem pracy jest przegląd aktualnego piśmiennictwa dotyczącego możliwości wykorzystania terapii niskoenergetyczną wiązką laserową i światłem VIP stosowanych w leczeniu chorób narządu ruchu. Praca ma również na celu przybliżenie zasad działania omawianych bodźców fizykalnych na poziomie komórkowym i ogólnoustrojowym oraz zasad dawkowania energii i metodyki wykonania zabiegu.*

*Autorzy po opisie ogólnych właściwości fizycznych i działania biologicznego wiązki laserowej i światła VIP dokonali szczegółowego przeglądu dotychczasowych doniesień naukowych oceniających przydatność tych metod. Analizując wyniki badań (baza Medline-EBSCO) można stwierdzić, że fototerapia jest niefarmakologicznym i skutecznym sposobem leczenia chorób narządu ruchu.*

*Dokonany przegląd literatury pozwala sformułować wnioski przemawiające za pozytywnym oddziaływaniem tego rodzaju terapii także w leczeniu takich przypadków, w których inne czynniki fizyczne są przeciwwskazane lub nieskuteczne. Wiązkę laserową i światło VIP często wykorzystuje się równolegle z innymi czynnikami fizykalnymi. Takie skojarzenie kilku metod daje niejednokrotnie lepsze efekty lecznicze.*

*Wiele jest publikacji wskazujących na celowość stosowania omawianych bodźców fizykalnych w rehabilitacji chorób narządu ruchu, jednak ciągle niewystarczająca jest liczba informacji potwierdzonych badaniami naukowymi. Widoczny jest również brak jednoznacznych zaleceń w zakresie metodyki i dawkowania zabiegów światłolecznicych, co pozwoliłoby uzyskać możliwie najwyższą skuteczność terapii.*

*Słowa kluczowe: światło spolaryzowane, laser, biostymulacja, schorzenia narządu ruchu*

### **Use of laser biostimulation and the VIP light in treatment of motor system**

*Structural and functional impairments in motor function have huge impact on patient's quality of life. This is serious health and social problem. During holistic treatment of patients the physical therapy is substantial method. Literature data indicates that concerning typical motor impairments, laser biostimulation and low energy polarized light (VIP) are most popular methods. This treatment is easy to apply, non-invasive and safe for patient.*

*The purpose of this paper is review of current literature (Medline-EBSCO) concerning the use of low level laser therapy and VIP – light therapy in organ of movement diseases treatment. The other purpose is explaining the cellular and systemic effectiveness and also rules of application.*

*Analyzing clinical reviews it's obvious, that phototherapy is non-pharmacological and effective type of treatment. The other conclusion is that very often phototherapy is the only method to use while other physical agents are contraindicated or ineffective. Low level laser therapy and VIP light can be also used in compilation with other physical factors, what sometimes gives better treatment result.*

*A lot of articles confirm purposefulness of phototherapy in physical therapy but still there is very few clinical trial reviews. Also noticeable is lack of clear method of using and dosing phototherapy procedures.*

Key words: *polarized light, laser, biostimulation, review*

Energia słoneczna jako cenne źródło sił witalnych stosowana była w czasach starożytnych w celach profilaktycznych, a następnie także leczniczych. W XIX wieku nastąpił intensywny rozwój fototerapii, stosowanej do leczenia chorób skóry, krzywiczy i gruźlicy.

Jednocześnie prowadzone były na szeroką skalę badania nad skutecznością energii świetlnej jako bodźca stymulującego procesy życiowe ustroju. Eksperymenty Moleschota z roku 1854 i 1881 wykazały pobudzające działanie światła na izolowaną tkankę mięśniową, w wyniku czego, następuje przedłużenie życia tkanek odnerwionych [2].

Istotny wkład w rozwój światłolecznictwa wniósł Neils Finson, który w 1903 roku otrzymał Nagrodę Nobla za opracowanie podstaw fototerapii światłem czerwonym, fioletowym i fioletowo - granatowym [1,2]. Badania te umożliwiły wprowadzenie nowych metod leczniczych, będących modyfikacją metod klasycznych, których istotą było uporządkowanie światła rozproszonego do wiązki elektromagnetycznej o ściśle ustalonych właściwościach. Istotnym etapem w rozwoju światłolecznictwa było odkrycie przez Einsteina w 1917 roku promieni laserowych [3]. Okazało się, że wymuszona emisja promieniowania w atomach wzbudzonych pozwala uzyskać wiązkę światła o specyficznych właściwościach fizycznych. Umożliwiło to wprowadzenie do fizykoterapii nowej metody leczniczej – laseroterapii wykorzystującej światło monochromatyczne w postaci wzmocnionej niskoenergetycznej wiązki promieniowania (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – LASER). Rozwój laseroterapii zapoczątkowały pionierskie doświadczenia Andre Mester'a, który w latach 60. XX wieku prowadził prace nad wykorzystaniem światła laserowego w leczeniu trudno gojących się ran i owrzodzeń [1, 2]. Na przełomie lat 80. i 90. nastąpił intensywny

rozwój laseroterapii w wielu dziedzinach medycyny [3]. Z prowadzonych w latach 80. badań nad wiązką laserową wynika, że istotną cechą warunkującą efekty biologiczne w żywych tkankach jest polaryzacja fal elektromagnetycznych. Doświadczenia te spowodowały wprowadzenie do terapii światła spolaryzowanego (Visible Incoherent Polarised – VIP) nazywanego też światłem PILER (Polarised Incoherent Low Energy Radiation) [4, 5]. Obecnie laseroterapia i terapia światłem VIP znajdują zastosowanie w leczeniu chorób narządu ruchu.

Monochromatyczność promieniowania laserowego oznacza, że wiązka ta nie rozszczepia się w pryzmacie, ale wykazuje jednobarwne widmo liniowe. Dzięki spójności przestrzennej i czasowej promieniowania laserowego otrzymuje się wiązkę o bardzo dużej gęstości mocy. Wiązka laserowa jest wiązką równoległą o bardzo małym kącie rozbieżności.

Polichromatyczność światła VIP oznacza, że zawiera ono fale elektromagnetyczne różnej długości i nie jest światłem jednobarwnym. Światło VIP jest wiązką niekoherentną, w której polaryzacja polega na ograniczeniu kierunków drgań fali poprzecznej, co powoduje, że tworzące ją fale elektromagnetyczne drgają wyłącznie w płaszczyznach wzajemnie do siebie równoległych. W wyniku odbicia wiązki świetlnej od wielowarstwowego kryształu, tzw. lustra Brewster'a spełniającego funkcję płytki polaryzacyjnej uzyskuje się uporządkowaną wiązkę światła spolaryzowaną w 95%, wykazującą szczególne właściwości lecznicze [2] (tab. 1).

Działanie biologiczne światła laserowego wynika z aktywacji łańcucha oddechowego na poziomie komórkowym, wzrostu aktywności pompy sodowo-potasowej, wzrostu syntezy RNA (kwasu rybonukleinowego) i proliferacji komórkowej oraz zwiększenia syntezy ATP (adenozynotrójfosforanów) [1, 3]. Efekty kliniczne oddziaływania wiązk

ki laserowej na ustrój są konsekwencją zwiększenia aktywności immunologicznej, zapo-

**TABELA 1. Cechy fizyczne wiązki laserowej i światła VIP.**

| Cechy fizyczne        | Wiązka laserowa   | Światło VIP/PILER                |
|-----------------------|---|----------------------------------|
| Przebieg fali         | Spolaryzowana/niespolaryzowana                                  | Spolaryzowane                    |
| Długość fali (widmo)  | Monochromatyczna (630 nm, 832 nm,)                              | Polichromatyczne (480 - 3400 nm) |
| Zależność fazowa fali | Koherentna (spójna)   | Niekoherentne (niespójne)        |
| Zbieżność kątowna     | Równoległa (kolimacja)  | Nierównoległe                    |
| Percepcja wzrokowa    | Widzialna/niewidzialna  | Widzialne                        |
| Moc światła (źródła)  | Duża – 500 mW i więcej,<br>Średnia – 7–500 mW,<br>Mała – 1–6 mW | 20 W, 48 W, 100 W                |
| Gęstość energii       | 0,1 J/cm <sup>2</sup> - 50 J/cm <sup>2</sup>                    | 2,4 J/cm <sup>2</sup>            |
| Tryb pracy            | Stały/impulsowy   | Stały/impulsowy                  |

biegania procesom degeneracyjnym i martwiczym w tkankach, hamowania procesu zapalnego, przyspieszania gojenia złamań, działania przeciwbólowego, poprawy przewodnictwa nerwowego i działania wazodylatacyjnego [1, 3]. Zgodnie z potwierdzonymi doświadczalnie wymienionymi efektami klinicznymi laseroterapia znajduje zastosowanie w schorzeniach narządu ruchu (choroba zwyrodnieniowa stawów i kręgosłupa, entezopatie, stany po urazach i skręceniach), w schorzeniach reumatologicznych (reumatoidalne zapalenie stawów, zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa), w schorzeniach neurologicznych (rwa kulszowa i inne zespoły korzeniowe, neuralgia nerwu trójdzielnego, międzybrowowego i inne), w schorzeniach dermatologicznych (owrzodzenia podudzi, półpasiec) [3, 6].

Przeciwwskazania do stosowania laseroterapii stanowią: choroba nowotworowa (biostymulacja laserowa zwiększa metabolizm naświetlanej tkanki, w tym także nowotworowej, poprzez wzrost produkcji ATP oraz lepsze wykorzystanie tlenu i glukozy), nadczynność tarczycy, padaczka, ciąża, substancje fotoczułujące (stosowanie w trakcie terapii laserowej leków, preparatów do masażu, kosmetyków zawierających składniki zwiększające wrażliwość na światło), infekcje przebiegające z wysoką gorączką. Nie zaleca się bezpośredniego kierowania promieniowania laserowego na otwarte rany, naświetlania okolic narządów płciowych oraz w stanach ogólnego wyczerpania ustroju i uzależnienia od alkoholu i narkotyków [16].

Światło VIP w organizmie żywym powoduje wzrost produkcji ATP, zwiększoną syntezę włókien kolagenowych, poprawę metabolizmu komórkowego, przyspieszenie regeneracji komórek, usprawnienie angiogenezy [7–15]. Jako efekt kliniczny uzyskuje się hamowanie procesu zapalnego, przyspieszenie regeneracji komórek, działanie

przeciwbólowe, poprawę ukrwienia tkanek i zwiększenie aktywności immunologicznej [7–15].

Przeciwwskazania do stosowania biostymulacji światłem VIP stanowią: wysoka gorączka, przełom cukrzycowy, przełom tarczycowy, padaczka, choroby nowotworowe, gruźlica, wczesne etapy ciąży [2].

#### **SKUTECZNOŚĆ TERAPII LASEROWEJ W BADANIACH KLINICZNYCH**

W przewlekłym zapaleniu stawów po zastosowaniu terapii laserowej uzyskuje się ustąpienie dolegliwości bólowych, zmniejszenie obrzęku i sztywności porannej, poprawę siły mięśniowej, poprawę zakresu ruchu w stawach oraz poprawę ogólnej sprawności i odporności ustroju. W 1972 r. Goldman L. [17] wykorzystał laser He – Ne o mocy 20 mW w terapii 30 osób z rzs. Dawki energii podczas jednego zabiegu wynosiły 0,4–4,8 J. U 12 osób uzyskano poprawę ruchomości stawów i zwiększenie siły mięśniowej.

Galletti G. i wsp. przedstawili wyniki badań nad skutecznością oddziaływania wiązki laserowej o różnej długości fali i mocy promieniowania. Po zastosowaniu wiązki ciągłej o długości 830 nm, mocy 60 mW uzyskano bardzo dobry efekt przeciwbólowy u 33% badanych, dobry w 64,7%, a u 2% badanych stwierdzono brak skuteczności metody. W kolejnej pracy naukowcy dokonali analizy wpływu laseroterapii na morfologię stawów objętych procesem zapalnym w przebiegu rzs. Przez okres 2 lat stosowano laser (GaAlAs) o mocy 10 mW i długości fali 780 nm. Zabiegi wykonywano od 2 do 4 razy w miesiącu, a gęstość aplikowanej energii wynosiła 31,8 J/cm<sup>2</sup>. Efekty terapii oceniano badaniem radiologicznym, które wykazało u pacjentów ze zmianami II stopnia wg skali Steinbrokera zahamowanie progresji zmian u 46,7% chorych ze zmianami w obrębie stawów kolanowych, zahamowanie progresji zmian 37,2% chorych ze zmianami w obrębie stawów promienio-

wo-nadgarstkowych, u pacjentów ze zmianami III stopnia wg skali Steinbrokera zanotowano poprawę obrazu radiologicznego u 37,5% chorych ze zmianami w obrębie stawów kolanowych i u 13,9% ze zmianami w obrębie stawów promieniowo-nadgarstkowych [18].

Ushakov [19, 20] wykazał skuteczność laseroterapii w rzs przy zastosowaniu wiązki o długości fali 830 nm i mocy 15 mW 35 pacjentów podzielono na 2 grupy: w pierwszej grupie pacjenci mieli wykonywaną biostymulację laserową, w drugiej grupie zastosowano placebo. Seria naświetlań składała się z 12 zabiegów, wykonywanych co 2–3 dni. Zabiegi te obejmowały stawy śródrečno-paliczkowe i międzypaliczkowe od II do V. Czas naświetlania każdego stawu wynosił 1 min. Przed zabiegami, w trakcie i po zakończeniu serii oceniano siłę chwytu, obrzęk stawów, sztywność poranną, doznania bólowe, morfologię krwi i OB. Wyniki badań pokazały, że jedynie w grupie naświetlanej zwiększyła się siła chwytu, zmniejszył się obrzęk i sztywność poranna, stwierdzono szybsze ustępowanie procesu zapalnego (spadek poziomu OB i ilości leukocytów). W obydwu grupach zaobserwowano ustąpienie dolegliwości bólowych.

W zeszytniającym zapaleniu stawów kręgosłupa zastosowano impulsowe promieniowanie podczerwone o długości 904 nm i promieniowanie ciągłe o długości fali 632,8 nm, zabiegi wykonywano przez około 30 min dziennie, w serii 20–30 zabiegów. Uzyskane efekty pozwoliły u 40% chorych ograniczyć przyjmowanie leków, u 30% całkowicie je odstawić, natomiast u 10–15% chorych nie zaobserwowano poprawy w zakresie ustąpienia dolegliwości bólowych. Podobne efekty uzyskano w leczeniu łuszczykowego zapalenia stawów kręgosłupa [21].

W badaniach Asady i wsp. [22] wykazano wyraźne zmniejszenie dolegliwości bólowych u 80% chorych z rzs po zastosowaniu promieniowania laserowego o fali ciągłej, mocy 60 mW i długości fali 830 nm.

Goldman [23] wykazał zmniejszenie sztywności porannej, zmniejszenie obwodu stawów, obniżenie OB i zwiększenie ruchomości w stawach w porównaniu z grupą nienaświetlaną.

Spośród 162 chorych z rzs [24] naświetlanych laserem He-Ne i He-Cd u 76% leczonych pacjentów uzyskano pozytywny efekt po zastosowanym leczeniu. Efekt ten dotyczył zmniejszenia sztywności porannej, dolegliwości bólowych i objawów zapalnych w stawach. Efekty terapii utrzymywały się w okresie od 4–12 miesięcy.

Badania z zastosowaniem laserów He-Ne, He-Cd oraz półprzewodnikowych w leczeniu rzs i łuszczykowego zapalenia stawów wykazały pozytywny efekt terapeutyczny w postaci normalizacji podstawowych parametrów krwi u 69–86% chorych. Wykorzystując promieniowanie laserowe o mocy 100–150 mW/cm<sup>2</sup> naświetlano punkty akupunkturalne lub bólowe (trigger points) przez 20–60 sekund, aplikując dawkę energii 2–9 J/cm<sup>2</sup> [25, 26]. Laseroterapia w leczeniu łokcia tenisisty [27] pozwoliła uzyskać całkowite ustąpienie dolegliwości u około 50% chorych (u większości pacjentów efekty uzyskano już po czwartym zabiegu). Ustąpienie procesu zapalnego uzyskano u 40% chorych, a brak efektów terapii u 10%. Wcześniej rozpoczęta terapia pozwoliła osiągnąć znacznie lepsze efekty.

Adamek i wsp. [28–30] wykazali skuteczność laseroterapii w leczeniu łokcia tenisisty wiązką laserową o długości fali 904 nm, czasie trwania impulsu 200 ns, częstotliwości 800 Hz i średniej mocy 4 mW. Naświetlanie punktów bolesnych (przez 2–3 minuty każdy punkt) pozwoliło uzyskać ustąpienie dolegliwości bólowych u 90% pacjentów.

Sieroń i wsp. w badaniach 34 pacjentów z zapaleniem ścięgna Achillesa i powięzi podeszwy wykorzystali laser półprzewodnikowy o długości fali 904 nm, czasie trwania impulsów 200 ns i częstotliwości 800 Hz, co dało moc średnią 4 mW. Naświetlano po 5 minut: okolice guza piętowego, kostkę przyśrodkową, kostkę boczną oraz grzbiet stopy. Po 25 zabiegach uzyskano zmniejszenie dolegliwości bólowych i obrzęku wokół kostek u 70% chorych, przy czym subiektywna poprawa dotyczyła 100% badanych. W innych badaniach 29 pacjentów z okołostawowym zapaleniem kolana wykorzystano laser półprzewodnikowy o długości fali 904 nm, czasie trwania impulsów 200 ns, częstotliwości 800 Hz i średniej mocy 4 mW. Naświetlano codziennie przez 3–5 minut okolice nadkłykcia przyśrodkowego kości piszczelowej oraz okolice rzepki. Uzyskano szybsze ustępowanie procesu zapalnego. Już po kilku zabiegach pacjenci zgłaszali ustąpienie bólu i zwiększenie ruchomości, natomiast po zakończonej serii ustąpił obrzęk i zaczerwienienie. Powyższe efekty zaobserwowano u 70% chorych [29, 30].

C. Ailioaie [31] oceniał efektywność laseroterapii u pacjentów w początkowym okresie reumatoidalnego zapalenia stawów. 59 osób zostało podzielonych na trzy grupy. Grupa I (21 osób) poddana została naświetlaniu laserem półprzewodnikowym (GaAlAs) o mocy maksymalnej 200

mW, emitującym wiązkę laserową o długości fali 830 nm i częstotliwości 5 lub 10 Hz. Stosowano gęstość energii 2–4 J/cm<sup>2</sup>. Naświetlania wykonywane były 1 raz dziennie. 8-dniowe serie zabiegów powtarzane były co 4 miesiące. Grupa II (18 osób) stanowiła grupę kontrolną, w której zastosowano placebo i farmakoterapię (niesteroidowe leki przeciwzapalne). Grupa III (20 osób) poddana była wyłącznie farmakoterapii (niesteroidowe leki przeciwzapalne). Wyniki badań pokazały, że zastosowana terapia spowodowała ustąpienie dolegliwości bólowych zarówno w czasie spoczynku jak i aktywności ruchowej, zmniejszenie sztywności porannej i poprawę ruchomości w leczonych stawach. W grupie I pozytywne efekty dotyczyły 86%, w grupie II – 50%, natomiast w grupie III – 40% pacjentów.

Asada i wsp. [32] prowadzili badania nad skutecznością zastosowania lasera 904 nm u 170 osób z rzs. Po terapii uzyskali zmniejszenie dolegliwości bólowych u 90% pacjentów oraz zwiększenie zakresu ruchu u 56% pacjentów.

W ostrym, jak też w przewlekłym zapaleniu ścięgna Achillesa [33] zastosowano promieniowanie czerwone o długości fali 670 nm, promieniowanie podczerwone 904 nm, lub łączone 670 i 904 nm. W badaniu ultrasonograficznym wykazano zmniejszenie obszarów hipoechogenicznych wokół ścięgna związane z poprawą ukrwienia tej okolicy.

Spinelli i wsp. [34], stosując laser o długości fali 632,8 nm oraz 1060 nm uzyskali ustąpienie zwapnień okołostawowych w przypadku bolesnego barku.

W innej grupie pacjentów z tym schorzeniem potwierdzono skuteczność naświetlań impulsową wiązką laserową o długości fali 904 nm i mocy 4x10W. Bardzo dobry efekt przeciwbólowy uzyskano u 63,6% pacjentów, dobry efekt u 27,3% pacjentów, a brak poprawy u 9,1%. Zwiększenie zakresu ruchu w stopniu bardzo dobrym zaobserwowano u 9,1% pacjentów, w stopniu dobrym u 27,3%, w stopniu zadowalającym 50%. Zakres ruchu po leczeniu nie poprawił się u 13,6% pacjentów [35].

Glinkowski i wsp. [35] wykazali, że łączne zastosowanie promieniowania o długości 632,8 nm i 904 nm pozwala uzyskać u 87% badanych taką poprawę, że nie wymagali oni dalszej terapii. Badania kontrolne prowadzone po 5 i 15 miesiącach wykazały utrzymywanie się uzyskanych efektów.

91 chorych [29,30] z zespołem bolesnego barku poddano terapii z wykorzystaniem lasera półprzewodnikowego o długości fali 904 nm, cza-

nie trwania impulsów 200 ns i częstotliwości 800 Hz, która pozwoliła uzyskać moc średnią 4 mW. Naświetlano bolesne punkty po 2–3 minuty każdy, nie stosując równoległe żadnych innych zabiegów fizykalnych. U 75% chorych po 15–20 zabiegach całkowicie ustąpiły dolegliwości bólowe oraz poprawiła się ruchomość w stawie barkowym.

U pacjentów z przepukliną jądra miążdżystego [36, 37] zastosowana terapia laserowa przyspieszyła resorpcję przepukliny jądra miążdżystego, co zostało potwierdzone tomografią komputerową. Badania dowiodły korzystnych efektów naświetlania w zakresie zmniejszenia dolegliwości bólowych i poprawy ruchomości kręgosłupa. Wyniki bardzo dobre uzyskano u 35,7% pacjentów, zadowalające u 22,8%, natomiast brak poprawy odnotowano u 1,5%. Na okolicę przykręgosłupową stosowano laser emitujący w trybie ciągłym wiązkę podczerwoną o długości 830 nm przy mocy 60mW oraz laser emitujący w trybie impulsowym wiązkę o długości 904 nm o mocy szczytowej impulsu 50 W. Pomiedzy kolejnymi zabiegami trwającymi 15 minut stosowano 3-dniowe przerwy. Zastosowanie promieniowania o większej mocy wyraźnie poprawiło skuteczność leczenia.

U 60 pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów kolanowych i biodrowych [38] zastosowano laseroterapię jako monoterapię bądź połączoną z innymi czynnikami fizykalnymi. Oceniano dolegliwości bólowe, ograniczenia ruchów i siłę mięśniową. Zaobserwowano pozytywne efekty u 55–65% chorych naświetlanych wyłącznie wiązką laserową i u 82% chorych, u których stosowano równoległe inne zabiegi fizykalne.

W pracy Mielniczuka i wsp. [39] przedstawiono wyniki leczenia 110 pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów kręgosłupa i stawów kolanowych. Badanych podzielono na trzy grupy:

- grupa I – poddana wyłącznie terapii laserem He-Ne o mocy 25 mW poprzez naświetlanie punktów akupunkturowych w czasie od 20-60 sek w serii 15 zabiegów,
- grupa II – poddana terapii wiązką laserową o parametrach jak w grupie I oraz kąpielom siarkowym,
- grupa III – poddana wyłącznie kąpielom siarkowym.

Najlepsze rezultaty w postaci zmniejszenia dolegliwości bólowych, zwiększenia ruchomości w stawach oraz poprawy przepływu tkankowego krwi uzyskano w grupie II. W grupie tej uzyskana poprawa utrzymywała się najdłużej, tj. 14 miesięcy.

W leczeniu 90 pacjentów ze spondylozą szyjną [40] zastosowano laser kombinowany CO<sub>2</sub>/He-Ne o mocy 25 mW. Naświetlano punkty akupunkturalne przez 10 minut dziennie. Stosowano dwie 10-dniowe serie z 10-dniową przerwą. Uzyskano poprawę u 90% pacjentów, z czego u 43% efekty oceniono jako bardzo dobre.

Boerner i wsp. [41] przebadali 75 osób z chorobą zwyrodnieniową stawów. Chorzy poddani zostali laseroterapii (39 osób) lub elektroterapii (36 osób). Przez okres co najmniej 2 tygodni przed wdrożeniem omawianej terapii nie stosowano u tych pacjentów żadnej farmakoterapii i żadnych innych zabiegów fizjoterapeutycznych. Zastosowano laser emitujący promieniowanie podczerwone o długości 904 nm z impulsowym trybem pracy: czas impulsu 200 ns, częstotliwość 6400 Hz. Aplikowano dawkę 4 J/cm<sup>2</sup>. Zabiegi wykonywano codziennie przez 10 dni. Z zakresu elektroterapii zastosowano prąd galwaniczny, prądy DD oraz prądy interferencyjne. Oceniano zakres ruchu w stawach oraz nasilenie dolegliwości bólowych w 10-stopniowej skali bólu. Badania wykazały, że terapia laserowa ma istotny wpływ na obniżenie poziomu bólu i poprawę zakresu ruchu w porównaniu z elektroterapią.

Skuteczność laseroterapii [42] potwierdziły również badania prowadzone u 406 pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów kręgosłupa lędźwiowego (117 osób), stawów kolanowych (149 osób) i algodystrofią (140 osób). Porównywano efekty naświetlania wiązkami o różnej długości fali: 632,8 nm, 904 nm, 1060 nm. Wykonywano 5 zabiegów tygodniowo, łącznie 20 zabiegów w serii. Analiza wyników wykazała, że efektywność terapii związana jest ściśle z długością fali. W grupie pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów kolanowych zaobserwowano brak różnic pomiędzy skutkami naświetlań laserem He – Ne (632,8 nm) i CO<sub>2</sub> (1060 nm) oraz znaczącą różnicę pomiędzy skutecznością lasera gazowego CO<sub>2</sub>, a półprzewodnikowego Ga - As (904 nm).

Trelles i wsp. [43] wykazali skuteczność laseroterapii w chorobie zwyrodnieniowej stawu kolanowego. Badaniem objęto 40 pacjentów, którym aplikowano wiązkę laserową o gęstości energii 18 J/cm<sup>2</sup>, dwa razy w tygodniu, przez okres dwóch miesięcy. Uzyskano znaczne ustąpienie dolegliwości bólowych u 82% pacjentów, dzięki czemu poprawiła się ruchomość w stawach.

Chow [44] badał wpływ promieniowania laserowego o długości fali 830 nm i mocy 300 mW na ustąpienie dolegliwości w przewlekłym bólu karku. Grupę 90 pacjentów poddano prospektyw-

nej podwójnie ślepej, randomizowanej, kontrolowanej próbie. Naświetlano metodą kontaktową bolesne miejsca mięśni karku, dwa razy w tygodniu przez 7 tygodni. Ból oceniano skalą VAS, wykorzystano również kwestionariusz jakości życia Short-Form 36 Quality-of-life, kwestionariusz Northwick Park Neck Pain, skalę bólu karku i niepełnosprawności oraz kwestionariusz bólu McGill. Oceny dokonywano na początku, po 7 i 12 tygodniach leczenia. W grupie naświetlanej poprawa dotyczyła 48,5% w porównaniu z grupą kontrolną, gdzie poprawa dotyczyła 3,99%.

40 pacjentów z bolesnym barkiem podzielono na dwie 20-osobowe grupy. Grupa pierwsza naświetlana była laserem Ga-As o długości fali 904 nm i częstotliwości 2000 Hz przez 10 dni w ciągu 2 tygodni. Naświetlano po 1 min: guzek większy i guzek mniejszy kości ramiennej, bruzdę międzyguzkową oraz przednią i tylną powierzchnię torebki stawowej. W grupie II zastosowano placebo. Analiza dotyczyła natężenia i rodzaju bólu: wrażliwości dotykowej, wrażliwości bólowej i zakresu ruchu w stawie. W grupie I zaobserwowano zmniejszenie wrażliwości dotykowej u 17 pacjentów (85%), w grupie II u 6 pacjentów (30%). Lepsze rezultaty w grupie I dotyczyły także biernego wyprostów, natomiast nie było znaczącej różnicy w zakresie pozostałych objawów [45].

W wielu badaniach wykazano skuteczność laseroterapii w stymulowaniu zrostu kostnego. Stwierdzono pozytywny wpływ wiązki z zakresu podczerwieni (830 nm, 890 nm, 904 nm, oraz 1060 nm) o gęstości energii 0,2-2 J/cm<sup>2</sup> i częstotliwości powyżej 3000 Hz, oraz z zakresu czerwieni o długości fali 632,8 nm i gęstości energii do 50 J/cm<sup>2</sup> lub 2-24 J/ punkt [46-53].

Sous [54] na 15-osobowej grupie pacjentów z uszkodzeniami okołoszczytowymi kości wykazał, że wyniki leczenia grupy poddawanej terapii laserem półprzewodnikowym o mocy 11 mW przy wykorzystaniu energii 9 J/cm<sup>2</sup> były lepsze w porównaniu z grupą leczoną poprzez stabilizację śródkostną.

Podjęta próba oceny skuteczności laseroterapii w skręceniach stopy I oraz II stopnia wykazała, że aplikacja dawki 0,21 – 4 J/cm<sup>2</sup>, o długości fali 830 nm i 904 nm skutecznie obniżała poziom bólu a także skracała czas rekonwalescencji. Zmniejszenie bólu i powrót do pełnej sprawności fizycznej można uzyskać już po 6 zabiegach [55, 56].

Galletti G. i wsp. potwierdzili korzystny wpływ laseroterapii na proces regeneracji uszkodzonego chirurgicznie mięśnia przy zastosowaniu promieniowania o długości fali 632,8 nm oraz 904 nm [18].

Sieroń badał skuteczność laseroterapii w leczeniu złamań kości u 28 pacjentów z wykorzystaniem lasera He – Ne i kryptonowego z mocą wiązki 10 lub 20 mW. Zrost kostny oceniono radiologicznie i klinicznie. Laseroterapia pozwoliła uzyskać pełny zrost u 89% pacjentów [6].

Badania prowadzone przez Fender i Diffe w 1992 roku obejmowały pacjentów z przewlekłym bólem układu mięśniowo-szkieletowego. Wykorzystano laser He-Ne, aplikowano dawkę 36 J/cm<sup>2</sup>, a czas naświetlań wynosił 6 minut. Przez okres 4-6 tygodni stopniowo zwiększano gęstość energii do wartości maksymalnej 90 J/cm<sup>2</sup>, a czas zabiegu wzrósł do 15 minut. W wyniku terapii uzyskano zmniejszenia pobudliwości układu współczulnego i efekt analgetyczny [57].

Vinck E. i wsp. [58] nie wykazali istotnych statystycznie efektów laseroterapii w badaniu wpływu wiązki laserowej o parametrach: 950 nm, 160 mW i gęstości energii 3,2 J/cm<sup>2</sup> na zmniejszenie dolegliwości bólowych spowodowanych eksperymentalnie wywołanym zmęczeniem mięśni.

Van Breugel H. i Bär D. wykazali, że aplikacja wiązki laserowej o energii 0,4 – 19 J przy gęstości mocy 5–21,2 mW/cm<sup>2</sup> wpływała korzystnie na ustępowanie procesu zapalnego wewnątrz torebki stawowej, który wyrażał się tymczasowym hamowaniem metabolizmu i zmniejszeniem liczby fibroblastów wewnątrz torebki stawowej [59].

W badaniach [60] prowadzonych na 48 szczurach z unieruchomionym operacyjnie stawem kolanowym tylnej nogi wykazano porównywalne efekty laseroterapii i masażu wirowego. Oceniano stopień elastyczności tkanek okołostawowych, masę mięśnia brzuchatego łydki i ruchomość badanego stawu. Zaobserwowano również większą poprawę w grupie leczonej wiązką o gęstości mocy 5,8 W/cm<sup>2</sup> w porównaniu z grupą, w której zastosowana gęstość mocy wynosiła 3,9 W/cm<sup>2</sup>

Eksperymenty Ueda [61] polegające na naświetlaniu osteoblastów wyizolowanych z łydki szczura przy zastosowaniu półprzewodnikowego lasera o mocy 500 mW i długości fali 830 nm wykazały brak różnicy pomiędzy efektami pracy w systemie ciągłym i impulsowym (1 Hz). W obydwu przypadkach stwierdzono przyśpieszenie proliferacji komórek i formowania się kości oraz pobudzenie syntezy fosfatazy alkalicznej.

Badania Nicolau [62] z 2002 roku wykazały pozytywne efekty naświetlania pourazowych złamań kości u myszy laserem GaAlAs o długości fali 660 nm. Uzyskano zwiększoną masę kości i liczbę osteoblastów.

Badania Gottlieb'a i wsp.[63] dotyczyły wpływu naświetlań wiązka laserową o długości 692,6 nm i mocy 20mW na skład zmienionej chorobowo chrząstki stawowej. Po zastosowaniu różnej gęstości energii: 1 J/cm<sup>2</sup> lub 4 J/cm<sup>2</sup> wykazano większą skuteczność terapii przy zastosowaniu większej dawki. Badano skuteczność naświetlań laserowych w zmniejszeniu zmęczenia mięśniowego wywołanego elektrostymulacją [64]. 32 szczury podzielono na cztery grupy. I grupa (kontrolna) bez naświetlań, II grupa naświetlana laserem o długości fali 655 nm i dawką 0,5 J/cm<sup>2</sup> w czasie 32 sekund, III grupa naświetlana dawką 1,0 J/cm<sup>2</sup> w czasie 80 sekund, IV grupa naświetlana dawką 2,5 J/cm<sup>2</sup> w czasie 160 sekund. Wywoływano 6 skurczów tężcowych mięśnia piszczelowego przedniego, do czasu aż siła mięśniowa nie zmniejszyła się do 50% siły wyjściowej. Nie zaobserwowano znaczącej różnicy pomiędzy grupą kontrolną, a grupą IV naświetlaną dawką 2,5 J/cm<sup>2</sup>. Znaczącą różnicę odnotowano w grupie naświetlanej 0,5 J/cm<sup>2</sup> i 1,0 J/cm<sup>2</sup>. Odpowiednio maksymalna siła dla szóstego skurczu tężcowego była znacznie wyższa w porównaniu z grupą kontrolną i wyniosła 92,2% siły wyjściowej dla naświetlań dawką 0,5 J/cm<sup>2</sup> i 83,2% siły wyjściowej dla naświetlań dawką 1,0 J/cm<sup>2</sup> i 82,9% siły wyjściowej dla naświetlań dawką 2,5 J/cm<sup>2</sup>. W grupach naświetlanych wiązką o gęstości energii 1,0 J/cm<sup>2</sup> i 2,5 J/cm<sup>2</sup> zaobserwowano również znacznie niższy poziom kinazy kreatynowej w osoczu w porównaniu z grupą kontrolną.

Badania wpływu promieniowania laserowego na przeciwdziałanie utracie masy kostnej po ovariectomii prowadzone były na 40 szczurach podzielonych na cztery grupy. Grupa kontrolna była fikcyjnie operowana, w II grupie wykonano ovariectomię, III grupa była fikcyjnie operowana i naświetlana laserem o długości fali 830 nm przy zastosowaniu gęstości energii 120 J/cm<sup>2</sup> natomiast w IV grupie wykonano ovariectomię i naświetlano laserem przy zastosowaniu gęstości energii 120 J/cm<sup>2</sup>. Naświetlanie kości udowej szczura rozpoczęto dzień po operacji i kontynuowano 3 razy w tygodniu przez okres dwóch miesięcy. Po naświetlaniach oceniano właściwości fizyczne kości. Maksymalny ciężar w grupie IV był wyższy niż w pozostałych grupach. Sucha masa kostna i objętość kości w grupie IV nie wykazała znacznych różnic w porównaniu z innymi grupami [65]. (tab. 2)

#### **SKUTECZNOŚĆ NAŚWIETLAŃ ŚWIATŁEM VIP W BADANIACH KLINICZNYCH**

Stasinopoulos wykazał skuteczność spolaryzowanego, polichromatycznego światła w leczeniu łokcia tenisisty. Badaniem objęto 25 pacjentów.

Naświetlano nadkłykieć boczny kości ramiennej 3 razy w tygodniu przez okres miesiąca.

**TABELA 2. Skuteczność terapii laserowej w badaniach klinicznych**

| Jednostka chorobowa   | Długość fali w [nm]  | Moc promieniowania                               | Ilość energii lub czas zabiegu     | Efekty terapii  | Autor badania Rok                                  |
|---|--|--|------------------------------------|---|--|
| 1   | 2  | 3  | 4                                  | 5   | 6  |
| Reumatoidalne zapalenie stawów                                  | He-Ne 630 nm   | 20 mW  | 0,4– 4,8 J/punkt                   | Poprawa ruchomości stawów; zwiększenie siły mięśniowej  | Goldman L 1972                                     |
| Reumatoidalne zapalenie stawów                                  | Ga-As 830 nm   | 60 mW  | –                                  | Efekt przeciwbólowy u 33%; dobry w 64,7%; 2% brak skuteczności terapii  | Galletti G. i wsp. 1992                            |
| Reumatoidalne zapalenie stawów                                  | GaAlAs 780 nm  | 10 mW  | 31,8 J/cm <sup>2</sup>             | Zahamowanie progresji zmian u 46,7% chorych ze zmianami w obrębie stawów kolanowych i u 37,2% ze zmianami w obrębie stawów promieniowo-nadgarstkowych; poprawa obrazu radiologicznego | Galletti G. i wsp. 1992                            |
| Reumatoidalne zapalenie stawów                                  | Ga-As 830 nm   | 15 mW  | 1 min                              | Zwiększyła się siła chwytu, zmniejszył się obrzęk i sztywność poranna, stwierdzono szybsze ustępowanie procesu zapalnego, ustąpienie dolegliwości bólowej                             | Ushakow A.A. i WSP 1992                            |
| Zesztywniające zapalenie stawów kręgosłupa                      | Ga-As 904 nm – impulsowe; He-Ne promieniowanie 632,8 nm – ciągłe |  | 30 min/dzień                       | U 40% chorych – ograniczenie przyjmowania leków; 30% całkowicie odstawiono leki; 10–15% – brak poprawy w zakresie ustąpienia dolegliwości bólowych                                    | Lerner L.A. 1988                                   |
| Reumatoidalne zapalenie stawów                                  | Ga-As 830 nm – praca ciągła                                      | 60 mW  |                                    | 80% chorych– bardzo dobry i dobry efekt   | Asada K. i wsp 1989                                |
| Reumatoidalne zapalenie stawów                                  | He-Ne 630 nm i He-Cd   |  |                                    | U 76%–ustąpienie sztywności porannej, dolegliwości bólowych i objawów zapalnych   | Kriuk A.S. i wsp.1986                              |
| Reumatoidalne zapalenie stawów.<br>Łuszczycowe zapalenie stawów | He-Ne 630 nm, He-Cd oraz lasery półprzewodnikowe                 | 100–150mW/cm <sup>2</sup>                        | 2–9 J/cm <sup>2</sup><br>20–60 sek | U 69–86% chorych normalizacji parametrów krwi (aktywność neutrofilów, liczebność limfocytów B i T oraz stężenie immunoglobulin)   | Goldman J.A. i wsp. 1980<br>Matulis A. i wsp. 1995 |
| Łokieć tenisisty  | Ga-As 904 nm   | 4 mW<br>f=800Hz;<br>t <sub>imp</sub> =200ns      | 2–3 minuty/punkt                   | Ustąpienie dolegliwości bólowych u 90% pacjentów  | Sieroń i wsp. 1992                                 |
| Zespół cieśni nadgarstka  | Ga-Al-As 860nm   |  | 6 J/ cm <sup>2</sup>               | Poprawa funkcji i poprawa parametrów elektrofizjologicznych porównywalna z grupą placebo  | Irvine J. i wsp. 2004                              |
| Zapalenie ścięgna Achillesa                                     | Ga-As 904 nm,  | 4 mW<br>f = 800 Hz;<br>t <sub>imp</sub> = 200 ns | 5 minut                            | Subiektywna poprawa obejmowała 100%; zmniejszenie dolegliwości bólowych i obrzęku wokół kostek u 70%  | Adamek M. i wsp. 1992                              |
| Okolostawowe  | Ga-As 904  | 4 mW   |                                    | U 70% Po kilku zabiegach–ustąpienie bólu  | Adamek M. I wsp                                    |



|   |   |   |                       |  |  |
|---|---|---|-----------------------|--|--|
| zapalenie kolana                                  | nm  | f = 800 Hz;<br>t <sub>imp</sub> = 200 ns; | 3–5 minut/dzień       | i zwiększenie ruchomości; po zakończonej serii ustępował obrzęk i zaczerwienienie  | 1992                                     |
| 1   | 2   | 3   | 4                     | 5  | 6  |
| Reumatoidalne zapalenie stawów (początkowy okres) | Ga–As 830 nm  | 200 mW<br>5 Hz lub<br>10 Hz               | 2–4 J/cm <sup>2</sup> | Ustąpienie dolegliwości bólowych zarówno w czasie spoczynku, jak i w czasie aktywności ruchowej, zmniejszenie sztywności porannej i poprawa ruchomości w leczonych stawach | C. Ailioaie<br>1990                      |
| Reumatoidalne zapalenie stawów                    | Ga–As 904 nm  |   |                       | Zmniejszenie dolegliwości bólowych u 90% pacjentów, zwiększenie zakresu ruchu u 56%  | Asada i wsp.<br>1989                     |
| Zapalenie ścięgna Achillesa                       | He–Ne 670 nm,<br>Ga–As 704 nm,<br>lub łącznie 670 i 904 nm    |   |                       | Poprawa ukrwienia okolicy ścięgna Achillesa  | Gartner Ch.;<br>Minden A. i wsp.<br>1988 |
| Zespół bolesnego barku                            | He–Ne 632,8 nm<br>oraz CO <sub>2</sub> 1060 nm                |   |                       | Ustąpienie zwapnień okołostawowych   | Spinelli P. i wsp.<br>1992               |
| Zespół bolesnego barku                            | He–Ne 632,8 nm i<br>Ga–As 904 nm<br>( <sup>1</sup> cznie)     |   |                       | U 87% poprawa po 5–15 dalsze utrzymywanie się uzyskanych efektów   | Glinkowki W. i<br>wsp. 1992              |
| Zespół bolesnego barku                            | Ga–As 904 nm  | 4mW                                       | 2–3 min/punkt         | U 75% chorych ustąpiły całkowicie dolegliwości bólowe oraz poprawiła się ruchomość w stawie barkowym   | Adamek M.<br>i wsp. 1992                 |
| Zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa                  | Ga–As 830 nm – praca ciągła<br>Ga–As 904 nm – praca impulsowa | 60 mW;<br>moc szczytowa pracy imp. 50W    | 15 minut/zabieg       | Zmniejszenie dolegliwości bólowych i poprawa ruchomości kręgosłupa – efekty bardzo dobre uzyskano u 35,7% pacjentów, zadowalające u 22,8%, brak poprawy 1,5%.              | Klein R.G. i wsp.<br>1990                |
| Choroba zwy-                                      |   |   |                       | Pozytywne efekty u 55–65% chorych  | Bierglezow M.A.                          |

|   |  |                                    |   |   |   |
|---|--|------------------------------------|---|---|---|
| rodnieniowa stawów kolanowych i biodrowych                    |  |                                    |   | naświetlanych wiązką laserową i u 82% chorych, u których stosowano równoległe inne zabiegi fizykalne  | i wsp. 1987   |
| 1   | 2  | 3                                  | 4   | 5   | 6   |
| Zmiany zwyrodnieniowe stawów kręgosłupa i stawów kolanowych   | He-Ne 630 nm   | 25 mW                              | 20-60 sek   | Zmniejszenia dolegliwości bólowych, zwiększenia ruchomości w stawach; poprawa utrzymywała się aż 14 miesięcy.   | Mielniczuk Ł. P. i wsp 1987   |
| Zmiany zwyrodnieniowe stawów skroniowo-żuchwowych             | Ga-As 904 nm   | 17 mW                              | 3 J/cm <sup>2</sup><br>180 sek                                      | Zmniejszenie bólu i poprawa ruchomości stawu porównywalne z grupą placebo usprawnianą ruchowo   | Kulekcioglu S. i wsp 2003   |
| Spondyloza szyjna   | CO <sub>2</sub> /He-Ne   | 25 mW                              | 10 min/dziennie punkty akupunkturowe                                | Poprawę uzyskano u 90% pacjentów, w tym 43% efekty bardzo dobre   | Li X. H. 1992   |
| Choroba zwyrodnieniowa narządu ruchu                          | 904 nm-<br>Ga-As   | f=6400Hz<br>t <sub>r</sub> =200 ns | 4J/cm <sup>2</sup>  | Obniżenie poziomu bólu i poprawa zakresu ruchu  | Boerner wsp. 1999   |
| Choroba zwyrodnieniowa kręgosłupa lędźwiowego, st. kolanowych | He-Ne 632,8 nm<br>CO <sub>2</sub> 1060 nm<br>Ga-As 904 nm        |                                    |   | Brak różnic pomiędzy skutecznością lasera He-Ne i CO <sub>2</sub> , znacząca różnica pomiędzy CO <sub>2</sub> i Ga-As   | Giavelli i wsp. 1998  |
| Zwyrodnienie stawu kolanowego                                 |  |                                    | 18J/cm <sup>2</sup>   | Poprawa ruchomości stawu i ustąpienie dolegliwości bólowych u 82% pacjentów   | Trelles i wsp. 1991   |
| Przewlekły ból karku  | Ga-As 830nm  | 300mW                              | Bolesne miejsca karku 2x/tydzień                                    | Poprawa dotyczyła 48,5% w porównaniu z grupą kontrolną gdzie poprawa dotyczyła 3,99%.   | Chow RT. I wsp.2006   |
| Bolesny bark  | 904 nm<br>Ga-As  | 2000 Hz                            | Przez 10 dni w ciągu 2 tygodni. Naświetlano po 1 min                | Zmniejszenie wrażliwości dotykowej u 17 pacjentów (85%), w grupie II (placebo) u 6 pacjentów (30%). Lepsze rezultaty w grupie I dotyczyły także biernego wyprost, nie było znaczącej różnicy w zakresie pozostałych objawów | Bingol U. I wsp. 2005   |
| Złamania kości  | Ga-As 830, 890, 904, CO <sub>2</sub> - 1060 nm<br>He-Ne 632,8 nm | 3000Hz                             | 0,2-2J/cm <sup>2</sup><br><br>50 J/cm <sup>2</sup> lub 2-24 J/punkt | Stymulujący wpływ na gojenie złamania   | Shugarov, Trelles, Pashniev, Tkachenko, Chen i wsp. 1974, 1989,1986, 1988, 1989 |
| Okołoszczytowe złamania kości                                 | Ga-As 904 nm   | 11 mW                              | 9 J/cm <sup>2</sup>   | Pozytywne efekty w gojeniu złamań kości   | Sous 2002   |
| Skřęcenia stawu skokowego                                     | Ga-As 830, 904 nm  |                                    | 0,21-4 J/cm <sup>2</sup>  | Obniżenie poziomu bólu, skrócenie czasu rekonwalescencji  | Emmanouilidis i wsp. 1986<br>Morselli i wsp 1988                                |
| Przewlekły ból mięśniowy                                      | 630 nm<br>He-Ne  |                                    | Od 36-90 J/cm <sup>2</sup> ,<br>6-15 min/dzień                      | Zmniejszenie pobudliwości układu współczulnego, zmniejszenie dolegliwości bólowych  | Fender i Diffe 1992   |

|  |                     |  |   |   |                                   |
|--|---------------------|--|---|---|-----------------------------------|
| Zmęczenie mięśni                         | Ga- As<br>950nm     | 160 mW   | 3,2 J/cm <sup>2</sup>   | Nie wykazano istotnych statystycznie efektów laseroterapii  | Vinck E. I<br>wsp.2006            |
| Stan zapalny stawu                       | He-Ne 630<br>nm     | 5-21,2<br>mW/cm <sup>2</sup>                   | 0,4-19 J/punkt  | Ustępowanie procesu zapalnego wewnątrz torebki stawowej   | Van Breugel H.<br>and Bär D. 1992 |
| 1  | 2                   | 3  | 4   | 5   | 6                                 |
| Unieruchomienie stawu kolanowego szczura |                     | 3,9 W/cm <sup>2</sup><br>5,8 W/cm <sup>2</sup> |   | Większa poprawa w grupie leczonej wiązką o gęstości mocy 5,8 W/cm <sup>2</sup><br>Zwiększenie elastyczności tkanek okołostawowych, zwiększenie masy mięśnia brzuchatego łydki szczura i ruchomości stawu  | Usuba i wsp.<br>1998              |
| Złamania kości                           | Ga- As<br>830 nm    | 500mW<br>(tryb ciągły/impulsowy 1Hz)           |   | Przyspieszenie proliferacji komórek i formowania się kości. Pobudzenie syntezy fosfatazy alkalicznej  | Ueda<br>2001                      |
| Złamanie kości u myszy                   | Ga-Al.-As<br>660 nm |  |   | Uzyskano zwiększoną masę kości i liczbę osteoblastów  | Nicolau i wsp.<br>2002            |
| Zmieniona chorobowo chrząstka stawowa    | Ga- As<br>692,6 nm  | 20mW   | 1 J/cm <sub>2</sub> lub<br>4J/cm <sub>2</sub>   | Po zastosowaniu różnej gęstości energii wykazano większą skuteczność terapii przy zastosowaniu większej dawki   | Gottlieb T. i wsp.<br>2006        |
| Zmęczenie mięśnia                        | He- Ne<br>655 nm    |  | I grupa- bez naświetlań, II grupa-0,5 J/cm <sup>2</sup> w czasie 32 sekund, III grupa - 1,0 J/cm <sup>2</sup> w czasie 80 sekund, IV grupa- 2,5 J/cm <sup>2</sup> w czasie 160 sekund | Brak różnicy pomiędzy grupą kontrolną a grupą naświetlaną dawką 2,5 J/cm <sup>2</sup> . Znacząca różnica w grupie naświetlanej 0,5 J/cm <sup>2</sup> i 1,0 J/cm <sup>2</sup> . Maksymalna siła mięśnia była znacznie wyższa w porównaniu z grupą kontrolną i wyniosła 92,2% siły wyjściowej dla naświetlań dawką 0,5 J/cm <sup>2</sup> i 83,2% siły wyjściowej dla naświetlań dawką 1,0 J/cm <sup>2</sup> i 82,9% siły wyjściowej dla naświetlań dawką 2,5 J/cm <sup>2</sup> . W grupach naświetlanych wiązką o gęstości energii 1,0 J/cm <sup>2</sup> i 2,5 J/cm <sup>2</sup> , znacznie niższy poziom kinazy kreatynowej w osoczu w porównaniu z grupą kontrolną. | Lopes-Martins<br>R.A. I wsp. 2006 |
| Osteoporoza po ovariectomii              | Ga- As<br>830nm     |  | Naświetlano kość udową dawką 120 J/cm <sub>2</sub> .  | Maksymalny ciężar w grupie naświetlanej był wyższy niż w grupach kontrolnych. Sucha masa kostna i objętość kości w grupie naświetlanej nie wykazała znacznych różnic w porównaniu z grupami kontrolnymi   | Renno A.C. I<br>wsp.2006          |

Oceniano dolegliwości bólowe z wykorzystaniem skali VAS i bezbolesną siłą uścisku ręki przed naświetlaniem oraz po 4 tygodniach leczenia. Wyniki badań pokazały zmniejszenie dolegliwości bólowych oraz poprawę funkcjonalności kończyny – bezbolesna siła uścisku ręki uległa zwiększeniu [66]. Kolejne badania prowadzone z wykorzystaniem lampy BIZUN wykazały skuteczność terapii w wielu jednostkach chorobowych. Seria obejmowała 10–15 zabiegów wykonywanych 3–4 razy w tygodniu (w niektórych przypadkach codziennie). Badaniem objęto 8716 pacjentów, w tym u 2/3 stosowano naświetlanie ogólne światłem VIP, a u 1/3 aplikację miejscową tego światła [67]. Badana grupa obejmowała: 1258 pacjentów z zespołami bólowymi odcinka szyjnego kręgosłupa, 1836 pacjentów z zespołami bólowymi odcinka piersiowego kręgosłupa i sta-

wów mostkowo-żebrowych, 1352 pacjentów z zespołami bólowymi odcinka lędźwiowego kręgosłupa, 418 pacjentów z zespołami bólowymi obręczy barkowej, w tym zespół bolesnego barku, 601 pacjentów z łokciem tenisisty (golfisty), 323 pacjentów ze zmianami w obrębie drobnych stawów rąk, 326 pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi stawów kolanowych, 812 pacjentów ze zmianami w obrębie stawów krzyżowo-biodrowych. W wyniku stosowanej terapii uzyskano: efekt przeciwbólowy, efekt przeciwzapalny oraz efekt biostymulacyjny.

Powyższe efekty leczenia zaobserwowano w poszczególnych grupach pacjentów: w grupie pacjentów z bólami kręgosłupa u 54% badanych, u których nie stosowano farmakoterapii oraz fizjoterapii, u 97% badanych, u których stosowano niesteroidowe leki przeciwzapalne, przeciwbó-

we, masaż, delikatne techniki mobilizacyjne oraz terapię manualną; w grupie pacjentów z zespołem bolesnego barku u 62% badanych, u których nie stosowano farmakoterapii oraz fizjoterapii, u 82%, po zastosowaniu niesteroidowych leków przeciwzapalnych, przeciwbólowych oraz fizjoterapii; w grupie pacjentów z łokciem tenisisty i golfisty, u 93% bez stosowanej równolegle farmakoterapii i fizjoterapii; w grupie pacjentów z zespołami bólowymi w przebiegu choroby zwyrodnieniowej stawów, u 52% bez stosowanej równolegle farmakoterapii i miejscowych iniekcji dostawowych, u 95% ze stosowaną równolegle farmakoterapią w postaci niesteroidowych leków przeciwzapalnych, przeciwbólowych, w tym również z dostawowymi aplikacjami kortykosteroidów i innymi preparatami oraz fizjoterapią mającą na celu utrzymanie zakresu ruchu w stawach. [61].

### PODSUMOWANIE

Badania nad stosowaniem bodźców fizykalnych umożliwiają opracowanie wiarygodnych zaleceń do stosowania fizykoterapii w praktyce. Autorzy badań powinni analizować wpływ intensywności czy częstotliwości stosowanego bodźca w zależności od nasilenia objawów chorobowych czy wieku pacjenta. Systematycznie prowadzona terapia, jak też odpowiednio dobrane parametry zabiegu pozwalają uzyskać oczekiwane efekty lecznicze. Najmocniejszych dowodów na efektywność danej metody dostarczają prospektywne, kontrolowane kliniczne badania na licznych grupach pacjentów. Leczenie może być uznane za skuteczne tylko wtedy, gdy osoby poddane zabiegom wykazują większą lub szybszą poprawę niż osoby z grupy kontrolnej. W przypadku małych, niejednorodnych grup różnice pomiędzy grupami mogą zostać zafałszowane przez zmienność wewnątrzgrupową, np. (różny etap procesu chorobowego, różne okolice ciała), badania na takich grupach mogą prowadzić do błędnych wniosków dotyczących skuteczności leczenia. Nowoczesne badania naukowe powinny wykazać, że dane czynniki fizykalne optymalizują osiągnięcie celów leczenia oraz, że czynią to w najkrótszym czasie po najmniejszych kosztach.

Laseroterapia i terapia światłem spolaryzowanym to stosunkowo nowe metody fizykoterapii wprowadzone do leczenia. Z przedstawionego przeglądu wynika, że obecnie są one często stosowanymi formami światłolecznictwa skutecznymi w leczeniu chorób narządu ruchu. Skuteczność tę obserwuje się zarówno w przypadku monoterapii jak i terapii skojarzonej. Niewielka jest liczba badań naukowych potwierdzających ich skutecz-

ność oraz badań określających ostateczne ograniczenia ich stosowania.

Badania nad szkodliwością stosowania bodźców fizykalnych mogą ułatwiać wprowadzanie do praktyki rehabilitacyjnej metod uznawanych wcześniej za niebezpieczne. Przy naświetlaniu okolic szyi zaleca się szczególną ostrożność pomimo braku badań opisujących negatywny wpływ terapii laserowej na aktywność gruczołu tarczycy. Również epilepsję zalicza się do istotnych przeciwwskazań, chociaż mechanizm wywoływania ataków nie jest do końca wyjaśniony. Przypuszcza się, że na wywoływanie ataków może mieć wpływ częstotliwość promienia laserowego. Podobnie jak naświetlanie powłok brzusznych oraz naświetlanie przezpochwowe u kobiet ciężarnych większość autorów uważa za przeciwwskazane, chociaż badania Cheetmana i wsp. na embrionach kurzych nie wykazały teratogennego działania wiązki laserowej. Nie wykazano dotychczas negatywnego wpływu lasera na komórki rozrodcze męskie, chociaż duża gęstość energii może być przyczyną mutacji chromosomalnych. Ograniczenia te wynikają z potrzeby zachowania ostrożności. Istotną zaletą laseroterapii są wyraźne efekty przeciwbólowe, które pozwalają na znaczne ograniczenie stosowanej farmakoterapii u badanych chorych.

W dotychczasowych badaniach nie stwierdzono skutków ubocznych po zastosowaniu światła VIP, dlatego też potrzebne są dalsze badania i obserwacje nad możliwymi działaniami niepożądanymi i środkami ostrożności w dziedzinie światłolecznictwa.

Dostrzegalna jest niewielka liczba publikacji dotyczących zarówno pozytywnych, jak i negatywnych efektów tych terapii, które spełniałyby kryteria medycyny opartej na faktach (EBM). Uzasadnia to potrzebę dalszych badań zarówno laboratoryjnych, jak i klinicznych przeprowadzanych w znaczących placówkach naukowych i medycznych.

### PIŚMIENNICTWO

1. Glinkowski W., Pokora L.: *Lasery w terapii. Laser Instruments*, Centrum Techniki Laserowej. Warszawa, 1993.
2. Kuźdżał A., Walaszek R.: *Zastosowanie widzialnego polichromatycznego światła spolaryzowanego (V.I.P. Light) w rehabilitacji. Część 3) I. Charakterystyka właściwości fizycznych światła VIP oraz mechanizm oddziaływania biofizycznego*, Fizjoterapia 2001, 9, 4.
3. Kuliński W.: *Fizykoterapia* [w:] Kwolek A.: *Rehabilitacja medyczna*, Urban & Partner, Wrocław 2002.
4. Mester E.: *Laser Application in Promotion of Wound Healing*, 1980.
5. Mester E. i in.: *Auswirkungendirekter Laserbestrahlung auf menschliche Lymphocyten*, Arch. Dermatol. Res. 1978, 263.

6. Sieroń A.: *Magnetoterapia i laseroterapia*, Śląska Akademia Medyczna, Katowice 1994.
7. Przybylski J.: *Wpływ światła Bioptron na komórkę ludzkiego organizmu*. Wykład na „Forum Lekarskim Bioptron – światło, które leczy”, Warszawa 1998.
8. Routnerova M.: *Six Years Experience with Therapeutic Effects of Polarized Light in comparison with Biostimulation Laser*, Clinixperience 23/2000.
9. Belisheva N.K. i in.: *Change of growth stimulating activity of human blood after UV irradiation*, The 2nd Congress of the European Society for Photobiology, Padova 1987.
10. Freidlin I.S. i in.: *Growth regulation activity of blood components for different target cells*, Instytut Cytologii, Rosyjska Akademia Nauk, St. Petersburg 1998.
11. Snopov S.: *O mechanizmach leczniczego oddziaływania widzialnego światła spolaryzowanego*, Instytut Cytologii, Rosyjska Akademia Nauk, wykład na Forum Lekarskim, Warszawa 1998.
12. Fenyó M.: *Theoretical and Experimental Basis of biostimulation by Bioptron*, Optic and Laser Technology, 1984, 16, 209.
13. Pahalov V.B. i in.: *Self-focusing of light in the nematic phase of liquid crystals*, MBBA 10th Nat. Conf. On coherent and non-linear Optics, Kijów 1980.
14. Glazanova J.V.: *Gwałtowne zmiany stanu strukturalnego powierzchni limfocytów krwi krążącej po pojedynczym zaaplikowaniu ochotnikom widzialnego, spolaryzowanego światła*, Rosyjski Instytut Hematologii i Transfuzji, St. Petersburg 1998.
15. Obolenskaya K. I in.: *Single exposure of skin to visible incoherent polarized light induces modulation of functional state of circulating leukocytes*, Ebo 14, Low Power Light Effects, Bios. Europe, 1998.
16. Navratil L., Kypmlova J.: *Contra-Indications of Therapeutic Laser*, Clinixperience. 4/2000.
17. Goldman L.: *Laser Non- surgical Medicine. New Challenges for an Old Application*, Technomic Publishing Inc., Basel 1990.
18. Galletti G., Bolognani L., Ussia G.: *Laser applications in Medicine. Proceedings of the 3rd World Congress – International Society for Laser Applications in Medicine*, Monduzzi Editore, Bologna 1992.
19. Ushakov A.A., Ermolina L.M.: *Laser Therapy of Rheumatoid arthritis and osteoarthritis*. Voen.Med. Zb., 5, 54, 1987.
20. Straburzyński G.: *Balneologia Polska*, Tom XXXIV, Zeszyt 1–4, Poznań 1992.
21. Lerner L.A.: *Effectivness of laser therapy in Bechterew's disease*, Terapevticheskii Arkhiv, 60(4), 134, 1988.
22. Asada K., Yutani Y., Sakawa A., Shimazu A.: *Clinical application of GaAlAs 830 nm diode laser in treatment of rheumatoid arthritis*, Laser Ther., 1991, 3, 77.
23. Goldman J.A., Chiapelle S., Baas N.: *Laser therapy of rheumatoid arthritis*, Lasers in Medicine and Surgery., 1980, 1, 93.
24. Kriuk A.S., Mostownikow W.A., Chochłow J.W., Serdiuczenko N.S.: *Tierapietwiczeskaja effiektivnost nizkointensivnogo lazernogo izluczenij*, Nauka i Technika, Mińsk, 1986.
25. Goldman J.A., Chiapelle S., Baas N.: *Laser therapy of rheumatoid arthritis*, Lasers in Medicine and Surgery., 1980, 1, 93.
26. Matulis A., Vasilenkojtis V.: *Lasertherapie bei RA, deformierender Osteoarthritis und Psoriasisarthropathie*, Rheuma., 1985, 2, 35.
27. Kuszelewski Z.: *Laserowe promieniowanie podczerwone w leczeniu zespołu bolesnego łokcia*, Praca doktorska. CSK WAM, Warszawa 1990.
28. Adamek M., Sieroń A., Cieślak G., Żmudziński J.: *Laseroterapia jako skuteczna metoda leczenia schorzeń układu kostno-stawowego*, Postępy Osteoartrologii 1992, 4, 125.
29. Adamek M., Sieroń A., Cieślak G., Żmudziński J.: *Laseroterapia jako skuteczna metoda leczenia zespołów przecięśniowych narządu ruchu*, Balneologia Polska 1992, 34, 120.
30. Sieroń A., Adamek M., Cieślak G., Żmudziński J., Grzesik P.: *Laseroterapia*, Reumatologia 1991, 29, 192.
31. Ailioaie C.: *The Effects of Laser Therapy in the Early Stages of Rheumatoid Arthritis Onset*, Medical Office for Laser Therapy, Iassy, RO Laura Marinela Lupusoru-Ailioaie, „Al.I.Cuza” University, Dept. of Medical Physics, Iassy, RO: /Clinixperience 1999.
32. Asada i wsp.: *Diode laser therapy for rheumatoid arthritis: a clinical evaluation of 102 joints treated with low reactive level laser therapy (LLLT)*, Laser Therapy 1: 147, 1989.
33. Gartner Ch.: *Laser treatment of therapy resistant tendinitis*. Lasers in Medicine and Surgery 1987.
34. Spinelli P., dal Fante M., Marchesini R.: *Photodynamic therapy and biomedical lasers*, Exerpta Medica, Amsterdam 1992.
35. Glinkowski W., Szczypiorski P., Glinkowska B., Wasilewski L.: *Influence of low-energy laser irradiation on sprained ankles healing*. Chir. Narz.Ruchu i ortop. Pol., Suppl, 1992.
36. Klein R.G., Eek B.C.: *Low-energy laser treatment and exercise for chronic low back pain: double-blind controlled trial*, Arch. Phys. Med. Rehabil., 71(1), 34, 1990.
37. Mika T., Orłow H., Kuszelewski Z.: *Laserowe promieniowanie podczerwone w leczeniu zespołu bólowego dolnego odcinka kregoslupa*, Wiadomości Lekarskie, 43(11) 511, 1990.
38. Biergelezow M.A., Golikowa N.M., Wialko W.W., Ugniwnienko W.J., Wołochow B.E.: *Łaziernoje izluczenije w leczenii tiażolych distroficzeskich porażenij kolennego i tazobiedriennogo sustawow*, Sov. Med., 1987, 4, 48.
39. Mielniczuk Ł. P., Dżawrova J.W., Łukaszyna E.M.: *Łaziernaja tierapija ostieoartroza*, Sov.Med., 1987, 5, 106.
40. Li: *Laser therapy for radicular cervical spondylosis*, Laser Therapy 4: 151, 1992
41. Boerner E., Podbielska H., Nesterowicz M.: *Fizjoterapia* 1999, Tom 7/4
42. Giavelli S., Fava G., Castronuovo G., Spinoglio L., Galanti A.: *LLLT in osteoarticular diseases in geriatric patients*. Radiol. Med. 1998(4):303
43. Trelles i wsp.: *Infra-red diode laser in low reactive level laser therapy (LLLT) for knee osteoarthritis*, Laser Therapy 3: 149, 1991
44. Chow RT., Heller GZ., Barnsley L.: *The effect of 300 mW, 830 nm laser on chronic neck pain: A double-blind, randomized, placebo-controlled study*, The Clinical Journal of Pain 2006 September: 124(1-2):201.

45. Bingol U., Altan L., Yurtkuran M.: *Low-power laser treatment for shoulder pain*, Photomedicine and Laser Surgery 2005, October; 23(5):459.
46. Shugarov N.A., Voronkov D.V.: *Osseous tissues restoration treatment by intramedullary osteosynthesis combined with the influence of laser irradiation*, Proceedings of the 2nd Thematic Symposium of Scientific ractical Papers on the problem of Physical self Regulation, 336, 1974, USSR.
47. Trelles M.A.: *The biostimulatory effect of the HeNe Laser beams for osseous regeneration. Proceedings of the 5th International Congress laser 81*, Optoelectronics in Medicine (ed. Waidelich W.), 153, Springer-Verlag, New York 1981.
48. Redureau D.: *Le laser, application en Physiotherapie*, Moine sa Editeur, 1985.
49. Paschniev V., Cherkasowa G.: *Laser therapy in diseases of the locomotor apparatus and skin at polyclinic*. Voen.Med.Zb., 3:4, 1986.
50. Trelles M.A., Mayayo E.: *Bone fracture consolidates faster with low-power laser*, Lasers Surg.Med., 7, 36, 1987.
51. Tkachenko S.S., Rutskii, Leskov N.T., Tikhilov R.R.: *Possibilities of using computers in the optimization of the parameters of laser therapy in treatment of bone and soft tissue wound*, Ortopedia, Travmatologia i Proterizowanie, 11, 6, 1988.
52. Chen J., Zhou Y.: *Effects of low level carbon dioxide laser radiation on biochemical metabolism of rabbit mandibular bone callus*, Laser Therapy, 1, 283, 1989.
53. Gatev S.: *Helium Neon Laser radiation in the rehabilitation of fracture patients*, Voprosy Kurortologii i Lechebnj Fiziczeskoj Kultry, 2, 28, 1989.
54. Sous G.R., Ribeiro M.S., Groth E.B.: *Bone repair of the periapical lesions treated or not with low intensity laser (wavelength=904nm)*, Lasers Surg. Med. 2002.
55. Emmanouilidis O., Diamantopolus C.: *CW IR low power laser application significantly accelerates chronic pain relief in rehabilitation of professional athletes. A double blind study*. Am. Soc. Laser Med.Surg. 175, 1986.
56. Morselli M., Sorgani O., Anselmi C., Farinelli F.F.: *Very low energy density treatment by CO2 laser in sport medicine*. Am. Soc. Laser Med.Surg. 205, 1988.
57. Fender i Diffe: *Physiological response in chronic pain patients to a new LLLT protocol*, Laser Therapy 4: 169, 1992
58. Vinck E., Cagnie B., Coorevits P., Vanderstraeten G., Cambier D.: *Pain reduction by infrared light-emitting diode irradiation: a pilot study on experimentally induced delayed-onset muscle soreness in humans*. Lasers Surg.Med., 2006 April; 21(1):11.
59. Van Breugel H. and Bär D.: *Power density and exposure time of He-Ne laser irradiation are more important than total energy dose in photobiomodulation of human fibroblast in vitro*, Lasers in Medicine and Surgery 1992. 12:528.
60. Usuba M., Akai M., Shirasaki Y.: *Effect of LLLT on viscoelasticity of the contracted knee joint: comparison with whirlpool treatment in rats*, Lasers Surg. Med 1998, 22(2):81.
61. Ueda Y., Shimizu N.: *Pulse irradiation of low-power laser stimulates bone nodule formation*, Journal of Oral Science. 2001 Mar; 43(1):55
62. Nicolau R A., Jorgetti, V, Rigau, J et al. *Effect of low power laser Ga-Al-As (660nm) in the bone tissue remodulation in mice*, 2002.
63. Gottlieb T., Jorgensen B., Rohde E., Muller G., Schellera EE.: *The influence of irradiation with low-level diode laser on the proteoglycan content in arthrotically changed cartilage in rabbits*, Medical laser applications. 2006; 21(1): 53.
64. Lopes-Martins R.A., Marcos R.L., Leonardo P.S., Prianti A.C., Muscara M., Aimbire F.N., Frigo L., Iversen V.V., Bjordal J.M.: *The effect of low level laser irradiation (Ga-Al-As- 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats*, Journal of Applied Physiology 2006 July; 101(1): 283.
65. Renno AC., de Moura FM., dos Santos NS., Tirico RP., Bossini PS., Parizotto NA.: *Effects of 830 nm laser light on preventing bone loss after ovariectomy*, Photomedicine and Laser Surgery 2006 Oct; 24(5): 642.
66. Stasinopoulos D.: *The use of polarized polychromatic non-coherent light as therapy for acute tennis elbow/lateral epicondylalgia: a pilot study*, Photomed Laser Surg. 2005 Feb; 23(1):66.
67. Routnerova M.: *Six Years' Experience with Therapeutic Effects of Polarized Light in Comparison with Biostimulation Laser*, Clinixperience.
68. Sevinc Kulekcioglu, Koncuy Sivrioglu, Orhan Ozcan, and Mufit Parlak: *Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular disorder 2* Scand J Rheumatol, 2003; 32: 114.
69. Irvine J; Chong SL; Amirjani N; Chan KM.: *Double-blind randomized controlled trial of low-level laser therapy in carpal tunnel syndrome*, Muscle&Nerve 2004 Aug; Vol. 30 (2), pp. 182.

Jolanta Zwolińska  
 Uniwersytet Rzeszowski  
 Instytut Fizjoterapii  
 ul. Warszawska 26A  
 35-205 Rzeszów  
 Tel. 0505095199

Praca wpłynęła do Redakcji: 12 lipca 2007  
 Zaakceptowano do druku: 6 sierpnia 2007