



Katarzyna Rajfur



**Znaczenie wybranych metod
leczenia zachowawczego
w niwelowaniu objawów
przewlekłego zespołu bólowego
dolnego odcinka kręgosłupa**

Opole 2020

**Znaczenie wybranych metod
leczenia zachowawczego
w niwelowaniu objawów
przewlekłego zespołu bólowego
dolnego odcinka kręgosłupa**

Katarzyna Rajfur

**Znaczenie wybranych metod
leczenia zachowawczego
w niwelowaniu objawów
przewlekłego zespołu bólowego
dolnego odcinka kręgosłupa**



Uniwersytet Opolski
Opole 2020

Recenzenci
prof. dr hab. Wiesław Pilis
dr Zbigniew Wroński

Redakcja, skład i łamanie, projekt okładki
Przemysław Biliczak, Studio IMPRESO

© Copyright by Uniwersytet Opolski
Opole 2020

ISBN 978-83-7395-901-9

Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego
45-365 Opole, ul. Dmowskiego 7-9
Wydanie I
Składanie zamówień: tel. 77 401 67 46;
email: wydawnictwo@uni.opole.pl

Spis treści

1. Wybrane zagadnienia kliniczne.....	7
2. Wybrane zabiegi elektrolecnicze.....	10
2.1. TENS.....	10
2.2. Elektrostymulacja wysokonapięciowa	11
2.3. Prądy interferencyjne.....	11
2.4. Prądy diadynamiczne	12
2.5. Przegląd wybranych badań klinicznych z zakresu elektrolecznictwa.....	13
3. Fala uderzeniowa	16
3.1. Definicja fali uderzeniowej i jej rodzaje	16
3.2. Przegląd badań podstawowych i klinicznych z zakresu fali uderzeniowej	17
4. Laseroterapia	21
4.1. Definicja i rodzaje laseroterapii	21
4.2. Przegląd badań podstawowych i klinicznych z zakresu laseroterapii.....	23

5. Suche igłowanie.....	30
5.1. Definicja i mechanizm działania suchego igłowania.....	30
5.2. Przegląd wybranych badań klinicznych z zakresu suchego igłowania	32
6. Wykorzystanie przedstawionych metod leczenia zachowawczego w niwelowaniu objawów przewlekłego zespołu bólowego dolnego odcinka kręgosłupa na przykładzie wybranych badań klinicznych ..	37
7. Piśmiennictwo.....	44

1. Wybrane zagadnienia kliniczne

Przewlekły zespół bólowy dolnego odcinka kręgosłupa (LBP - ang. *Low Back Pain*) to jednostka chorobowa będąca następstwem rozwoju cywilizacyjnego współczesnego społeczeństwa. Zmiany ewolucyjne, w wyniku których człowiek przyjął pionową postawę ciała (łac. *homo erectus* - człowiek wyprostowany), niedobór aktywności fizycznej w życiu codziennym, brak przestrzegania zasad ergonomii oraz wszechobecnie rozpowszechniony siedzący tryb życia (łac. *homo sedentarius* - człowiek siedzący) przyczyniają się do odnotowywania dolegliwości bólowych w coraz młodszej grupie wiekowej. Aktualnie tego typu schorzenie, ze względu na powszechne występowanie, uznawane jest za chorobę cywilizacyjną, która negatywnie rzutuje na jakość życia pacjentów, ograniczając ich zawodowo oraz społecznie [8, 32]. Aż 80% dorosłego społeczeństwa doświadcza bólu dolnego odcinka kręgosłupa [91, 123, 135, 138, 165], stanowiąc tym samym globalny problem. Prawie 10% światowej populacji cierpi z powodu przewlekłego bólu krzyża, a liczba chorych wzrosła z 53 milionów w 1990 roku aż do 83 milionów 20 lat później [59].

Publikacja Grzegorzyc i Kwolka [53] donosi, że między 60 a 90% dorosłej populacji przynajmniej raz w ciągu roku doświadcza dolegliwości okolicy lędźwiowo-krzyżowej kręgosłupa. Ponadto wśród Polaków, ponad 70% osób przynajmniej raz w życiu cierpiało z powodu LBP przed ukończeniem 40. roku życia.

W swoim doniesieniu Dromzał [29] podkreśla, że chroniczne nieswoiste bóle dolnego odcinka kręgosłupa powinny być traktowane jako oddzielna jednostka chorobowa, bowiem wymagają holistycznego i spersonalizowanego podejścia leczniczego. Nawet w 90% przypadkach

leczonych ambulatoryjnie, nie odnotowuje się istotnych odstępstw w obrazie neurologicznym i radiologicznym. Zdecydowana większość to wyłącznie dysfunkcje zwyrodnieniowe.

Mechanizm dolegliwości, na tle zarówno fizycznym jak i psychicznym, jest zróżnicowany. Szacuje się, że około 90% dolegliwości w odcinku lędźwiowo-krzyżowym spowodowane jest przez zmiany struktury krążków międzykręgowych lub stenozę kanału kręgowego. Pozostałe przypadki najczęściej są wynikiem uszkodzeń i stanów zapalnych mięśni, więzadeł, nerwów, naczyń krwionośnych i stawów międzykręgowych [91, 123, 135, 138, 165]. Zmiany zwyrodnieniowo-wytwórcze oraz dolegliwości bólowe kręgosłupa prowadzą do zmniejszenia poziomu sprawności fizycznej chorych. Wiążąca się z tym faktem liczba przeciążeń, przyjmowanie niefizjologicznych pozycji przeciwbólowych przez dłuższy czas oraz przyrost masy ciała z uwagi na ograniczenie aktywności fizycznej mają swoje odzwierciedlenie w funkcjonowaniu kręgosłupa [47, 78]. Trudności w wykonywaniu prostych czynności dnia codziennego, tj. siedzenie, stanie lub chód, mają przełożenie na pogorszenie ogólnej jakości życia i perspektyw zawodowych, a to może prowadzić do konieczności przekwalifikowania, pogorszenia statusu finansowego i podwyższenia świadczeń socjalnych [14, 76, 92, 107, 119, 126].

Przewlekłe bóle dolnego odcinka kręgosłupa stanowią nie tylko powszechny, ale i bardzo kosztowny problem. Przykładowo, w przeciągu zaledwie dwóch lat w Wielkiej Brytanii odnotowano ponad 64 tysiące przypadków bólu krzyża, których średni roczny koszt leczenia wynosi ponad tysiąc funtów brytyjskich na jednego pacjenta. W Stanach Zjednoczonych natomiast na finansowanie terapii bólu dolnego odcinka kręgosłupa w samym 2010 roku przeznaczono aż 16 miliardów dolarów, a w kolejnych latach suma ta się podwajała [125].

Duży problem stanowią również nawracanie oraz progresja dolegliwości bólowych. Skuteczne leczenie dyskopatii lędźwiowo-krzyżowej wiąże się z wprowadzeniem stałych zmian stylu życia, tj. codziennej aktywności fizycznej oraz korzystania z zabiegów fizjoterapeutycznych. Międzynarodowe publikacje [67] dowodzą, że nawet 3/4 chorych uskar-

za się na nawrót objawów po kilku miesiącach od zakończenia procesu leczniczego.

Spośród metod leczenia bólu krzyża wyróżniamy między innymi ingerencje chirurgiczne, które budzą kontrowersje z uwagi na inwazyjność i występowanie późniejszych powikłań. Jacobs i wsp. [67] w swojej metaanalizie zestawili ze sobą kontrolowane, randomizowane badania obrazujące efektywność leczenia operacyjnego i zachowawczego dyskopatii lędźwiowo-krzyżowej z objawami radikulopatii. Część analizy wykazała wprawdzie wyższość zabiegu chirurgicznego nad leczeniem zachowawczym, jednak w ramach kontroli wyników odległych nie stwierdzono istotnych różnic w odniesieniu do regresji objawów. Ponadto część opracowanych doniesień naukowych wskazywała na tożsamą skuteczność leczenia operacyjnego i zachowawczego, co skłania do poznawania dotychczasowych i odkrywania nowych możliwości leczenia objawowego LBP z uwagi na mniejszą inwazyjność i liczbę istniejących powikłań oraz większą dostępność tego typu terapii.

Powyższy przykład stanowi wyzwanie dla współczesnej medycyny i wskazuje na potrzebę rozwoju technologicznego w kontekście leczenia dolegliwości bólowych kręgosłupa. Prężny rozwój inżynierii biomedycznej przyczynia się do powstawania nowej aparatury wykorzystującej nowoczesne formy oddziaływania [109]. Stosowane obecnie metody wspomagają, a często nawet zastępują farmakoterapię, ograniczając skutki uboczne przewlekłego zażywania leków. Współczesna fizjoterapia pozwala na znaczne skrócenie czasu leczenia i skutecznie poprawia jakość życia pacjentów [13, 93].

2. Wybrane zabiegi elektrolecnicze

2.1. TENS

Przezskórna elektrostymulacja nerwów typu TENS (ang. *transcutaneous electrical nerve stimulation*) to metoda terapeutyczna, która już w latach sześćdziesiątych XX w. zaczęła być stosowana w eksperymentach zwierzęcych, a następnie w wielu próbach klinicznych. TENS zyskał miano bezpiecznej metody zmniejszania dolegliwości bólowych i zaczął być powszechnie stosowany w wielu jednostkach chorobowych [28, 144, 145].

Tym, co wyróżnia prądy TENS na tle pozostałych zabiegów elektrolecniczych, jest mechanizm działania, który blokuje przepływ bodźców bólowych do ośrodkowego układu nerwowego (OUN), a tym samym hamuje odczuwanie bólu. Należy mieć świadomość, że przezskórna elektrostymulacja nerwów działa głównie objawowo [116, 118, 124].

TENS wykorzystuje prąd zmienny o zróżnicowanym kształcie i częstotliwości między 1 a 200 Hz. Niskie wartości mają zastosowanie w stanach ostrych, a wysokie w przewlekłych zespołach bólowych. W zależności od zastosowanej częstotliwości i czasu trwania impulsu, można wyróżnić kilka wariantów przezskórnej elektrostymulacji nerwów [79, 148]:

- TENS konwencjonalny o wysokiej częstotliwości (HF, ang. *high frequency*),
- TENS pseudoakupunkturowy o niskiej częstotliwości (LF, ang. *low frequency*),
- TENS typu Burst o niskiej częstotliwości, modulowany uderzeniami szybkiej stymulacji (LFPT, ang. *low frequency pulse train*).

2.2. Elektrostymulacja wysokonapięciowa

Elektrostymulacja wysokonapięciowa (EWN, ang. *high voltage stimulation*) polega na generowaniu szybkich, jednokierunkowych impulsów elektrycznych o wysokim napięciu (przeważnie 100–150 V). Aplikowany prąd zwykle ma kształt trójkątny, czas trwania pojedynczego impulsu zawiera się w przedziale 5–200 μs , a częstotliwość wynosi 1–125 Hz [115, 141].

Mechanizm EWN opiera się przede wszystkim na zjawiskach elektrofizjologicznych na poziomie komórkowym. Krótki czas trwania poszczególnych impulsów umożliwia aplikowanie prądu o dużej amplitudzie. Średnia wartość (tzw. natężenie skuteczne) pozostaje jednak niska (przeważnie 1,2–1,5 mA), przez co nie ma ryzyka wywołania uszkodzeń tkanek z uwagi na brak występowania zjawisk elektrochemicznych i elektrotermicznych [115, 141].

2.3. Prądy interferencyjne

Prądy interferencyjne (IF, ang. *interferential currents*), nazywane również prądami Nemeca, powstają w wyniku nakładania się prądów generowanych przez dwa niezależne obwody (w nowszych aparatach zjawisko interferencji może zachodzić nie tylko w ciele pacjenta, ale już w obrębie urządzenia), z których każdy generuje inną częstotliwość (różnica pomiędzy f stosowanych prądów nie jest duża i zwykle nie przekracza 100 Hz, np. 2000 Hz w jednym obwodzie i 2050 Hz w drugim). Prądy w wyniku nakładania mogą się wzmacniać lub wyciszać zależnie od kierunku fazy napięcia (tożsamej lub przeciwnej). Prądy Nemeca mogą mieć charakter statyczny lub dynamiczny w zależności od amplitudy prądów płynących z obu obwodów. Regulacja częstotliwości wyjściowej umożliwi natomiast uzyskanie bardzo szerokiego spektrum działania (od drażnienia/stymulacji, przez wywoływanie przekrwienia, aż do oddziaływania analgetycznego) [124].

Stosowanie IF czterobiegunowej (dwa obwody elektryczne, do zjawiska interferencji zachodzi w ciele pacjenta) ma znaczną przewagę nad IF

dwubiegunową (jeden obwód elektryczny, interferencja zachodzi w obrębie aparatu) w kontekście głębokości wnikania bodźca terapeutycznego, dlatego drugi typ tego prądu zaleca się wyłącznie w przypadku, gdy z uwagi na ograniczone pole zabiegowe nie ma możliwości zastosowania czterech elektrod. Zaletą prądów interferencyjnych jest ograniczenie wywoływania zmian elektrolitycznych na skórze, w związku z czym jest to zabieg bardzo dobrze tolerowany przez pacjentów [25, 56, 63, 124].

2.4. Prądy diadynamiczne

Prądy diadynamiczne (DD) - nazywane również prądami Bernarda - powstają w wyniku jednoczesnego wygenerowania składowej galwanicznej i sinusoidalnie zmiennej, dlatego łączą w sobie działanie prądu stałego i impulsowego. Według twórcy metody tłem dla prądu zmiennego (*dosis*) powinien być prąd galwaniczny o natężeniu 1-3 mA (*basis*). Wyróżnia się sześć podtypów prądów diadynamicznych, które zwykle stosowane są w określonych sekwencjach - zależnie od pożądanego efektu zabiegowego.

Wśród rodzajów DD można wyszczególnić [122]:

- MF (monofaza stała) - o słabym działaniu analgetycznym i silnym przekrwiennym,
- DF (difaza stała) - o silnym, ale krótkotrwałym działaniu przeciwbólowym (z uwagi na tę właściwość zwykle stosowany jest w sekwencji jako prąd wprowadzający),
- CP (ang. *circuit period*) i LP (ang. *long period*) - oba są zamiennie występującymi po sobie prądami MF i DF w różnym czasie i mają zastosowanie analgetyczne,
- RS (rytm synkopowy) i MM (monofaza modulowana) - oba działają silnie przekrwiennie i pobudzają mięśnie do skurczu (stosowane są jako elektrostymulacja).

2.5. Przegląd wybranych badań klinicznych z zakresu elektrolecnicstwa

Z uwagi na to, że elektrolecnicstwo stosowane jest już od ubiegłego stulecia, pominięte zostanie przytoczenie badań podstawowych z tej tematyki, natomiast przedstawione będą doniesienia z prób klinicznych.

Santana i wsp. [131] przeprowadzili eksperyment, w którym badali wpływ zastosowania TENS w okolicy lędźwiowej kręgosłupa na ból porodowy u pierworódek. W grupie badanej 30-minutowa aplikacja prądu przeprowadzana była w początkowej fazie akcji porodowej. Odnotowano, że u pacjentek traktowanych przezskórną elektrostymulacją nerwów poziom bólu podczas rozwiązania był istotnie niższy niż w grupie kontrolnej. Co więcej, kobiety te sięgały po środki znieczulające średnio 5 godzin później w skali trwania całego porodu.

Izraelscy badacze [37] w swoim opracowaniu porównali efekt zastosowania przezskórnej elektrycznej stymulacji nerwów z prądami diadynamicznymi u pacjentów po operacyjnym zespoleniu złamania w obrębie stawu biodrowego w fazie ostrej. Pacjentów przydzielono w sposób zrandomizowany do grupy poddawanej zabiegom właściwym lub pozorowanym i przeprowadzono pięć 30-minutowych aplikacji w odstępach dobowych. Autorzy odnotowali korzystny wpływ prądów TENS na zmniejszenie dolegliwości i zwiększenie przebytego dystansu w trakcie przywracania sprawności chodu. Nie wykazano natomiast przewagi nad grupą placebo w kontekście spoczynkowych odczuć bólowych.

Naukowcy ze Stanów Zjednoczonych Ameryki [84] przeprowadzili pionierskie badania nad skutecznością TENS konwencjonalnego ($t = 30$ minut, $f = 125$ Hz, $t_i = 100$ μ s, sesja trzytygodniowa) w zwalczaniu bólu i poprawy funkcji u pacjentów z nowotworami głowy i szyi (HNC, ang. *head and neck cancer*). Chorych przydzielono w sposób losowy do jednej z trzech grup porównawczych: właściwej, placebo i kontrolnej. W projekcie zastosowano metodę z użyciem podwójnej próby ślepej. Przed aplikacją zabiegów i po ich zakończeniu dokonano wnikliwej analizy: jakości mowy i ruchów języka, zakresu otwarcia jamy ustnej i subiektywnej oceny bólu. Eksperyment wykazał, że zastosowanie TENS konwencjo-

nalnego ma korzystny wpływ na wszystkie mierzone parametry. Tym samym grupa zabiegów właściwych uzyskała znacznie lepsze wyniki po terapii niż grupa placebo i kontrolna.

Sandoval i wsp. [129] w swoim doniesieniu podjęli temat efektywności EWN u pacjentów po zwichnięciu kostki bocznej. W podwójnie ślepej próbie pacjentów rozdzielono losowo do trzech grup porównawczych. We wszystkich zastosowano protokół terapii konwencjonalnej obejmujący krioterapię i elementy kinezyterapii. Dodatkowo w dwóch grupach aplikowano zabiegi EWN z dodatnią i ujemną polaryzacją. Ocenie poddano następujące parametry: dolegliwości bólowe, zakres ruchomości, wielkość obrzęku oraz wybrane wskaźniki chodu. Po terapii odnotowano największą poprawę w grupie, w której uzupełniono zabiegi o elektrostymulację wysokonapięciową z polaryzacją ujemną, jednak różnice nie osiągnęły poziomu istotności statystycznej.

Brazylijscy naukowcy [51] dokonali weryfikacji działania EWN u pacjentów po przeszczepie skóry w wyniku poparzenia. Pacjenci z obrażeniami w różnych okolicach ciała zostali poddani serii zabiegów właściwych (polaryzacja dodatna, $t = 50$ minut, $f = 100$ Hz) lub pozorowanych. Przed rozpoczęciem oraz po zakończeniu terapii dokonano pomiarów odczuć bólowych, stopnia waskularyzacji, szybkości gojenia oraz termowizji. Grupa *verum* (z łac. prawdziwy, właściwy) cechowała się szybszym zasklepieniem rany oraz niższym poziomem analgetycznym. Nie odnotowano z kolei różnic międzygrupowych w kontekście pomiaru ciepłoty powierzchni okolicy zabiegowej.

Tureccy naukowcy [54] przeprowadzili badania mające na celu ocenić efektywność różnych form terapii fizykalnej u pacjentów z zespołem bolesnego barku. Chorzy podlegali miesięcznej terapii 3 razy w tygodniu, która obejmowała ciepłe okłady i kinezyterapię. Dodatkowo grupa druga otrzymywała zabiegi IF, trzecia - TENS, a czwarta - nadźwiękawianie okolicy barku. Oceny stanu pacjentów dokonano przed terapią, po jej zakończeniu oraz 3 miesiące później w ramach obserwacji wyników długofalowych. Zastosowano wyłącznie subiektywne narzędzia pomiarowe - skalę oceny bólu VAS (ang. *visual analogue scale*), kwestiona-

riusz jakości życia SF-36 oraz formularz oceny stopnia niepełnosprawności kończyny górnej DASH (ang. *disabilities of the arm, shoulder and hand*). W ramach przeprowadzonego eksperymentu odnotowano istotną poprawę mierzonych parametrów we wszystkich grupach badanych, zarówno w ujęciu krótko-, jak i długoterminowym. Co więcej, grupa druga, która poddawana była oddziaływaniu prądów interferencyjnych, uzyskała znacząco lepsze wyniki subiektywnej oceny jakości życia.

Gomes i wsp. [50] dokonali oceny skuteczności stosowania prądów diadynamicznych przy zespole bolesnego barku. 60 pacjentów przydzielono losowo do jednej z badanych grup - pierwsza poddana była leczeniu łączącemu terapię manualną (TM) i DD, drugą traktowano jedynie zabiegami manualnymi, a w trzeciej chorzy mieli aplikowaną wyłącznie elektroterapię. Eksperyment prowadzony był w sumie przez 8 tygodni. Po tym czasie brazylijscy naukowcy odnotowali najwyższy poziom wycofania objawów bólowych w grupie objętej terapią skojarzoną. Nie zaobserwowano różnic międzygrupowych w przypadku obu monoterapii. Wskazuje to na zasadność uzupełniania pracy manualnej terapii oddziaływaniem fizykalnym. Wyniki sugerują także zbliżony efekt leczniczy stosowania prądów diadynamicznych, jak w przypadku TM; wymaga to jednak prowadzenia dalszych analiz celem potwierdzenia tego wniosku.

3. Fala uderzeniowa

3.1. Definicja fali uderzeniowej i jej rodzaje

Podstawowa definicja fali uderzeniowej mówi o następujących po sobie impulsach mechanicznych o wysokiej energii i przemiennym przebiegu, które generują dynamiczne zmiany ciśnienia w miejscu oddziaływania [134].

Pod względem biofizycznym wyróżnia się dwa rodzaje fali uderzeniowej w zależności od formy i zakresu przenikania energii mechanicznej oraz jej właściwości. W obecnych czasach w terapii powszechnie stosowana jest fala radialna (RSWT, ang. *radial shock wave therapy*), wytwarzana pneumatycznie poprzez sprężone powietrze, które wprowadza w ruch specjalny nabój znajdujący się wewnątrz głowicy aparatu. Drgający pocisk z przyspieszeniem uderza w aplikator, prowadząc do przekształcenia energii kinetycznej w falę mechaniczną (akustyczną), która oddziałuje na tkanki pacjenta. Podstawowymi cechami charakteryzującymi RSWT są: ciśnienie w zakresie 1-10 barów (0,1-1 MPa), rozproszony kształt wiązki oraz przenikanie do 3 cm w głąb tkanek [43].

Drugim typem fali uderzeniowej jest fala zogniskowana (FSWT, ang. *focused shock wave therapy*), która pierwotne zastosowanie miała w urologologii jako nieinwazyjna metoda rozpraszania kamieni moczowych i żółciowych [24, 39, 86]. Urządzenia generujące ten typ energii zwykle bazują na technice elektromagnetycznej, elektrohydraulicznej lub piezoelektrycznej. Kluczowymi cechami FSWT są: szybko wzrastające ciśnienie sięgające wartości 100-1000 barów (10-100 MPa), skupiony

(zogniskowany) kształt wnioski i przenikanie w głąb tkanek nawet do 12 cm (największe zagęszczenie przypada na 4–6 cm głębokości) [39].

3.2. Przegląd badań podstawowych i klinicznych z zakresu fali uderzeniowej

Dostępne publikacje naukowe opisują przypuszczalne mechanizmy terapeutyczne fali uderzeniowej, a jej wpływ został potwierdzony w badaniach laboratoryjnych, eksperymentach zwierzęcych oraz próbach klinicznych.

Naukowcy wielokrotnie podejmowali kwestię oddziaływania fali uderzeniowej na przebieg gojenia i stan zapalny. Sundaram i wsp. [139] podjęli się próby zastymulowania procesu angiogenezy komórek śródbłonka naczyniowego za pomocą pojedynczej ekspozycji falą niskoenergetyczną w warunkach *in vitro* (0,4 bara). W ramach eksperymentu odnotowano zwiększenie procesu proliferacji i migracji komórek nabłonka o 40% w stosunku do próby pozorowanej. Również ekspresja czynnika wzrostu śródbłonka naczyniowego (VEGF, ang. *vascular endothelial growth factor*) została zaobserwowana na poziomie 2,5-krotnie wyższym niż w grupie kontrolnej. Niewątpliwie świadczy to o pozytywnym wpływie fali uderzeniowej na odtwarzanie sieci naczyń krwionośnych. Ci sami badacze w swojej publikacji weryfikowali także szybkość procesu gojenia się ran u myszy. Zastosowanie pojedynczej fali uderzeniowej o ciśnieniu równym 0,15 bara codziennie przez 5 dni znacznie przyspieszyło zasklepienie zranienia w stosunku do grupy kontrolnej.

Powyższe wyniki w badaniu *in vitro* potwierdzili Hatanaka i wsp. [57] po jednorazowym oddziaływaniu niskoenergetyczną falą uderzeniową (800 uderzeń, częstotliwość 1 Hz, dawka 0,03 mJ/mm²) na komórki ludzkiego nabłonka naczyniowego.

Kolejne badania na szczurach prowadził zespół Yahata i wsp. [160], który trzy razy w tygodniu aplikował falę uderzeniową u osobników z uszkodzeniem rdzenia kręgowego. Po upływie zaledwie trzech tygodni zaobserwowano wyższą aktywność VEGF w komórkach nerwo-

wych oraz początek procesu reinerwacji i neowaskularyzacji w miejscu deformacji.

Kang i wsp. [70] w swoich badaniach weryfikowali wpływ radialnej fali uderzeniowej (200 uderzeń, $f = 10$ Hz) u szczurów rasy Sprague-Dawley z wyindukowanym w warunkach laboratoryjnych niedokrwieniem mózgu. Obserwacje wykazały istotne zwiększenie przepływu krwi w naczyniach mózgowych niezależnie od zastosowanej dawki terapeutycznej (1 bar i 2 bary) w porównaniu z grupą pozorowaną - już po pojedynczej ekspozycji. U zwierząt przynależących do grup badanych odnotowano wyższą ekspresję czynnika wzrostu śródbłonka naczyniowego i angiogenezę.

Kirsch i wsp. [73] przeprowadzili eksperyment na zwierzętach z zastosowaniem fali uderzeniowej wysokoenergetycznej z użyciem pojedynczej próby ślepej. Szczury rasy Sprague-Dawley poddawano zabiegom *verum* lub *quasi* (z łac. pozorny) na grzbietową stronę tylnych kończyn. Po upływie 10 minut od zakończenia każdorazowej ekspozycji przeprowadzano pomiary dopplerowskie w naczyniach skórnych. U gryzoni poddawanych właściwym zabiegom odnotowano zwiększenie przepływu naczyniowego o prawie 153% i saturacji o niecałe 13% w porównaniu z grupą placebo.

Wśród publikacji odnaleźć można również prace wskazujące na pozytywny wpływ stosowania fali uderzeniowej na zaniki mięśniowe i regenerację włókien nerwowych. Badacze [85] w eksperymencie z pojedynczą ślepą próbą, prowadzonym na myszach z uszkodzeniem nerwu kulszowego, wykonywali jednokrotną aplikację fali niskoenergetycznej o częstotliwości 3 Hz i dawce $0,09$ mJ/mm². Na początku doświadczenia i po upływie dwóch tygodni od wyindukowanego laboratoryjnie urazu przeprowadzano pomiary masy mięśnia brzuchatego łydki i płaszczkowatego. Odnotowano znaczącą różnicę mierzonych parametrów przemawiającą za stosowaniem fali uderzeniowej.

Kolejne badania [20] na myszach przeprowadził tajwański zespół, który dokonał oceny wpływu fali o dawce $0,12$ mJ/mm² na przypadek neuropatii cukrzycowej. Zwierzęta poddane zostały trzem zabiegom z za-

chowaniem odstępu trzech tygodni przerwy pomiędzy nimi. Po serii ekspozycji przeprowadzono preparację nerwu kulszowego, który został poddany analizie mikroskopowej i badaniu histopatologicznemu. W wyniku eksperymentu zaobserwowano odbudowę osłonek Schwanna oraz proces samoistnej reinerwacji, pomimo farmakologicznie podtrzymywanej hiperglikemii.

Liczni badacze potwierdzają również wpływ fali uderzeniowej na cykl naprawczy tkanki kostnej. Schnurrer-Luke-Vrbanić i wsp. [133] przeprowadzili projekt naukowy *in vitro* na zdrowych szczurach. W eksperymencie grupa badana została poddana jednorazowej aplikacji fali radialnej w dawce $0,15 \text{ mJ/mm}^2$. W biopsji kośćca, która została przeprowadzona po upływie trzech tygodni, odnotowano istotnie większe zagęszczenie beleczek kostnych w porówniu z grupą porównawczą bez ingerencji fizykalnej.

Tożsamy wyniki densytometryczne zaobserwowali amerykańscy naukowcy [12] na grupie psów po przeszczepie istoty gąbczastej w miejsce uszkodzenia sklepienia czaszki.

Piśmiennictwo naukowe dostarcza także krytycznych publikacji, chociaż są one w zdecydowanej mniejszości. Badacze z Niemiec [113] dokonali obserwacji na grupie 20 pacjentów po obustronnym usunięciu ostatnich zębów trzonowych (tzw. zęby mądrości). U chorych przeprowadzono jednostronną ekspozycję fali uderzeniowej na okolice szczęki. Do weryfikacji wpływu zastosowanego oddziaływania pobrano szpik kostny żuchwy po obu stronach. Naukowcy w porównaniach poziomu mediatorów stanu zapalnego oraz czynników wzrostu nie odnotowali istotnej przewagi w stopniu zaawansowania procesów gojenia po stronie aplikacji fali uderzeniowej.

Wiele publikacji z dziedziny badań podstawowych, eksperymentów zwierzęcych i analiz klinicznych przemawia za stosowaniem fali uderzeniowej w terapii, przez co ten typ oddziaływania staje się coraz częściej wykorzystywany w pracy fizjoterapeuty. Terapia falą uderzeniową (SWT, ang. *shock wave therapy*) zyskuje zwolenników - zwłaszcza w przypadku dolegliwości ze strony narządu ruchu, takich jak: entezo-

patie [74, 80, 151, 161], zespół bolesnego barku i ciasnota podbarkowa [21, 23, 45, 87, 94], ostroga piętowa i zapalenie ścięgna Achillesa [58, 61, 102, 117], ale również znajduje swoje zastosowanie w terapii obrzęków [11, 17], blizn [33, 106, 159, 164] czy spastyczności mięśniowej [27, 34, 35, 130].

4. Laseroterapia

4.1. Definicja i rodzaje laseroterapii

Określenie „laser” jest angielskim akronimem wyrażenia „*light amplification by stimulated emission of radiation*”, które tłumaczone na język polski określa nasilenie światła przez wymuszoną emisję promieniowania [7, 105, 136, 146]. Promieniowanie laserowe jest rodzajem emisji optycznej, czyli falą elektromagnetyczną niosącą ze sobą pewną dawkę energii. Światło lasera cechuje się właściwościami, które odróżniają je od promieniowania widzialnego [15, 81, 137]:

- monochromatyczność - praca w zakresie konkretnej częstotliwości, co określa stałą długość fali danego lasera,
- koherencja - jednakowa w czasie różnica faz wychylenia pola elektrycznego i magnetycznego (spójność czasowa) oraz ściśle określony kierunek wiązek emisji laserowej (spójność przestrzenna),
- kolimacja - równoległe ułożenie wiązek laserowych.

Lasery niskoenergetyczne (LLLT, ang. *low level laser therapy*) to grupa laserów o mocy promieniowania nieprzekraczającej 6 mW. Terapia wykorzystująca LLLT nazywana jest biostymulacją laserową, pod której pojęciem rozumiemy pobudzenie struktur i funkcji organizmu, którego efekty uwidaczniają się przede wszystkim na poziomie komórkowym - zwiększenie syntezy ATP, RNA, DNA i białek, poprawa działania łańcucha oddechowego, zwiększenie przenikalności błon komórkowych i aktywności enzymów oraz stymulacja fagocytozy i ruchliwości komórek [137]. Oddziaływania te wpływają pośrednio na uzyskanie poprawy krążenia, efektu przeciwwzapalnego i analgetycznego [1, 31, 82, 114]. Z uwa-

gi na nieinwazyjność, bezbolesność i brak skutków ubocznych metoda LLLT jest ogólnie powszechnym i często wykonywanym zabiegiem fizykalnym [48, 108].

Wykorzystanie lasera niskoenergetycznego w leczeniu typowo analgetycznym jest bardzo popularne, jednak jego skuteczność jest tematem dyskusyjnym – część badaczy donosi, że terapia z jego zastosowaniem nie przynosi korzyści lub efekty utrzymują się jedynie krótkoterminowo [71, 90].

Poza laserami biostymulującymi coraz bardziej popularne jest wykorzystanie laserów wysokoenergetycznych (HILT, ang. *High Intensity Laser Therapy*), które generują impulsy większej mocy (nawet do 3 kW) i – w przeciwieństwie do LLLT – oddziałują na tkanki również termicznie [90]. Przez wiele lat laser typu HILT znajdował zastosowanie w mikrochirurgii i medycynie estetycznej, gdzie wykorzystywany był m.in. do cięcia tkanek, koagulowania naczyń krwionośnych i usuwania przebarwień. W ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się jednak rozwój laseroterapii wysokoenergetycznej jako metody leczenia fizykalnego [82, 90, 124, 162]. Zastosowanie wysokich dawek terapeutycznych umożliwia głębszą niż dotąd penetrację zmienionych chorobowo struktur w znacznie krótszym czasie, co może cechować się wyższym poziomem skuteczności niż laser LLLT [71].

Mechanizm oddziaływania HILT na tkanki na poziomie komórkowym jest tożsamy z wpływem biostymulacji laserowej – usprawnieniu ulega metabolizm i oddychanie komórkowe, poprawia się przepuszczalność błon, nasila się resynteza RNA, DNA i ATP oraz zostaje przyspieszona synteza białek. Promieniowanie laserowe wysokiej mocy generuje falę akustyczną, która wraz ze zmianą ciśnienia tkankowego daje efekt wibracji. Oddziaływanie tego typu usprawnia wchłanianie obrzęków oraz pobudza funkcjonowanie układu limfatycznego. Co więcej, dawkowana energia prowadzi do wzrostu temperatury powierzchniowej ciała, co może przyczyniać się do usprawnienia krążenia krwi, jej odżywienia i utlenowania [44, 103].

4.2. Przegląd badań podstawowych i klinicznych z zakresu laseroterapii

Zdecydowana większość publikacji z zakresu laseroterapii dotyczy LLLT z uwagi na większą dostępność i dłuższy okres stosowania w celach terapeutycznych. Wyniki badań naukowców bywają sprzeczne, przez co zasadność wykorzystywania światła laserowego w leczeniu pacjentów jest tematem kontrowersyjnym.

Micheli i wsp. [100] w swoim eksperymencie na szczurach dokonywali 13 naświetlań dwiema wiązkami laserowymi o długości fali 780 oraz 810 nm na uszkodzony nerw kulszowy. Po serii zabiegów odnotowano istotne działanie analgetyczne w obu grupach. Naukowcy nie zastosowali jednak grupy kontrolnej ani placebo, co mogłoby wpłynąć na uwiarygodnienie otrzymanego wyniku.

Brazylijscy badacze [149] przeprowadzili projekt naukowy, w którym zestawiono różne dawki naświetlania (1 J, 3 J i 9 J) z niesteroidowymi lekami przeciwzapalnymi (NLPZ). Urazy mięśniowe wywołane u szczurów, które poddane zostały ekspozycjom laserowym, cechowały się istotnym zmniejszeniem czynników zapalnych w porównaniu ze zwierzętami leczonymi za pomocą NLPZ. Najlepsze efekty terapeutyczne odnotowano przy naświetlaniu dawką 3 J.

Zespół Issa i wsp. [65] przeprowadził podobny eksperyment, jednak jego wyniki nie korepondują z powyższym badaniem. Indukowany u gryzoni stan zapalny poddany został laseroterapii o różnej długości fali: 660, 808 i 905 nm. Wyłącznie ostatnia wiązka światła laserowego przyczyniła się do ograniczenia procesu zapalnego u szczurów w stanie ostrym. Najwyższym poziomem skuteczności u osobników z przewlekłym zapaleniem uzyskano z kolei najkrótszą falą. Z uwagi na to, że obie wspomniane prace mają wyłącznie charakter laboratoryjny, ciężko oszacować, czy wyniki tych badaczy będą miały przełożenie na realny efekt leczniczy.

Doświadczenie Chow i Armati [22] wykazało natomiast, że laseroterapia może przyczynić się do efektywnego blokowania nocyreceptorów, co stanowi silne podwaliny pod działanie przeciwbólowe u ludzi.

W projekcie *in vitro* oraz eksperymencie zwierzęcym badacze ci zaprezentowali pozytywny wpływ naświetlania na reinerwację i regenerację włókien nerwowych.

Pereira i wsp. [111] w swoim doniesieniu naukowym badali działanie terapii laserowej na redukcję bólu po zabiegu nacięcia podszwowego u szczurów. W ramach eksperymentu weryfikowano subiektywne odczucia bólowe oraz stężenie czynników przeciwzapalnych w krwi. Przeprowadzone badania pozwoliły na zaobserwowanie, że najlepsze oddziaływanie analgetyczne uzyskano przy zastosowaniu dawki 3 oraz 8 J/cm² oraz że równoczesne przyjmowanie chlorowodoru naloksonu niweluje działanie przeciwbólowe naświetlań.

Podobne pozytywne efekty stosowania laseroterapii wykazał zespół Da Re Guerry [26] w przypadku uszkodzenia ścięgna u szczurów. Ograniczenie poziomu czynników zapalnych w surowicy gryzoni odnotowano już po kilku godzinach od naświetlania dawką 4 J/cm².

Indyjscy badacze [72] podjęli się próby wykorzystania światła laserowego w terapii trudno gojących się ran u szczurów ze zdiagnozowanym zespołem immunosupresyjnym. Zastosowanie wiązki laserowej o długości 810 nm w dawce 22 J/cm² doprowadziło do znacznie szybszego zasklepienia się uszkodzeń oraz obniżenia poziomu markerów zapalnych w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną.

Jonasson i wsp. [69] przeprowadzili próbę *in vitro*, wykazując przyspieszenie procesu osteogenezy po naświetlaniach laserowych u gryzoni. Szczurom z ubytkiem kostnym dokonywano autoprzeszczepu rozdrobnioną tkanką kostną i poddawano ekspozycji laserowej. Po 4 i 8 tygodniach wykonywano prześwietlenie radiologiczne oraz badanie histopatologiczne. Grupa poddana laseroterapii cechowała się szybszym procesem kostnienia i obniżonym stanem zapalnym w odniesieniu do grupy porównawczej.

W badaniu *in vitro* z 2017 roku [150] laseroterapia znalazła zastosowanie w przypadku myszy z ostrym stanem zapalnym stawów kolanowych. Analizie poddano dwie długości wiązki świetlnej - 660 i 905 nm. Wykazano, że mniejsza długość fali przyspiesza procesy przeciwzapalne

oraz skraca czas gojenia, natomiast większa prowadzi do zaognienia stanu zapalnego. Lepsze efekty odnotowano po pojedynczej ekspozycji, niż przy dwóch zabiegach wykonanych z dobowym odstępem czasowym.

W bazach naukowych odnaleźć można także sporo doniesień dotyczących wykorzystania laseroterapii po zabiegach dentystycznych i ingerencjach operacyjnych w obrębie twarzoczaszki.

Czesi w swojej pracy [30] z 2017 roku wykazali zasadność stosowania naświetlań wiązką o długości 830 nm w przypadku utrzymującego się stanu zapalnego. Ekspozycja laserowa przeprowadzana była na okolicę dziąsła po zabiegu ekstrakcji tzw. zęba mądrości. Efekty terapeutyczne odnotowano za pomocą termografii i badania stężenia czynników zapalnych w ślinie pacjentów. Pierwszy parametr nie przyniósł znaczących różnic w odniesieniu do grupy kontrolnej, jednak poziom markerów zapalnych w grupie badanej okazał się istotnie niższy.

Petrini i wsp. [112] w swoim badaniu pilotażowym również analizowali zasadność stosowania laseroterapii po usunięciu trzeciego zęba trzonowego. W grupach badanych zastosowano dwa warianty - naświetlania bezpośrednio po ekstrakcji i 24 godziny później (grupa I) oraz ekspozycję laserową przed zabiegiem stomatologicznym oraz po nim (grupa II). Grupy eksperymentalne cechowały się niższym poziomem powikłań w stosunku do grupy kontrolnej. Co więcej, w grupie II spożycie leków przeciwbólowych przez pacjentów po ingerencji stomatologicznej było najmniejsze.

Tureccy badacze [9] ocenili działanie przeciwbólowe laseroterapii po stomatologicznym leczeniu kanałowym u pacjentów. W tym przypadku w ramach porównania zastosowano grupę zabiegów pozorowanych. Przez 4 pierwsze dni po leczeniu stomatologicznym subiektywny poziom bólu w grupie badanej był istotnie niższy. W kolejnych dniach nie odnotowano międzygrupowych różnic. Arslan i wsp. [9] wykazali, że laseroterapia może być pomocna w redukcji odczuć bólowych po leczeniu kanałowym, szczególnie w pierwszych dniach po zabiegu.

Działanie analgetyczne i przeciwzapalne laseroterapii we wspomaganiu leczenia stomatologicznego wykazał również zespół Mayer-Santosa [95], Bacciego [10], Lauritiego [83] i wielu innych.

Ekspozycja na światło laserowe znalazła również zastosowanie w różnych badaniach *in vitro* w chorobach narządów wewnętrznych i aparatu ruchu. W 2016 roku opublikowana została ciekawa praca [68], w której naświetlaniu wiązką o długości 660 nm poddawano uszkodzone włókno ludzkiego rdzenia kręgowego. Analizie poddano stężenie glutationu oraz antyoksydantów, a także tempo resyntezy ATP. Po dwóch tygodniach zabiegów odnotowano wysoce istotne pobudzenie procesów naprawczych na poziomie komórkowym i tkankowym oraz zablokowanie przekaźników odczuć bólowych.

Alayat i wsp. [3] ocenili wpływ HILT na redukcję dolegliwości i poprawę szeroko rozumianej jakości życia u chorych ze zmianami osteoporotycznymi. W randomizowanych badaniach pacjentów przydzielono do jednej z czterech grup: (1) HILT połączony z treningiem ogólnorozwojowym, (2) pozorowana laseroterapia wysokoenergetyczna uzupełniona o kinezyterapię, (3) zabiegi HILT bez ćwiczeń ruchowych i (4) tożsama grupa placebo. Arabscy naukowcy wykazali ogólną poprawę mierzonych parametrów we wszystkich grupach badanych, a istotnie lepsze rezultaty w porównaniu międzygrupowym uzyskano w przypadku połączenia naświetlania z treningiem ogólnorozwojowym.

Także zespół Ahmed i wsp. [2] poddał analizie oddziaływanie przeciwbólowe laseroterapii. Eksperyment przeprowadzono u pacjentów z zespołem kanału cieśni nadgarstka. Jedna grupa naświetlana była dawką 4,8 J, a druga poddana została sonoterapii. Wyniki badania nie wskazały jednoznacznie przewagi żadnej z zastosowanych form leczniczych, jednak działanie przeciwbólowe zostało odnotowane w obu grupach.

Egipscy badacze [4] obserwowali zasadność zastosowania terapii laserowej o długości wiązki 830 nm u pacjentów z chronicznym zespołem bólowym odcinka szyjnego kręgosłupa. Po upływie 6 tygodni zabiegów połączonych z kinezyterapią odnotowano subiektywne zmniejszenie dolegliwości bólowych u pacjentów. Brak grupy porównawczej prowadzo-

nej wyłącznie LLLT uniemożliwia jednak ocenę efektu zabiegów światłem laserowym jako monoterapii.

Chen i wsp. [19] przeprowadzili badania nad skutecznością stosowania HILT u pacjentów ze zdiagnozowaną protruzją w dolnym odcinku kręgosłupa. Porównano ze sobą leczenie łączące laser wysokoenergetyczny i dekompresję z monoterapią trakcyjną. Badacze wnioskowali, że terapia wspomagana naświetlaniami laserowymi może okazać się pomocna w odzyskiwaniu zakresu ruchomości (ROM, ang. *range of motion*) oraz niwelowaniu dolegliwości bólowych.

Zespół polskich badaczy [163] oceniał wpływ laseroterapii na te same parametry, ale w przypadku choroby zwyrodnieniowej odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa. Zestawiono ze sobą terapię światłem laserowym ($\lambda = 820$ nm, energia = 6-12 J/cm²) i polem magnetycznym (5 mT, $f = 30$ Hz, 15 minut). Obie metody okazały się być skuteczne w zwiększeniu zakresu ruchomości kręgosłupa i działaniu przeciwbólowym, bez występowania różnic międzygrupowych.

Publikacja z Włoch [6] donosi o bardziej zaawansowanych badaniach, w których dla przypadku zwyrodnień stawu kolanowego porównano efekt terapeutyczny ekspozycji laserowej ($\lambda = 904$ nm, 3 J) połączonej z ćwiczeniami z tożsamą grupą zabiegów pozorowanych uzupełnionych kinezyterapią. Naświetlania *verum* i *placebo* prowadzone były przez okres 3 tygodni, natomiast trening wzmacniający realizowany był jeszcze przez kolejne 5 tygodni. Wyniki wczesne uzyskane przez zespół Alfredo nie przyniosły istotnych różnic, jednak w obserwacji typu *follow-up* (z ang. kontrola, w rozumieniu długoterminowym) wykazano istotnie mniejsze stosowanie NLPZ przez grupę LLLT. Jednocześnie skłania to ku realizowaniu obserwacji długoterminowych w badaniach, w celu kontroli efektu leczniczego.

Rozszerzoną metodologię badawczą zastosowali również arabscy naukowcy [127], którzy dokonali analizy wpływu zabiegów laserowych na podobnej grupie pacjentów. Terapia obejmowała ekspozycję świetlną z częstotliwością 3 razy w tygodniu przez okres miesiąca. Zarówno przed rozpoczęciem, bezpośrednio po, jak i 4 tygodnie po zakończeniu proce-

su leczniczego dokonywano pomiarów subiektywnego odczucia bólu, objętości stawów kolanowych i obecności mediatorów stanu zapalnego w krwi. W grupie LLLT odnotowano istotny lub wysoce istotny postęp we wszystkich badanych parametrach w porównaniu z grupą placebo, zarówno w obserwacji krótko-, jak i długoterminowej.

Bardzo interesujący opis przypadku opublikował zespół Ferraresi i wsp. [41], który poddał analizie wpływ laseroterapii i efektu placebo na regenerację tkanki mięśniowej u bliźniąt jednojajowych. Rodzeństwo było poddawane intensywnemu treningowi siłowemu przez okres 3 miesięcy, z częstotliwością 3 razy w tygodniu. Każdorazowo po wysiłku przeprowadzano naświetlanie laserowe właściwe ($\lambda = 850$ nm, $E = 75$ J) lub placebo na mięśniu prostym uda. Do oceny efektywności terapii wykorzystano: badanie MRI, biopsję tkanki mięśniowej, próbę wysiłkową, test maksymalnej siły mięśniowej, subiektywną ocenę dolegliwości bólowych oraz liczba markerów stanu zapalnego we krwi. U bliźniaka otrzymującego zabiegi właściwe odnotowano istotne polepszenie wszystkich mierzonych parametrów w porównaniu z bratem poddanym aplikacjom pozorowanym. Projekt naukowy tego zespołu jest bardzo ciekawy i pokazuje przydatność stosowania laseroterapii jako elementu odnowy biologicznej po intensywnym wysiłku, jednak wymaga potwierdzenia na większej liczbie pacjentów.

Japończycy [66] podjęli się przeprowadzenia badań trwających aż 5 lat, w których laseroterapia została wykorzystana jako forma leczenia nawracających dolegliwości bólowych stawu skokowego. W obszernym eksperymencie stosowano LLLT ($\lambda = 830$ nm, 20 J/cm²) dwukrotnie w ciągu dnia przez okres 4 tygodni. Przyjęta terapia nie wpłynęła znacząco na zwiększenie zakresów ruchomości, ale wysoce istotnie zniwelowała dolegliwości pacjentów. Żadne z zastosowanych obiektywnych narzędzi pomiarowych nie potwierdziło jednak tego efektu.

Vitse i wsp. [156] przeprowadzili obserwacje w temacie analgetycznego oddziaływania laseroterapii oraz przyspieszenia gojenia owrzodzeń kończyn dolnych. Naświetlania ($\lambda = 635$ nm) stosowano dwa razy w tygodniu przez okres 3 miesięcy. W ramach eksperymentu owrzodzenia

zredukowały swoją wielkość kilkukrotnie, a dolegliwości bólowe wysoce istotnie się zmniejszyły.

Mei i wsp. [98] opublikowali swoje wyniki po stosowaniu naświetlań laserowych u pacjentów po chirurgicznym usunięciu paznokcia. LLLT przyczynił się do istotnego skrócenia czasu gojenia rany, zmniejszenia dolegliwości bólowych oraz ograniczenia stanu zapalnego u pacjentów w porównaniu z grupą kontrolną.

Działanie przeciwzapalne tego typu terapii potwierdził również Mehani [97] na pacjentach z POChP (przewlekła obturacyjna niewydolność płuc). Przez okres 8 tygodni jedną grupę poddawano ekspozycji laserowej, a druga wykonywała standardowy trening na cykloergometrze. W obu grupach porównawczych zaobserwowano obniżenie poziomu czynników zapalnych w krwi, jednak w badaniu immunologicznym poprawę odnotowano w grupie z zastosowaniem laseroterapii.

Przedstawione powyżej badania skłaniają do twierdzenia, że terapia z wykorzystaniem LLLT i HILT może być skuteczna w leczeniu chorób narządu ruchu. Laseroterapia jest tematem licznych opracowań, w których badacze potwierdzają jej działanie analgetyczne i przeciwzapalne, zarówno w ujęciu subiektywnym, jak i obiektywnym.

5. Suche igłowanie

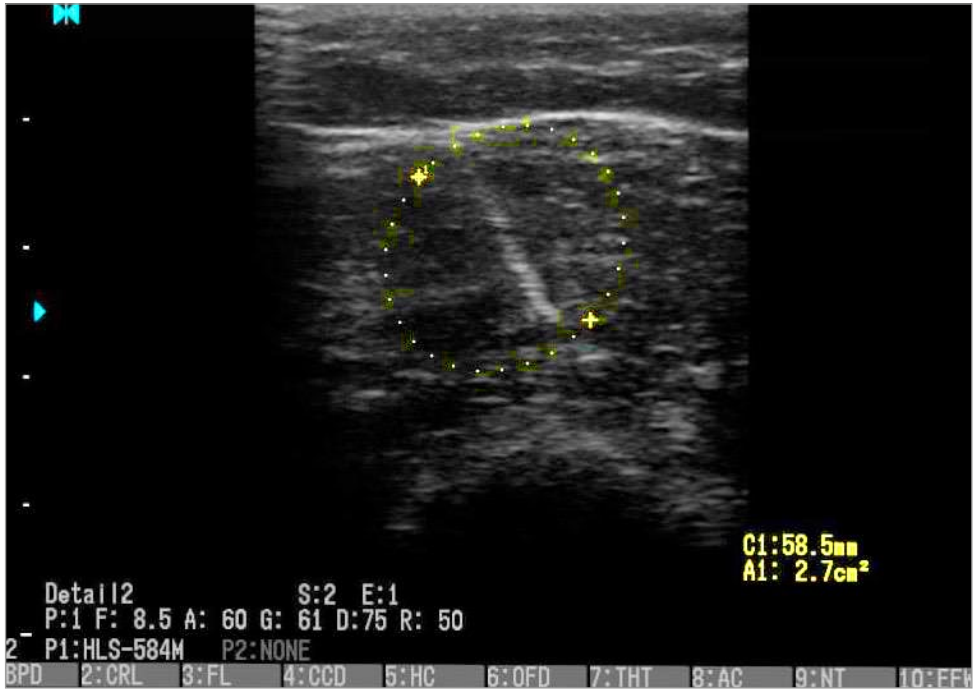
5.1. Definicja i mechanizm działania suchego igłowania

Zabiegi suchego igłowania (DN, ang. *dry needling*) (Film 1) polegają na terapeutycznym oddziaływaniu igieł wprowadzanych do ciała pacjenta. Zależnie od stosowanej techniki używa się igieł iniekcyjnych, które doprowadzają do większej traumatyzacji tkanek, lub cienkich igieł akupunkturowych (aktualne trendy skłaniają się ku drugiej opcji). Podstawową różnicą pomiędzy zabiegami medycyny chińskiej i DN jest lokalizacja nakłuć. Akupunktura ukierunkowana jest głównie na aplikacje w miejscach szlaków energetycznych, natomiast suche igłowanie koncentruje się przede wszystkim na punktach spustowych mięśni (TrP, ang. *trigger points*). Terapia suchego igłowania pozwala na dotarcie do struktur, na które w żaden sposób nie można wpływać bezpośrednio manualnie. W przypadku tej techniki wstępna palpacja nakłuwanych miejsc jest kluczowa. Możliwe jest również aplikowanie igieł pod kontrolą ultrasonografii (ryc. 1) [16, 40, 96, 101, 140, 153, 155].

Mechanizm fizjologiczny leżący u podstaw suchego igłowania pozostaje niewyjaśniony. Mówi się, że suche igłowanie może wywoływać zarów-



Film 1. Przykładowa aplikacja suchego igłowania u pacjenta z dolegliwościami bólowymi dolnego odcinka kręgosłupa (film nie stanowi materiału edukacyjnego, a jedynie uproszczoną prezentacją procedury zabiegowej) [materiał własny]



Rycina 1. Przykład aplikacji suchego igłowania pod kontrolą ultrasonograficzną [121]

no miejscowe, jak i ośrodkowe reakcje nerwowe w celu przywrócenia homeostazy w miejscu punktów spustowych, prowadząc tym samym do redukcji obwodowej i centralnej wrażliwości na ból [46, 60, 62]. Tsai i wsp. [152] wykazali, że igłowanie dystalnych punktów spustowych powoduje zmniejszenie aktywności proksymalnych TrP. Odnotowano, że suche igłowanie zwiększa próg odczuwania bólu uciskowego (PPT, ang. *pressure pain threshold*) i zakres ruchomości, obniża napięcie mięśniowe i redukuje ból u pacjentów ze schorzeniami układu mięśniowo-szkieletowego [60, 62, 64, 88, 110, 132, 152].

Już w 1979 roku Karol Levit [89] wysnuł stwierdzenie, że samo wprowadzenie podskórne igły iniekcyjnej warunkuje większe działanie analgetyczne niż podanie środka znieczulającego. Mimo że upłynęło ponad 40 lat od opublikowania tej teorii, doniesień naukowych z zakresu suchego igłowania jest wciąż stosunkowo niewiele. Terapia ta cieszy się coraz większą popularnością z uwagi na szybkie działanie przeciwbólo-

we, wymaga jednak prowadzenia dalszych badań zgodnych z zasadami Fizjoterapii Opartej na Faktach (EBP, ang. *evidence based physiotherapy*) w celu udokumentowania jej skuteczności. Sporną kwestią wydaje się być stosowanie badań z użyciem próby ślepej – temat ten zostanie poruszony w kolejnym podrozdziale.

Suche igłowanie cieszy się dużą popularnością na świecie, gdzie od lat wykonywane jest przez odpowiednio przeszkolonych specjalistów. W Polsce aktualne regulacje prawne dotyczące prowadzenia przez fizjoterapeutów tego typu leczenia wciąż wymagają doprecyzowania. Niejasne przepisy nie określają jednoznacznie, czy DN może być wykonywany przez fizjoterapeutów (stan na dzień 20.07.2020). Metoda ta zyskuje w ostatnich latach na popularności, czego dowodem jest szeroka oferta kursów specjalistycznych w tematyce suchego igłowania oraz dostępność tej formy leczenia w gabinetach. Należy mieć na uwadze, że stosowanie DN, pomimo aktualnej, zawilej sytuacji prawnej, musi wiązać się z bezwzględnym przestrzeganiem zasad bezpieczeństwa i higieny.

5.2. Przegląd wybranych badań klinicznych z zakresu suchego igłowania

Hiszpańscy naukowcy [154] przeprowadzili badania nad zasadnością stosowania suchego igłowania u pacjentów po rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego (ACL, ang. *anterior cruciate ligament*). Badnych przydzielono losowo do jednej z dwóch grup porównawczych – w pierwszej oprócz klasycznego protokołu postępowania wykonywano zabiegi DN, druga bazowała na schemacie terapeutycznym obejmującym: mobilizacje stawowe, ćwiczenia izometryczne i koncentryczne, aplikacje prądów Kotza, ćwiczenia w łańcuchu zamkniętym, trening propriocepcji, trening na bieżni oraz rowerku stacjonarnym. Suche igłowanie w grupie pierwszej skupiało się na aplikacji w obrębie punktów spustowych mięśnia obszerneho przyśrodkowego grupy czworogłowej uda. Przed rozpoczęciem i po 5 tygodniach terapii ocenie poddano: intensywność bólu (skala VAS), zakres ruchomości (goniometr), stabilność stawu kolanowego.

nowego (SEBT, Star Excursion Balance Test) oraz jego funkcjonalność (WOMAC, Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index). We wszystkich mierzonych parametrach, z wyjątkiem poziomu stabilności stawu kolanowego, odnotowano istotną poprawę w grupie badanej w stosunku do grupy kontrolnej.

Irańscy naukowcy [140] w swoim doniesieniu naukowym opisali wpływ DN na objawy zespołu mięśnia gruszkowatego (tzw. „rwa gruszkowata”). Aplikacje prowadzone pod ścisłą kontrolą ultrasonograficzną wykonywano do momentu wystąpienia reakcji miejscowego skurczu (LTR, ang. *local twitch response*). Trzy zabiegi zrealizowano w odstępach 48-godzinnych. Analizowano wpływ terapii na objawy bólowe, zakres ruchomości, stopień niepełnosprawności za pomocą kwestionariusza Oswestry (ODI, ang. *Oswestry disability index*) oraz ból uciskowy. Ocenę przeprowadzono bezpośrednio przed rozpoczęciem leczenia oraz 3 i 7 dni po jego zakończeniu. W ramach eksperymentu odnotowano istotne polepszenie mierzonych parametrów w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną, zarówno 72 godziny po zakończeniu leczenia, jak i tydzień później w ramach weryfikacji podtrzymania efektu terapeutycznego.

Hiszpanie przeprowadzili badania [128] nad efektywnością suchego igłowania w przypadku poudarowej spastyczności mięśniowej. Pacjentów przydzielono do dwóch grup - pierwsza miała przeprowadzoną terapię Bobath, a w drugiej zabieg rozszerzono o DN mięśnia piszczelowego tylnego pod kontrolą USG. Zaobserwowano wysoce istotną redukcję spastyczności (mierzonej za pomocą zmodyfikowanej skali Ashworth) oraz znamienne poprawę stabilności posturalnej (zastosowano posturografię dynamiczną) w grupie, w której leczenie uzupełniono pojedynczym zabiegiem suchego igłowania.

Gildir i wsp. [49] w swoim doniesieniu analizowali wpływ suchego igłowania na redukcję odczuć bólowych u pacjentów z przewlekłym napięciowym bólem głowy. 168 chorych, zależnie od przydziału, otrzymywało zabiegi właściwe DN na aktywne punkty spustowe w okolicy głowy i szyi lub zabiegi pozorowane, w których nakłuwana była wyłącznie

tkanka tłuszczowa, bez ingerencji w TrP. Igłowanie prowadzone było 3 razy w tygodniu przez okres 2 tygodni. W grupie otrzymującej suche igłowanie odnotowano istotne zmniejszenie częstotliwości występowania, intensywności odczuć oraz czasu trwania bólu głowy. Autorzy podkreślają zasadność stosowania suchego igłowania jako bezpiecznej i efektywnej formy działania analgetycznego. Warto tego typu projekt uzupełnić o obserwację wyników odległych.

Kolejny zespół badaczy [110] zastosował inny wariant badań z próbą ślepą. Eksperyment obejmował grupę pacjentów z utrzymującym się jednostronnym bólem szyi pochodzenia mechanicznego. Terapia polegała na dziesięciokrotnym zabiegu igłowania aktywnych punktów spustowych części wstępującej mięśnia czworobocznego (grupa badana)

lub nakłuwaniu miejsc oddalonych od TrP o średnio 1,5 cm (grupa placebo). Wynikiem badania było odnotowanie istotnie większego zmniejszenia dolegliwości bólowych w grupie badanej. Eksperyment ten mógłby zostać uzupełniony o interwencję placebo z zastosowaniem specjalnych tępo zakończonych igieł teleskopowych (Film 2), które nie przekłuwają się przez powłoki



Film 2. Prezentacja działania teleskopowych igieł placebo stosowanych w zabiegach pozorowanych suchego igłowania. Zastosowanie silikonowego pierścienia w połączeniu z przyklepcem umożliwia utrzymanie igły w pożądanej pozycji pomimo braku przekłucia powłok skórnych [materiał własny]

ki skórne i zostają na jej powierzchni, jednak jest to rozwiązanie kosztowne.

Ciekawym podejściem z zastosowaniem ślepej próby wykazał się amerykański zespół [55] prowadzący eksperyment u pacjentów z zespołem ciasnoty podbarkowej. 130 pacjentów przez cały okres terapii prowadzonych było za pomocą standardowego postępowania obejmującego ćwiczenia i terapię manualną. Dodatkowo grupa DN miała wyko-

nywane aplikacje igłowe na aktywnych punktach spustowych raz w tygodniu przez okres 6 tygodni. W grupie zabiegów pozorowanych próbie ślepej uzyskano przez zastosowanie wykałaczki wprowadzonej do przewodnicy igłowej i za jej pomocą dokonywano stymulacji punktów skórnych rzutowanych nad TrP (ryc. 2). Badania te nadal trwają, więc na analizę uzyskanych wyników trzeba jeszcze poczekać.



Rycina 2. Przykład aplikacji pozorowanej suchego igłowania wykorzystujący przewodnicę igły właściwej i wykałaczkę [55]

W dostępnym piśmiennictwie można również odnaleźć metaanalizy i przeglądy systematyczne badań w tematyce suchego igłowania. Hiszpanie [38] w 2017 podjęli się podsumowania publikacji naukowych z okresu 2000–2015 dotyczących wpływu DN mięśniowo-powięziowych punktów spustowych. Wybrane artykuły oceniano pomiędzy 5 a 9 punktów

w skali PEDro (ang. *Physiotherapy Evidence Database*). Praca streściła badania autorów z podziałem na zastosowane grupy porównawcze. W ośmiu doniesieniach zestawiających suche igłowanie z grupą placebo lub kontrolną pięć wykazywało przewagę zabiegów DN w redukcji odczuć bólowych w ujęciu krótkoterminowym, a w pozostałych nie było wyraźnych różnic międzygrupowych lub suche igłowanie wypadało gorzej. W przypadku czterech publikacji porównujących DN do farmakoterapii (zastrzyki przeciwbólowe) jedna wykazała wyższość leczenia igłowego, w dwóch odnotowano porównywalne efekty, a jedna wypadła słabiej. Natomiast wśród badań porównujących wpływ analgetyczny suchego igłowania i terapii manualnej obie uwzględnione prace prezentowały przeciwstawne wyniki. Espejo-Antúnez i wsp. w ramach podsumowania dokonanego przeglądu systematycznego opisali DN jako technikę leczniczą z potencjałem, która wymaga jednak ujednoczenia metodologii aplikacji igłowych i prowadzenia dalszych badań.

6. Wykorzystanie przedstawionych metod leczenia zachowawczego w niwelowaniu objawów przewlekłego zespołu bólowego dolnego odcinka kręgosłupa na przykładzie wybranych badań klinicznych

Jak zaprezentowano w poprzednich rozdziałach, omówione metody leczenia zachowawczego mają szerokie zastosowanie w praktyce fizjoterapeutycznej. Żadna z przedstawionych technik nie jest jednak niezawodna. Zależnie od stosowanych dawek lub metodyki zabiegowej naukowcy uzyskują różne, czasami nawet sprzeczne wyniki badań.

Tematyka bólów części krzyżowej kręgosłupa cieszy się niesłabnącą popularnością z uwagi na powszechne występowanie tego problemu wśród populacji. Uzasadnione jest więc poszukiwanie skutecznych metod jego leczenia.

W obszernych badaniach z 2017 roku [120] dokonano porównania skuteczności różnych zabiegów elektrolecniczych u chorych z przewlekłym bólem dolnego odcinka kręgosłupa. 127 pacjentów rozdzielono losowo do grup: TENS konwencjonalny ($t_i = 100 \mu s$, $f = 100 \text{ Hz}$, $t = 60 \text{ min}$), TENS akupunkturowy ($t_i = 200 \mu s$, $f = 10 \text{ Hz}$, $t = 60 \text{ min}$), EWN ($U \text{ wyjściowe} = 100 \text{ V}$, $t_i = 100 \mu s$, $f = 100 \text{ Hz}$, $t = 50 \text{ min}$), IF dynamiczna ($t_i = 100 \mu s$, $f = 50\text{-}100 \text{ Hz}$, $t = 20 \text{ min}$), DD (sekwencja prądów: DF $t_i = 10 \text{ ms}$, $f = 100 \text{ Hz}$, CP $t_i = 10 \text{ ms}$, $f = 50\text{-}100 \text{ Hz}$, LP $t_i = 10 \text{ ms}$, $f = 50\text{-}100 \text{ Hz}$, zmienna amplituda, $t = 9 \text{ min}$) i kontrolna. Zabiegi fizykalne wykonywano 5 razy w tygodniu przez okres 3 tygodni. Ponadto

wszyscy badani realizowali codzienne treningi stabilizacyjne jako terapię uzupełniającą. Analizie poddano: subiektywne dolegliwości bólowe (skala VAS, kwestionariusz Laitinena), stopień niepełnosprawności (ODI, kwestionariusz Roland-Morris), ruchomość stawu biodrowego (test Lasègue'a) i dolnego odcinka kręgosłupa (test Schobera). Jako narzędzie obiektywizacyjne zastosowano platformę stabilizacyjną do analizy kontroli posturalnej. Ocenę badanych przeprowadzono przed leczeniem i po nim, a także miesiąc i 3 miesiące później w ramach obserwacji wyników odległych. W ramach eksperymentu naukowcy odnotowali pozytywny wpływ metod elektroterapeutycznych w badanym zakresie. Najmniejszą poprawę uzyskano u pacjentów z zastosowaniem prądów diadynamicznych, a nieco lepsze efekty były w grupie z zastosowaniem prądów TENS i EWN (brak efektów długofalowych). U pacjentów leczonych za pomocą prądów interferencyjnych efekt terapeutyczny był najlepszy i utrzymał się przy obserwacji follow-up. Badania autorów w dalszym etapie mogłyby zostać wzbogacone o grupy placebo.

Wyniki terapii prądami IF Albornoz-Cabello i wsp. [5] korespondują z powyższymi. W grupie badanej na dolegliwości odcinka lędźwiowo-krzyżowego zastosowano zabiegi ($t_i = 100 \mu s$, $f = 65-95 \text{ Hz}$, $t = 25 \text{ min}$) z częstotliwością 5 razy w tygodniu przez okres dwóch tygodni. W tym samym czasie grupa kontrolna miała wykonywane sesje terapii manualnej. Do oceny stanu badanych wykorzystano wizualno-analogową skalę oceny bólu oraz kwestionariusz sprawności funkcjonalnej Oswestry. Po zakończeniu eksperymentu zaobserwowano istotną przewagę IF nad terapią manualną. Sami autorzy zwrócili uwagę na słabe strony projektu, wskazując na brak grupy placebo i obserwacji długoterminowej, nierówny rozkład uczestników (stosunek 2:1) i brak homogeniczności w grupach.

Polscy badacze [52] w swojej publikacji podjęli temat skuteczności prądów interferencyjnych oraz przezskórnej elektrostymulacji nerwów u pacjentów z zespołem bólowym dolnego odcinka kręgosłupa. Analizie poddano subiektywne wskaźniki intensywności bólu, tj. skalę VAS i kwestionariusz Laitinena. Po upływie dwóch tygodni 20-minutowych

sesji terapeutycznych odnotowano porównywalną skuteczność niwelowania dolegliwości bólowych w obu grupach. Zastosowanie wyłącznie stroniczych metod pomiarowych, brak obserwacji typu follow-up czy grupy kontrolnej uniemożliwia dokonanie rzetelnej oceny wyników.

Zespół Ebadi i wsp. [36] przeprowadził analizę porównawczą skuteczności pojedynczego zabiegu z użyciem prądów diadynamicznych (sekwencja LP, CP, $t = 10$ min) oraz TENS ($t_i = 100 \mu\text{s}$, $f = 120$ Hz, $t = 15$ min) u chorych z przewlekłym bólem okolicy lędźwiowo-krzyżowej. Pomiarzy intensywności odczuć bólowych oraz bólu uciskowego (PPT) za pomocą algometru przeprowadzono przed aplikacją prądu, 20 minut po niej i po upływie 48 godzin. W przypadku grupy DD nie odnotowano pozytywnego wpływu zabiegu na analizowane parametry. Przeszkórna elektrostymulacja nerwów przyniosła pacjentom krótkotrwałą ulgę, jednak po upływie 48 godzin od interwencji obserwowano istotne pogorszenie. Z uwagi na to, że zabiegi fizykalne stosuje się zwykle w serii, a nie pojedynczo, trudno ocenić praktyczne wykorzystanie wyników.

Walewicz i wsp. [158] dokonali oceny wpływu radialnej fali uderzeniowej na poziom bólu i sprawność funkcjonalną pacjentów z chronicznym bólem krzyża. W grupie badanej zastosowano następujące parametry: 2000 uderzeń o częstotliwości 5 Hz, ciśnienie 2,5 bara, czas zabiegu 7 minut. Zabiegi prowadzone były dwa razy w tygodniu przez okres 5 tygodni. W celach porównawczych druga grupa (placebo) otrzymywała zabiegi pozorowane przy wykorzystaniu aplikatora pochłaniającego generowaną energię. Wszyscy pacjenci wykonywali ćwiczenia stabilizacyjne przez cały okres interwencji. Do oceny efektywności terapii wykorzystano skalę VAS, kwestionariusz Laitinena oraz Oswestry. Pomiarzy prowadzono przed leczeniem i po nim, a także kolejno 1 i 3 miesiące później. Eksperyment potwierdził korzystny wpływ stosowania zabiegów fali radialnej na badane parametry w porównaniu z grupą placebo. Autorzy planują w przyszłości rozszerzyć badania o subiektywne narzędzia pomiarowe oraz interwencje zogniskowanej fali uderzeniowej i odpowiadającej jej placebo.

Podobny projekt [157] został powtórzony rok później. Tym razem analizie poddano subiektywne odczucia bólowe pacjentów (kwestionariusz Laitinena), stopień ich niepełnosprawności (kwestionariusz Oswestry oraz Roland-Morris), zakres zgięcia kręgosłupa w odcinku lędźwiowym (test Schobera) oraz wzbogacono ocenę o obiektywny pomiar kontroli posturalnej (platforma stabilograficzna). Również w tym eksperymencie odnotowano poprawę stanu funkcjonalnego i poziomu dolegliwości w grupie RSWT w porównaniu z prowadzonymi zabiegami pozorowanymi. Co więcej, efekt ten utrzymał się w obserwacji długoterminowej – zarówno miesiąc, jak i trzy miesiące po ukończeniu eksperymentu.

Wyniki Polaków potwierdziła publikacja [18] z 2020 roku, w której grupa zabiegów właściwych uzyskała znacznie lepsze efekty terapeutyczne w kontekście redukcji poziomu odczuć bólowych, stopnia niepełnosprawności i jakości życia niż odpowiadająca jej grupa placebo. W dostępnym piśmiennictwie wciąż brakuje rzetelnej oceny wpływu zogniskowanej fali uderzeniowej na dolegliwości pacjentów z przewlekłym bólem dolnego odcinka kręgosłupa.

Wpływ kolejnej przedstawionej techniki leczenia zachowawczego chronicznego bólu odcinka lędźwiowo-krzyżowego – laseroterapii – badał zespół Taradaja i wsp. Autorzy dokonali oceny zarówno w ujęciu obiektywnym [142], jak i subiektywnym [143]. Pacjentów rozdzielono losowo do jednej z grup porównawczych: HILT (fala ciągła, metoda bezkontaktowa, technika stabilna, aplikator punktowy z rozpraszaczem 30 cm², długość fali 1064 nm, dawka 60 J/cm², czas zabiegu 10 minut), tożsama jej grupa zabiegów pozorowanych, LLLT (fala ciągła, metoda kontaktowa, technika labilna, aplikator punktowy, długość fali 785 nm, dawka 8 J/cm², czas zabiegu 8 minut) oraz placebo LLLT. Analizie przed leczeniem i po nim, a także miesiąc i trzy miesiące później poddano następujące wskaźniki: intensywność odczuwanego bólu (skala VAS, kwestionariusz Laitinena), poziom niepełnosprawności (kwestionariusz Rolanda-Morrisa, ODI), zakres zgięcia stawu biodrowego oraz dolnego odcinka kręgosłupa i dodatkowo w ramach obiektywizacji pomiar stabilności posturalnej. Wyniki projektu nie potwierdziły zasadności stosowania

wania którejkolwiek z badanych technik laseroterapii, ponieważ grupy HILT i LLLT nie osiągnęły przewagi nad grupami placebo w odniesieniu do mierzonych parametrów.

Sprzeczne z powyższymi badaniami wyniki opublikował Notarnicola i wsp. [104]. Włosi korzystnie ocenili wpływ zabiegów laseroterapii wysokoenergetycznej u pacjentów z LBP na redukcję poziomu bólu (skala VAS) oraz sprawność badanych (kwestionariusz Rolanda-Morrisa oraz ODI). W ramach eksperymentu porównywano skuteczność różnych długości fali (fala ciągła o długościach: 650 nm i 810 nm oraz fala zmienna o zakresie 810-1064 nm) przy zachowaniu stałej mocy 5 W i dawce 50 J/cm². W badaniu nie tylko odnotowano subiektywną poprawę po serii każdej HILT, ale również wykazano podtrzymanie efektu terapeutycznego 2 i 4 miesiące po zakończeniu projektu.

Korzyści wynikające ze stosowania lasera wysokoenergetycznego opisał również zespół Fiore i wsp. [42]. Badacze zestawili ze sobą terapię HILT (fala pulsacyjna o długości 1024 nm, dawka całkowita 1200 J, 10 minut) oraz ultradźwięki (fala ciągła, 1 MHz, 2 W/cm², 10 minut). W wyniku trwającej 3 tygodnie terapii zaobserwowano znacznie lepsze efekty lecznicze (intensywność bólu i poziom sprawności funkcjonalnej) w grupie naświetlania laserowego. W powyższym projekcie nie przeprowadzono niestety obserwacji typu follow-up. Z uwagi na brak większej liczby rozważań naukowych w tematyce laseroterapii wysokoenergetycznej kwestia oddziaływania jej skuteczności pozostaje nierozstrzygnięta.

Turecki zespół [75] poddał ocenie działanie LLLT na 60 pacjentach uskarżających się na dolegliwości bólowe odcinka lędźwiowego. Pacjentów przydzielono do dwóch grup: pierwszej, w której zastosowano laser Ga-Al-As (850 nm, 10 J/cm², 8 minut) i drugiej, która miała wykonywane zabiegi laserem He-Ne (650/785/980 nm, 3 J/cm², 20 minut). Ponadto wszyscy dodatkowo otrzymywali ciepłe okłady (15 minut). Cała sesja obejmowała 5 zabiegów w tygodniu przez okres 3 tygodni. Analiza wyników uzyskanych ze skali VAS oraz zmodyfikowanego kwestionariusza Oswestry wykazała istotną poprawę po zakończeniu terapii. Nie

odnotowano jednak różnic międzygrupowych wskazujących na przewagę któregoś z zastosowanych laserów. Brak grupy kontrolnej stosującej wyłącznie okłady nie przemawia jednoznacznie za skutecznością LLLT, ponieważ poprawa mogła zostać uzyskana przez samo zastosowanie ciepłolecznictwa.

Z uwagi na to, że w fizjoterapii stosowanie suchego igłowania przez fizjoterapeutów jest stosunkowo nowym trendem, wciąż jeszcze brakuje doniesień naukowych mówiących o skuteczności DN u pacjentów z przewlekłym bólem dolnego odcinka kręgosłupa. W dostępnym piśmiennictwie bazy PubMed z ostatnich 10 lat tylko dwie publikacje nawiązują do LBP, pozostawiając możliwość przeprowadzenia obiektywnych badań przez innych naukowców.

Koppenhaver i wsp. [77] w swoim eksperymencie weryfikowali podczas pojedynczego zabiegu nakłuwania aktywnych punktów spustowych mięśnia wielodzielnego zależność pojawienia się reakcji miejscowego skurczu z poziomem intensywności bólu, nasileniem PPT, obrazem ultrasonograficznym oraz stopniem sprawności funkcjonalnej. W 66-osobowej grupie poddanej doświadczeniu przynajmniej jednokrotny LTR został zaobserwowany u 61 badanych. Po przeprowadzeniu eksperymentu autorzy wyrazili swój sceptycyzm odnośnie do wpływu DN na redukcję bólu. Pacjenci, u których reakcja miejscowego skurczu pod wpływem igłowania została odnotowana, cechowali się wystąpieniem krótkotrwałej poprawy funkcyjnej mięśnia wielodzielnego. Sugeruje to, że pojawienie się LTR podczas suchego igłowania może być klinicznie istotne, ale nie należy go rozpatrywać jako warunku skutecznej terapii.

Hiszpańscy badacze [147] przeprowadzili eksperyment kliniczny, w którym weryfikowano intensywność dolegliwości bólowych, poziom PPT oraz stopień niepełnosprawności u pacjentów z chronicznym bólem krzyża. Interwencja polegała na przeprowadzeniu trzech zabiegów nakłuwania punktów spustowych w obrębie mięśnia wielodzielnego i pośladkowego średniego. Zastosowana terapia wykazała się skutecznością pod kątem badanych parametrów w odniesieniu do efektów krótkoterminowych. Dla potwierdzenia tej tezy autorzy sugerują powtórzenie

projektu na większej liczbie pacjentów oraz zweryfikowanie wyników odległych.

Powyższy przegląd piśmiennictwa, z uwagi na liczne nieścisłości w wynikach dostępnych badań, nie pozwala na wskazanie najbardziej skutecznej spośród omówionych formy leczenia zachowawczego. Zalecane jest prowadzenie dalszych eksperymentów klinicznych w celu obiektywnej analizy przedstawionych metod terapeutycznych, ponieważ pomimo dużej liczby doniesień naukowych wciąż brakuje wystandaryzowanych protokołów postępowania w różnych schorzeniach narządu ruchu, a metodologia badań nierzadko wzbudza wątpliwości i w większości przypadków nie spełnia zasad Evidence Based Physiotherapy. Istnieje potrzeba realizowania kolejnych projektów badawczych na homogennych grupach z wykorzystaniem nie tylko subiektywnych, ale i obiektywnych metod pomiarowych, z ujednoczonym protokołem kryteriów włączenia i wykluczenia oraz punktem odniesienia w postaci grupy kontrolnej lub placebo.

7. Piśmiennictwo

1. Agaiby AD, Ghali LR, Wilson R, Dyson M. Laser modulation on angiogenic factor production by T-lymphocytes. *Lasers Surg Med* 2000; 26: 357-363.
2. Ahmed O, Elkharbolty A, Taha N, Bekheet AB. Treatment of mild to moderate carpal tunnel syndrome in patients with diabetic neuropathy using low level laser therapy versus ultrasound controlled comparative study. *BBA Clin* 2017 Jul 20; 8: 43-47.
3. Alayat MSM, Abdel-Kafy EM, Elsoudany AM, Hela OF, Alshehri MA. Efficacy of high intensity laser therapy in the treatment of male with osteopenia or osteoporosis: a randomized placebo-controlled trial. *J Phys Ther Sci* 2017 Sep; 29(9): 1675-1679.
4. Alayat M, Elsoudany E, Ali M. Efficacy of multiwave locked system laser on pain and function in patients with chronic neck pain: a randomized placebo-controlled trial. *Photomed Laser Surg* 2017 Aug; 35(8): 450-455.
5. Albornoz-Cabello M, Maya-Martín J, Domínguez-Maldonado G, Espejo-Antúnez L, Heredia-Rizo AM. Effect of interferential current therapy on pain perception and disability level in subjects with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2017; 31(2): 242-249.
6. Alfredo PP, Bjordal JM, Junior WS, Lopes-Martins RÁB, Stausholm MB, Casarotto RA, et al. Long-term results of a randomized, controlled, double-blind study of low-level laser therapy before exercises in knee osteoarthritis: laser and exercises in knee osteoarthritis. *Clin Rehabil* 2018 Feb; 32(2): 173-178.
7. Anderson RR, Parrish JA. The optics of human skin. *J Invest Dermatol* 1981 Jul; 77(1): 13-19.
8. Antczak A, Haor B, Głowacka M, Biercewicz M. Jakość życia pacjentów z zespołem bólowym odcinka lędźwiowego kręgosłupa po zastosowaniu leczenia sanatoryjnego - doniesienia wstępne. *Piel Zdr Publ* 2014, 4(1): 19-25.
9. Arslan H, Doğanay E, Karataş E, Ünlü MA, Ahmed HMA. Effect of low-level laser therapy on postoperative pain after root canal retreatment: a preliminary placebo-controlled, triple-blind, randomized clinical trial. *J Endod* 2017 Nov; 43(11): 1765-1769.
10. Bacci C, Sacchetto L, Zanette G, Sivoletta S. Diode laser to treat small oral vascular malformations: a prospective case series study. *Lasers Surg Med* 2018 Feb; 50(2): 111-116.
11. Bae H, Kim HJ. Clinical outcomes of extracorporeal shock wave therapy in patients with secondary lymphedema: a pilot study. *Ann Rehabil Med* 2013 Apr; 37(2): 229-234.
12. Barnes K, Lanz O, Werre S, Clapp K, Gilley R. Comparison of autogenous cancellous bone grafting and extracorporeal shock wave therapy on osteotomy healing in the tibial tu-

- berosity advancement procedure in dogs. Radiographic densitometric evaluation. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2015; 28(3): 207-214.
13. Bliddal H, Danneskiold-Samsøe B. Chronic widespread pain in the spectrum of rheumatological diseases. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2007; 21(3): 391-402.
 14. Bojczuk T, Przysada G, Strzypek Ł. Wpływ ćwiczeń leczniczych na wskaźniki jakości życia u pacjentów z bólem dolnego odcinka kręgosłupa. *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego* 2010; 1, 66-72.
 15. Bonikowska-Zgajńska M. Laseroterapia w rehabilitacji. *Rehabil Prakt* 2008; 2: 38-40.
 16. Boyles R, Fowler R, Ramsey D, Burrows E. Effectiveness of trigger point dry needling for multiple body regions: a systematic review. *J Man Manip Ther* 2015 Dec; 23(5): 276-293.
 17. Cebicci MA, Sutbeyaz ST, Goksu SS, Hocaoglu S, Oguz A, Atilabey A. Extracorporeal shock wave therapy for breast cancer-related lymphedema: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 2016 Sep; 97(9): 1520-1525.
 18. Çelik A, Altan L, Ökmen BM. The effects of extracorporeal shock wave therapy on pain, disability and life quality of chronic low back pain patients. *Altern Ther Health Med* 2020; 26(2): 54-60.
 19. Chen L, Liu D, Zou L, Huang J, Chen J, Zou Y, et al. Efficacy of high intensity laser therapy in treatment of patients with lumbar disc protrusion: a randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2018 Feb 6; 31(1): 191-196.
 20. Chen YL, Chen KH, Yin TC, Huang TH, Yuen CM, Chung SY, et al. Extracorporeal shock wave therapy effectively prevented diabetic neuropathy. *Am J Transl Res* 2015 Dec 15; 7(12): 2543-2560.
 21. Chou WY, Wang CJ, Wu KT, Yang YJ, Cheng JH, Wang SW. Comparative outcomes of extracorporeal shockwave therapy for shoulder tendinitis or partial tears of the rotator cuff in athletes and non-athletes: Retrospective study. *Int J Surg* 2018 Mar; 51: 184-190.
 22. Chow RT, Armati PJ. Photobiomodulation: implications for anesthesia and pain relief. *Photomed Laser Surg* 2016 Dec; 34(12): 599-609.
 23. Circi E, Okur SC, Aksu O, Mumcuoglu E, Tuzuner T, Caglar N. The effectiveness of extracorporeal shockwave treatment in subacromial impingement syndrome and its relation with acromion morphology. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2018 Jan; 52(1): 17-21.
 24. Connors BA, Schaefer RB, Gallagher JJ, Johnson CD, Li G, Handa RK, et al. Preliminary report on stone breakage and lesion size produced by a new extracorporeal electrohydraulic (sparker array) discharge device. *Urology* 2018 Jun; 116: 213-217.
 25. Corrêa JB, Costa LO, de Oliveira NT, Sluka KA, Liebano RE. Effects of the carrier frequency of interferential current on pain modulation in patients with chronic nonspecific low back pain: a protocol of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2013 Jun 27; 14: 195.
 26. Da Ré Guerra F, Vieira CP, Marques PP, Oliveira LP, Pimentel ER. Low level laser therapy accelerates the extracellular matrix reorganization of inflamed tendon. *Tissue Cell* 2017 Aug; 49(4): 483-488.
 27. Daliri SS, Forogh B, Emami Razavi SZ, Ahadi T, Madjlesi F, Ansari NN. A single blind, clinical trial to investigate the effects of a single session extracorporeal shock wave therapy on wrist flexor spasticity after stroke. *NeuroRehabilitation* 2015; 36(1): 67-72.

28. Demczyszak I, Wrzosek Z. Współczesne metody elektroterapii bólu ze szczególnym uwzględnieniem przezskórnej elektroneurostymulacji TENS. *Fizjoterapia* 2001; 9(3): 48-54.
29. Domżał TM. Przewlekłe nieswoiste bóle krzyża - stara dolegliwość czy nowa choroba neurologiczna? *Pol Przegl Neurol* 2007 Dec; 3(4): 216-227.
30. Dostalova T, Kroulikova V, Podzimek S, Jelinková H. Low-level laser therapy after wisdom teeth surgery: evaluation of immunologic markers (secretory immunoglobulin A and lysozyme levels) and thermographic examination: placebo controlled study. *Photomed Laser Surg* 2017 Nov; 35(11): 616-621.
31. Dube A, Bock C, Bauer E, Kohli R, Gupta PK, Greulich KO. He-Ne laser irradiation protects B-lymphoblasts from UVA-induced DNA damage. *Radiat Environ Biophys* 2001 Mar; 40(1): 77-82.
32. Dwornik M, Białoszewski D, Kiebzak W, Łyp M. Korelacja wybranych elementów badania przedmiotowego ze skutecznością leczenia fizjoterapeutycznego u pacjentów z przewlekłymi bólami krzyża. *Ortop Traumatol Rehab* 2007; 3(6): 297-309.
33. Dymarek R, Halski T, Ptaszkowski K, Słupska L, Rosińczuk J, Taradaj J. Extracorporeal shock wave therapy as an adjunct wound treatment: a systematic review of the literature. *Ostomy Wound Manage* 2014 Jul; 60(7): 26-39.
34. Dymarek R, Taradaj J, Rosińczuk J. Extracorporeal shock wave stimulation as alternative treatment modality for wrist and fingers spasticity in poststroke patients: a prospective, open-label, preliminary clinical trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2016; 2016: 4648101.
35. Dymarek R, Taradaj J, Rosińczuk J. The effect of radial extracorporeal shock wave stimulation on upper limb spasticity in chronic stroke patients: a single-blind, randomized, placebo-controlled study. *Ultrasound Med Biol* 2016 Aug; 42(8): 1862-1875.
36. Ebadi S, Ansari NN, Ahadi T, Fallah E, Forogh B. No immediate analgesic effect of diadynamic current in patients with nonspecific low back pain in comparison to TENS. *J Bodyw Mov Ther* 2018; 22(3): 693-699.
37. Elboim-Gabyzon M, Andrawus Najjar S, Shtarker H. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on acute postoperative pain intensity and mobility after hip fracture: a double-blinded, randomized trial. *Clin Interv Aging* 2019; 14: 1841-1850.
38. Espejo-Antúnez L, Tejada JF, Albornoz-Cabello M, Rodríguez-Mansilla J, de la Cruz-Torres B, Ribeiro F, et al. Dry needling in the management of myofascial trigger points: a systematic review of randomized controlled trials. *Complement Ther Med* 2017; 33: 46-57.
39. Fankhauser CD, Hermanns T, Lieger L, Diethelm O, Umbehr M, Luginbühl T, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy versus flexible ureterorenoscopy in the treatment of untreated renal calculi. *Clin Kidney J* 2018 Jun; 11(3): 364-369.
40. Fernández-de-Las-Peñas C, Layton M, Dommerholt J. Dry needling for the management of thoracic spine pain. *J Man Manip Ther* 2015 Jul; 23(3): 147-153.
41. Ferraresi C, Bertucci D, Schiavinato J, Reiff R, Araújo A, Panepucci R, et al. Effects of light-emitting diode therapy on muscle hypertrophy, gene expression, performance, damage, and delayed-onset muscle soreness: case-control study with a pair of identical twins. *Am J Phys Med Rehabil* 2016 Oct; 95(10): 746-757.

42. Fiore P, Panza F, Cassatella G, Russo A, Frisardi V, Solfrizzi V, et al. Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of low back pain: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2011; 47(3): 367-373.
43. Foldager CB, Kearney C, Spector M. Clinical application of extracorporeal shock wave therapy in orthopedics: focused versus unfocused shock waves. *Ultrasound Med Biol* 2012 Oct; 38(10): 1673-1680.
44. Fortuna D, Rossi G, Grigolo B, Buda R, Zati A, Bilotta TW, et al. High intensity laser therapy in the treatment of deep osteochondral defect. Pilot study in an animal model. *Osteoarthritis Cartilage* 2005; 13(Supp. A): 86.
45. Frasanito P, Cavalieri C, Maestri R, Felicetti G. Effectiveness of Extracorporeal Shock Wave Therapy and kinesio taping in calcific tendinopathy of the shoulder: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018 Jun; 54(3): 333-340.
46. Furlan AD, van Tulder M, Cherkin D, Tsukayama H, Lao L, Koes B, et al. Acupuncture and dry-needling for low back pain: an updated systematic review within the framework of the Cochrane Collaboration. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005 Apr 15; 30(8): 944-963.
47. Garczyński W, Lubkowska A. Postępowanie fizjoterapeutyczne u pacjentów ze zmianami zwyrodnieniowymi lędźwiowego odcinka kręgosłupa. *J Health Sci* 2013; 3(4): 118-130.
48. Giermek K. Jeszcze raz o biostymulacji laserowej. W: Taradaj J, Sieroń A, Jastrzębski M, red. *Fizykoterapia w praktyce*. Katowice: Elamed; 2010: 107-113.
49. Gildir S, Tüzün EH, Eroğlu G, Eker L. A randomized trial of trigger point dry needling versus sham needling for chronic tension-type headache. *Medicine (Baltimore)* 2019 Feb; 98(8): e14520.
50. Gomes CAFP, Dibai-Filho AV, Politti F, Gonzalez TO, Biasotto-Gonzalez DA. Combined use of diadynamic currents and manual therapy on myofascial trigger points in patients with shoulder impingement syndrome: a randomized controlled trial. *J Manipulative Physiol Ther* 2018; 41(6): 475-482.
51. Gomes RC, Guirro ECO, Gonçalves AC, Farina Junior JA, Murta Junior LO, Guirro RRJ. High-voltage electric stimulation of the donor site of skin grafts accelerates the healing process. A randomized blinded clinical trial. *Burns* 2018; 44(3): 636-645.
52. Grabińska E, Leśniewicz J, Pieszyński I, Kostka J. Porównanie działania przeciwbólowego prądów interferencyjnych i TENS u pacjentów z dolegliwościami bólowymi w części lędźwiowo-krzyżowej kręgosłupa. *Wiad Lek* 2015; 68(1): 13-19.
53. Grzegorzczak J, Kwolek A. Współczesne poglądy na temat rehabilitacji w bólach krzyża. *Przegl Med Uniw Rzeszow* 2005; 2, 194-200.
54. Gunay Ucurum S, Kaya DO, Kayali Y, Askin A, Tekindal MA. Comparison of different electrotherapy methods and exercise therapy in shoulder impingement syndrome: a prospective randomized controlled trial. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2018; 52(4): 249-255.
55. Hando BR, Rhon DI, Cleland JA, Snodgrass SJ. Dry needling in addition to standard physical therapy treatment for sub-acromial pain syndrome: a randomized controlled trial protocol. *Braz J Phys Ther* 2019; 23(4): 355-363.
56. Harman K, Fenety A, Hoens A, Crouse J, Padfield B. Physiotherapy and low back pain in the injured worker: an examination of current practice during the subacute phase of healing. *Physiother Can* 2009; 61: 88-106.

57. Hatanaka K, Ito K, Shindo T, Kagaya Y, Ogata T, Eguchi K, et al. Molecular mechanisms of the angiogenic effects of low-energy shock wave therapy: roles of mechanotransduction. *Am J Physiol Cell Physiol* 2016 Sep 1; 311(3): C378-385.
58. Hocaoglu S, Vurdem UE, Cebicci MA, Sutbeyaz ST, Guldeste Z, Yunsuroglu SG. Comparative effectiveness of radial extracorporeal shockwave therapy and ultrasound-guided local corticosteroid injection treatment for plantar fasciitis. *J Am Podiatr Med Assoc* 2017 May; 107(3): 192-199.
59. Hoy D, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Bain C, et al. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Ann Rheum Dis* 2014 Jun; 73(6): 968-974.
60. Hsieh YL, Kao MJ, Kuan TS, Chen SM, Chen JT, Hong CZ. Dry needling to a key myofascial trigger point may reduce the irritability of satellite MTrPs. *Am J Phys Med Rehabil* 2007; 86: 397-403.
61. Hsu WH, Yu PA, Lai LJ, Chen CL, Kuo LT, Fan CH. Effect of extracorporeal shockwave therapy on passive ankle stiffness in patients with plantar fasciopathy. *J Foot Ankle Surg* 2018 Jan-Feb; 57(1): 15-18.
62. Huguenin L, Brukner PD, McCrory P, Smith P, Wajswelner H, Bennell K. Effect of dry needling of gluteal muscles on straight leg raise: a randomised, placebo controlled, double blind trial. *Br J Sports Med* 2005; 39: 84-90.
63. Hurley DA, McDonough SM, Moore AP, Baxter GD. A randomized clinical trial of manipulative therapy and interferential therapy for acute low back pain. *Spine* 2004; 29(20): 2208.
64. Irnich D, Behrens N, Gleditsch JM, Stör W, Schreiber MA, Schöps P, et al. Immediate effects of dry needling and acupuncture at distant points in chronic neck pain: results of a randomized, double-blind, sham-controlled crossover trial. *Pain* 2002; 99: 83-89.
65. Issa JPM, Trawitzki BF, Ervolino E, Macedo AP, Lilge L. Low-intensity laser therapy efficacy evaluation in FVB mice subjected to acute and chronic arthritis. *Lasers Med Sci* 2017 Aug; 32(6): 1269-1277.
66. Izukura H, Miyagi M, Harada T, Ohshiro T, Ebihara S. Low level laser therapy in patients with chronic foot and ankle joint pain. *Laser Ther* 2017 Mar 31; 26(1): 19-24.
67. Jacobs WC, Van Tulder M, Arts M. Surgery versus conservative management of sciatica due to a lumbar herniated disc: a systematic review. *Eur Spine J* 2010; 10: 1603-1607.
68. Janzadeh A, Nasirinezhad F, Masoumpoor M, Jameie SB, Hayat P. Photobiomodulation therapy reduces apoptotic factors and increases glutathione levels in a neuropathic pain model. *Lasers Med Sci* 2016 Dec; 31(9): 1863-1869.
69. Jonasson TH, Zancan R, de Oliveira Azevedo L, Fonseca AC, Silva MCD, Giovanini AF, et al. Effects of low-level laser therapy and platelet concentrate on bone repair: histological, histomorphometric, immunohistochemical, and radiographic study. *J Craniomaxillofac Surg* 2017 Nov; 45(11): 1846-1853.
70. Kang N, Zhang J YuX, MaY. Radial extracorporeal shockwavetherapyimproves cerebral blood flow and neurological function in a rat model of cerebral ischemia. *Am J Transl Res* 2017 Apr 15; 9(4): 2000-2012.

71. Kasprzak W, Mankowska A. Fizykoterapia medyczna uzdrowiskowa i SPA. Warszawa: PZWL; 2008.
72. Keshri GK, Gupta A, Yadav A, Sharma SK, Singh SB. Photobiomodulation with pulsed and continuous wave near-infrared laser (810 nm, Al-Ga-As) augments dermal wound healing in immunosuppressed rats. *PLoS One* 2016 Nov 18; 11(11): e0166705.
73. Kisch T, Sorg H, Forstmeier V, Knobloch K, Liodaki E, Stang F, et al. Remote effects of extracorporeal shock wave therapy on cutaneous microcirculation. *J Tissue Viability* 2015 Nov; 24 (4): 140-145.
74. Köksal İ, Güler O, Mahiroğulları M, Mutlu S, Çakmak S, Akşahin E. Comparison of extracorporeal shock wave therapy in acute and chronic lateral epicondylitis. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2015; 49(5): 465-470.
75. Koldaş Doğan Ş, Ay S, Evcik D. The effects of two different low level laser therapies in the treatment of patients with chronic low back pain: a double-blinded randomized clinical trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2017; 30(2): 235-240.
76. Kong MH, Do DH, Miyazaki M, Wei F, Yoon SH, Wang JC. Rabbit model for in vivo study of intervertebral disc degeneration and regeneration. *J Korean Neurosurg Soc* 2008; 44: 327-333.
77. Koppenhaver SL, Walker MJ, Rettig C, Davis J, Nelson C, Su J, et al. The association between dry needling-induced twitch response and change in pain and muscle function in patients with low back pain: a quasi-experimental study. *Physiotherapy* 2017; 103(2): 131-137.
78. Korabiewska I, Ramos-Florczak B, Lewandowska M, Białoszewski D. Porównanie działania przeciwbólowego magnetoterapii z prądami diadynamicznymi w leczeniu zespołów bólowych dolnego odcinka kręgosłupa. *Acta Balneol* 2010; 52(3): 167-174.
79. Kotze A, Simpson K. Stimulation-produced analgesia, TENS and related techniques. *Anaesth Intensive Care* 2008; 9 (1): 29-32.
80. Król P, Franek A, Durmała J, Błaszczak E, Ficek K, Król B, et al. Focused and radial shock wave therapy in the treatment of tennis elbow: a pilot randomised controlled study. *J Hum Kinet* 2015 Oct 14; 47: 127-135.
81. Kurkus B, Kuliński W. Laseroterapia w medycynie fizykalnej. *Baln Pol* 2005; 47(34): 76-83.
82. Kwolek A, Zwolińska J, Weres A. Wpływ dawki terapeutycznej na skuteczność laseroterapii nisko- i wysokoenergetycznej (HILT). *Acta Bio-Opt Inf Med* 2011; 7(3): 171-178.
83. Lauriti L, de Cerqueira Luz JG, Agnelli Mesquita-Ferrari R, Fernandes KPS, Deana AM, Tempestini Horliana ACR, et al. Evaluation of the effect of phototherapy in patients with mandibular fracture on mandibular dynamics, pain, edema, and bite force: a pilot study. *Photomed Laser Surg* 2018 Jan; 36(1): 24-30.
84. Lee JE, Anderson CM, Perkhounkova Y, Sleuwenhoek BM, Louison RR. Transcutaneous electrical nerve stimulation reduces resting pain in head and neck cancer patients: a randomized and placebo-controlled double-blind pilot study. *Cancer Nurs* 2019; 42(3): 218-228.
85. Lee JH, Cho SH. Effect of extracorporeal shock wave therapy on denervation atrophy and function caused by sciatic nerve injury. *J Phys Ther Sci* 2013 Sep; 25(9): 1067-1069.

86. Li J, Wang W, Du Y, Tian Y. Combined use of flexible ureteroscopic lithotripsy with micro-percutaneous nephrolithotomy in pediatric multiple kidney stones. *J Pediatr Urol* 2018 Jun; 14(3): 281.
87. Li W, Zhang SX, Yang Q, Li BL, Meng QG, Guo ZG. Effect of extracorporeal shock-wave therapy for treating patients with chronic rotator cuff tendonitis. *Medicine (Baltimore)* 2017 Sep; 96(35): e7940.
88. Llamas-Ramos R, Pecos-Martín D, Gallego-Izquierdo T, Llamas-Ramos I, Plaza-Manzano G, Ortega-Santiago R, et al. Comparison of the short-term outcomes between trigger point dry needling and trigger point manual therapy for the management of chronic mechanical neck pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014; 44: 852-861.
89. Lewit K. The needle effect in the relief of myofascial pain. *Pain* 1979 Feb; 6(1): 83-90.
90. Łukowicz M, Pawlak A, Pawlikowski J, Weber-Zimmerman M, Zalewski P. Laseroterapia wysokoenergetyczna (HILT) – zastosowania kliniczne. *Acta Bio-Opt Inf Med* 2007; 13(4): 326-330.
91. MacDonald D, Moseley GL, Hodges PW. Why do some patients keep hurting their back? Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain* 2009; 142: 183-188.
92. Maciejczak A. 38-letnia kobieta z nawracającym bólem krzyża i rwą kulszową. *Med Pr* 2013; 4(266): 106-113.
93. Maddali BS, Del Rosso A. How to prescribe physical exercise in rheumatology. *Reumatismo* 2010; 62(1): 4-11.
94. Malliaropoulos N, Thompson D, Meke M, Pyne D, Alaseirlis D, Atkinson H, et al. Individualised radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT) for symptomatic calcific shoulder tendinopathy: a retrospective clinical study. *BMC Musculoskelet Disord* 2017 Dec 6; 18(1): 513.
95. Mayer-Santos E, Anhesini BH, Shimokawa CAK, Aranha ACC, Eduardo CP, de Freitas PM. The potential of low-power laser for reducing dental sensitivity after in-office bleaching: a case report. *Gen Dent* 2017 Jul-Aug; 65(4): e8-e11.
96. Mayoral O, Salvat I, Martín MT, Martín S, Santiago J, Cotarello J, et al. Efficacy of myofascial trigger point dry needling in the prevention of pain after total knee arthroplasty: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Evid Based Complement Alternat Med* 2013; 2013: 694941.
97. Mehani S. Immunomodulatory effects of two different physical therapy modalities in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Phys Ther Sci* 2017 Sep; 29(9): 1527-1533.
98. Mei R, Zhao WB, Xue SL. [Clinical Medicine. The evaluation of He-Ne laser therapy help wound healing of nail surgery]. *Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 2017 May; 48(3): 489-492.
99. Mejuto-Vázquez MJ, Salom-Moreno J, Ortega-Santiago R, Truyols-Domínguez S, Fernández-de-Las-Peñas C. Short-term changes in neck pain, widespread pressure pain sensitivity, and cervical range of motion after the application of trigger point dry needling in patients with acute mechanical neck pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014 Apr; 44(4): 252-260.

100. Micheli L, Di Cesare Mannelli L, Lucarini E, Cialdai F, Vignali L, Ghelardini C, et al. Photobiomodulation therapy by NIR laser in persistent pain: an analytical study in the rat. *Lasers Med Sci* 2017 Nov; 32(8): 1835-1846.
101. Morihisa R, Eskew J, McNamara A, Young J. Dry needling in subjects with muscular trigger points in the lower quarter: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther* 2016 Feb; 11(1): 1-14.
102. Nikolij-Dimitrova ED, Gjerakaroska-Savevska C, Koevska V, Mitrevska B, Gocevska M, Manoleva M, et al. The effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy for chronic achilles tendinopathy: a case report with 18 months follow-up. *Open Access Maced J Med Sci* 2018 Mar 7; 6(3): 523-527.
103. Ninomiya T, Miyamoto Y, Ito T, Yamashita A, Wakita M, Nishisaka T. High-intensity pulsed laser irradiation accelerates bone formation in metaphyseal trabecular bone in rat femur. *J Bone Miner Metab* 2003; 21(2): 67-73.
104. Notarnicola A, Maccagnano G, Tafuri S, Gallone MF, Moretti L, Moretti B. High level laser therapy for the treatment of lower back pain: clinical efficacy and comparison of different wavelengths. *J Biol Regul Homeost Agents* 2016; 30(4): 1157-1164.
105. Nowotny J. *Podstawy fizjoterapii*. T. 3. Katowice: AWF; 1998: 67-75.
106. Omar MT, Alghadir A, Al-Wahhabi KK, Al-Askar AB. Efficacy of shock wave therapy on chronic diabetic foot ulcer: a single-blinded randomized controlled clinical trial. *Diabetes Res Clin Pract* 2014 Dec; 106(3): 548-554.
107. Opara J. *Neurorehabilitacja*. Katowice: Wydawnictwo Elamed; 2011.
108. Opara J, Kapko W, Włodarczyk M, Lisiecki G, Janota B, Janota J, et al. Praktyczne zastosowanie lasera niskoenergetycznego w wybranych dysfunkcjach narządu ruchu. W: Sieroń A, Pasek J, red. *Fizykoterapia w praktyce, cz. II*. Katowice: Elamed; 2014: 191-198.
109. Pasek J, Pasek T, Sieroń A. Terapia skojarzona w leczeniu bólu - wybrane zabiegi fizykoterapeutyczne. *Wiad Lek* 2001; 64(2): 122-126.
110. Pecos-Martín D, Montañez-Aguilera FJ, Gallego-Izquierdo T, Urraca-Gesto A, Gómez-Conesa A, Romero-Franco N, et al. Effectiveness of dry needling on the lower trapezius in patients with mechanical neck pain: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2015; 96: 775-781.
111. Pereira FC, Parisi JR, Maglioni CB, Machado GB, Barragán-Iglesias P, Silva JRT, et al. Antinociceptive effects of low-level laser therapy at 3 and 8J/cm² in a rat model of post-operative pain: possible role of endogenous Opioids. *Lasers Surg Med* 2017 Nov; 49(9): 844-851.
112. Petrini M, Ferrante M, Trentini P, Perfetti G, Spoto G. Effect of pre-operative low-level laser therapy on pain, swelling, and trismus associated with third-molar surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2017 Jul 1; 22(4): e467-e472.
113. Pfaff J A, Boelck B, Bloch W, Nentwig GH. Growth factors in bone marrow blood of the mandible with application of extracorporeal shock wave therapy. *Implant Dent* 2016 Oct; 25(5): 606-612
114. Piasecka A, Leyko W, Krajewska E, Bryszewska M. Effects of combined treatment with perindoprilat and low power red light irradiation on human erythrocyte membrane fluidity membrane potential and acetylcholinesterase activity. *Scand J Clin Lab Invest* 2000; 60(5): 395-402.

115. Polak A, Franek A, Świst D. Elektrostymulacja wysokonapięciowa - obiecująca metoda lecznicza. *Ann Acad Med Siles* 1997; 33: 247-255.
116. Pop T, Austrup H, Preuss R, Niedziałek M, Zaniewska A, Sobolewski M, et al. Wpływ elektrostymulacji prądami TENS na redukcję bólu u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową krążka międzykręgowego w odcinku lędźwiowo-krzyżowym kręgosłupa. *Ortop Traumatol Rehab* 2010; 4(6): 289-300.
117. Purcell RL, Schroeder IG, Keeling LE, Formby PM, Eckel TT, Shawen SB. Clinical outcomes after extracorporeal shock wave therapy for chronic plantar fasciitis in a predominantly active duty population. *J Foot Ankle Surg* 2018 Jul-Aug; 57(4): 654-657.
118. Pyszora A, Kujawa J. Zastosowanie elektroterapii w leczeniu bólu. *Pol Med Paliat* 2003; 2(3): 167-173.
119. Radziszewski K. Analiza objawów depresyjnych u pacjentów z dyskopatią lędźwiową leczonych zachowawczo bądź operowanych. *Post Psychiatr Neurol* 2006; 15(2): 77-81.
120. Rajfur J, Pasternok M, Rajfur K, Walewicz K, Frasz B, Bolach B, et al. Efficacy of selected electrical therapies on chronic low back pain: a comparative clinical pilot study. *Med Sci Monit* 2017; 23: 85-100.
121. Rajfur J, Rajfur K, Kosowski Ł, Matusz T. The use of dry needling to treat painful shoulder syndrome - a case report. *Med Sci Pulse* 2020; 14(2): 60-63.
122. Ratajczak B, Hawrylak A, Demidaś A, Kuciel-Lewandowska J, Boerner E. Effectiveness of diadynamic currents and transcutaneous electrical nerve stimulation in disc disease lumbar part of spine. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2011; 24(3): 155-159.
123. Ratajczak B, Ryfa R, Boerner E, Kuciel-Lewandowska J, Hawrylak A, Demidaś A. Ocena wpływu laseroterapii i magnetoterapii w połączeniu z kinezyterapią u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa. *Post Rehab* 2011; 2: 13-18.
124. Robertson V, Ward A, Low J, Reed A. Fizykoterapia, aspekty kliniczne i biofizyczne. Łukowicz M, red. Wrocław: Wydawnictwo Elsevier Urban & Partner; 2009.
125. Rudwaleit M, Märker-Hermann E. Management des nichtspezifischen Kreuzschmerzes. Die neue Nationale Versorgungs Leitlinie 2011 [Management of nonspecific low back pain. The new national guidelines 2011]. *Z Rheumatol* 2012 Aug; 71(6): 485-497.
126. Rycerski W. Analiza powrotu do pracy zarobkowej chorych z dyskopatią lędźwiową poddanych rehabilitacji w ramach programu prewencji rentowej ZUS. Rozprawa doktorska, Śląska Akademia Medyczna 1999.
127. S GN, Kamal W, George J, Manssor E. Radiological and biochemical effects (CTX-II, MMP-3, 8, and 13) of low-level laser therapy (LLLT) in chronic osteoarthritis in Al-Kharj, Saudi Arabia. *Lasers Med Sci* 2017 Feb; 32(2): 297-303.
128. Sánchez-Mila Z, Salom-Moreno J, Fernández-de-Las-Peñas C. Effects of dry needling on post-stroke spasticity, motor function and stability limits: a randomised clinical trial. *Acupunct Med* 2018; 36(6): 358-366.
129. Sandoval MC, Ramirez C, Camargo DM, Salvini TF. Effect of high-voltage pulsed current plus conventional treatment on acute ankle sprain. *Rev Bras Fisioter* 2010; 14(3): 193-199.

130. Santamato A, Micello MF, Panza F, Fortunato F, Logroscino G, Picelli A, et al. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of poststroke plantar-flexor muscles spasticity: a prospective open-label study. *Top Stroke Rehabil* 2014; 21 Suppl 1: S17-24.
131. Santana LS, Gallo RB, Ferreira CH, Duarte G, Quintana SM, Marcolin AC. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) reduces pain and postpones the need for pharmacological analgesia during labour: a randomised trial. *J Physiother* 2016; 62(1): 29-34.
132. Santiago R, Truyols-Domínguez S, Fernández-de-las-Peñas C. Short-term changes in neck pain, widespread pressure pain sensitivity, and cervical range of motion after the application of trigger point dry needling in patients with acute mechanical neck pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014; 44: 252-260.
133. Schnurrer-Luke-Vrbanić T, Avancini-Dobrović V, Sosa I, Cvijanovic O, Bobinac D. Effect of radial shock wave therapy on long bone fracture repair. *J Biol Regul Homeost Agents* 2018 Jul-Aug; 32(4): 875-879.
134. Shrivastava SK, Kailash. Shock wave treatment in medicine. *J Biosci* 2005 Mar; 30(2): 269-275.
135. Sieradzki M, Krajewska-Kulać E, Van Damme-Ostapowicz K. Ocena występowania zespołów bólowych dolnego odcinka kręgosłupa w populacji studentów kierunku fizjoterapia. *Probl Hig Epidemiol* 2013; 94(3): 451-458.
136. Sieroń A, Adamek M, Cieślak G. Zastosowanie promieniowania laserowego w medycynie. *Fizjoterapia* 1994; 2(4): 10-12.
137. Sieroń A, Pasek J, Mucha R. Lasery w medycynie i rehabilitacji. *Rehabil Prakt* 2006; 2: 26-30.
138. Strojek K, Bułatowicz I, Radzimińska A, Kaźmierczak U, Kubica M, Styczyńska H, et al. Ocena statyki miednicy u pacjentów z bólami kręgosłupa w odcinku lędźwiowo-krzyżowym. *J Health Sci* 2014; 4(6): 171-182.
139. Sundaram S, Sellamuthu K, Nagavelu K, Suma HR, Das A, Narayan R, et al. Stimulation of angiogenesis using single-pulse low-pressure shock wave treatment. *J Mol Med (Berl)* 2018 Nov; 96(11): 1177-1187.
140. Tabatabaiee A, Takamjani IE, Sarrafzadeh J, Salehi R, Ahmadi M. Ultrasound-guided dry needling decreases pain in patients with piriformis syndrome. *Muscle Nerve* 2019; 60(5): 558-565.
141. Taradaj J, Franek A, Cierpka L, Błaszczak E. Elektrostymulacja wysokonapięciowa we wspomaganiu gojenia owrzodzeń troficzných. *Wiad Lek* 2004; 57(7,8): 374-377.
142. Taradaj J, Rajfur K, Rajfur J, Ptaszkowski K, Ptaszkowska L, Sopol M, et al. Effect of laser treatment on postural control parameters in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized placebo-controlled trial. *Braz J Med Biol Res* 2019 Nov 25; 52(12): e8474.
143. Taradaj J, Rajfur K, Shay B, Rajfur J, Ptaszkowski K, Walewicz K, et al. Photobiomodulation using high- or low-level laser irradiations in patients with lumbar disc degenerative changes: disappointing outcomes and remarks. *Clin Interv Aging* 2018; 13: 1445-1455.
144. Taradaj J, Sieroń A, Jarzębski M. *Fizykoterapia w praktyce*. Katowice: Wydawnictwo Elamed; 2010.

145. Taradaj J. Przydatność przezskórnej elektrycznej stymulacji nerwów TENS w leczeniu bólu. *Rehabil Med* 2001; 4: 93–96.
146. Taradaj J. Lasery w medycynie i rehabilitacji. *Fizjoterapia* 2001; 9(4): 42–47.
147. Téllez-García M, de-la-Llave-Rincón AI, Salom-Moreno J, Palacios-Ceña M, Ortega-Santiago R, Fernández-de-Las-Peñas C. Neuroscience education in addition to trigger point dry needling for the management of patients with mechanical chronic low back pain: A preliminary clinical trial. *J Bodyw Mov Ther* 2015; 19(3): 464–472.
148. Thiese MS, Hughes M, Biggs J. Electrical stimulation for chronic non-specific low back pain in a working-age population: a 12-week double blinded randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2013; 28(14): 117–120.
149. Tomazoni SS, Frigo L, Dos Reis Ferreira TC, Casalechi HL, Teixeira S, de Almeida P, et al. Effects of photobiomodulation therapy and topical non-steroidal anti-inflammatory drug on skeletal muscle injury induced by contusion in rats - part 2: biochemical aspects. *Lasers Med Sci* 2017 Nov; 32(8): 1879–1887.
150. Trawitzki BF, Lilje L, de Figueiredo FAT, Macedo AP, Issa JPM. Low-intensity laser therapy efficacy evaluation in mice subjected to acute arthritis condition. *J Photochem Photobiol B* 2017 Sep; 174: 126–132.
151. Trentini R, Mangano T, Repetto I, Cerruti P, Kuqi E, Trompetto C, et al. Short- to mid-term follow-up effectiveness of US-guided focal extracorporeal shock wave therapy in the treatment of elbow lateral epicondylitis. *Musculoskelet Surg* 2015 Sep; 99 Suppl 1: S91–97.
152. Tsai CT, Hsieh LF, Kuan TS, Kao MJ, Chou LW, Hong CZ. Remote effects of dry needling on the irritability of the myofascial trigger point in the upper trapezius muscle. *Am J Phys Med Rehabil* 2010; 89: 133–140.
153. Unverzagt C, Berglund K, Thomas JJ. Dry needling for myofascial trigger point pain: a clinical commentary. *Int J Sports Phys Ther* 2015 Jun; 10(3): 402–418.
154. Velázquez-Saornil J, Ruíz-Ruiz B, Rodríguez-Sanz D, Romero-Morales C, López-López D, Calvo-Lobo C. Efficacy of quadriceps vastus medialis dry needling in a rehabilitation protocol after surgical reconstruction of complete anterior cruciate ligament rupture. *Medicine (Baltimore)* 2017; 96(17): e6726.
155. Venâncio RA, Alencar FG, Zamperini C. Different substances and dry-needling injections in patients with myofascial pain and headaches. *Cranio* 2008; 26: 96–103.
156. Vitse J, Bekara F, Byun S, Herlin C, Teot L. A double-blind, placebo-controlled randomized evaluation of the effect of low-level laser therapy on venous leg ulcers. *Int J Low Extrem Wounds* 2017 Mar; 16(1): 29–35.
157. Walewicz K, Taradaj J, Dobrzyński M, Sopol M, Kowal M, Ptaszkowski K, et al. Effect of radial extracorporeal shock wave therapy on pain intensity, functional efficiency, and postural control parameters in patients with chronic low back pain: a randomized clinical trial. *J Clin Med* 2020 Feb 19; 9(2): 568.
158. Walewicz K, Taradaj J, Rajfur K, Ptaszkowski K, Kuszewski MT, Sopol M, et al. The effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy in patients with chronic low back pain: a prospective, randomized, single-blinded pilot study. *Clin Interv Aging* 2019; 14: 1859–1869.

159. Wang CJ, Ko JY, Chou WY, Cheng JH, Kuo YR. Extracorporeal shockwave therapy for treatment of keloid scars. *Wound Repair Regen* 2018 Jan; 26(1): 69-76.
160. Yahata K, Kanno H, Ozawa H, Yamaya S, Tateda S, Ito K, et al. Low-energy extracorporeal shock wave therapy for promotion of vascular endothelial growth factor expression and angiogenesis and improvement of locomotor and sensory functions after spinal cord injury. *J Neurosurg Spine* 2016 Dec; 25(6): 745-755.
161. Yang TH, Huang YC, Lau YC, Wang LY. Efficacy of radial extracorporeal shock wave therapy on lateral epicondylitis, and changes in the common extensor tendon stiffness with pretherapy and posttherapy in real-time sonoelastography: a randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil* 2017 Feb; 96(2): 93-100.
162. Zalewski P, Łukowicz M, Zając A, Szymańska J, Ciechanowska A. Termowizyjna analiza efektów termicznych laseroterapii wysokoenergetycznej HILT w zależności od dawki promieniowania, długości fali oraz techniki aplikacji. *Acta Bio-Opt Inf Med* 2008; 14(1): 21-24.
163. Zdrowska B, Leszczyńska-Filus M, Leszczyński R, Błaszczuk J. Porównanie wpływu laseroterapii i magnetoterapii na poziom bólu oraz zakres ruchomości kręgosłupa osób z chorobą zwyrodnieniową dolnego odcinka kręgosłupa. *Pol Merkur Lekarski* 2015 Jan; 38(223): 26-31.
164. Zhang L, Fu XB, Chen S, Zhao ZB, Schmitz C, Weng CS. Efficacy and safety of extracorporeal shock wave therapy for acute and chronic soft tissue wounds: a systematic review and meta-analysis. *Int Wound J* 2018 Aug; 15(4): 590-599.
165. Zielazny P, Biedrowski P, Lezner M, Uzdrawska B, Błaszczuk A, Zarzeczna-Baran M. Stopień akceptacji choroby, przekonania na temat kontroli bólu oraz strategie radzenia sobie z bólem wśród pacjentów zakwalifikowanych do zabiegu z powodu choroby zwyrodnieniowej kręgosłupa. *Post Psychiatr Neurol* 2013; 22(4): 251-258.