

mgr Dariusz Piszczyk

**Ocena skuteczności terapii radialną falą uderzeniową i lasera
wysokoenergetycznego w leczeniu entezopatii rozciągnięta
podeszwowego**

Assessment of the effectiveness of the radial shock wave and high
energy laser therapy in patients with plantar fascia enthesopathy

Rozprawa doktorska na stopień doktora
w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu
w dyscyplinie nauki o zdrowiu
przedkładana Radzie Dyscypliny Nauk o Zdrowiu
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego

Promotor: prof. dr hab. n. med. Witold Rongies

Promotor pomocniczy: dr n. med. i n. o zdr. Agnieszka Lewińska

Warszawa, 2025 rok

Słowa kluczowe

rehabilitacja, fizjoterapia, entezopatia rozciągną podeszwowego, zapalenie rozciągną podeszwowego, ból pięty, radialna fala uderzeniowa, laser wysokoenergetyczny

Key words

rehabilitation, physiotherapy, plantar enthesopathy, plantar fasciitis, plantar fasciopathy, heel pain, radial shockwave, high intensity laser

Podziękowania

Szczególne wyrazy wdzięczności kieruję do Pana prof. dr hab. n. med. Witolda Rongiesa, mojego promotora, za cenne wskazówki, nieocenione wsparcie merytoryczne oraz inspirującą opiekę naukową podczas pracy nad monografią. Jego zaangażowanie, życzliwość i otwartość na dialog były dla mnie ogromnym wsparciem i motywacją do dalszego rozwoju naukowego i zawodowego.

Dziękuję Pani dr n. med. i n. o zdr. Agnieszce Lewińskiej za życzliwe wsparcie oraz merytoryczną pomoc. Jej zaangażowanie i profesjonalizm były dla mnie nieocenionym źródłem inspiracji i motywacji.

Szczególne wyrazy wdzięczności kieruję do moich bliskich oraz wszystkich pracowników Zakładu Rehabilitacji UCK CSK WUM, którzy na wszystkich etapach pracy wspierali jej powstawanie swoją życzliwością i dobrym słowem.

Spis treści

Wykaz zastosowanych skrótów	4
Streszczenie w języku polskim	6
Streszczenie w języku angielskim.....	8
Wstęp.....	10
1. Entezopatia rozciągnięta podszwowego	12
1.1 Charakterystyka i diagnostyka entezopatii rozciągnięta podszwowego	14
1.2 Epidemiologia i czynniki ryzyka entezopatii rozciągnięta podszwowego	17
1.3 Wpływ entezopatii rozciągnięta podszwowego na funkcjonowanie	18
1.4 Terapia pacjentów z entezopatią rozciągnięta podszwowego.....	18
2. Terapia z zastosowaniem Radialnej Fali Uderzeniowej.....	20
2.1 Klasyfikacja i charakterystyka fali uderzeniowej.....	24
2.2 Biologiczny mechanizm działania RSWT.....	27
3. Terapia z zastosowaniem lasera wysokoenergetyczny	32
3.1 Biologiczny mechanizm działania laseroterapii	34
3.2 Współczesne zastosowanie lasera wysokoenergetycznego w rehabilitacji	35
4. Założenia i cel pracy.....	37
5. Grupy badane i metody	39
5.1 Kryteria włączenia i wyłączenia.....	43
5.2 Metody badawcze.....	44
5.2.1 Kwestionariusz oceny funkcjonalnej.....	44
5.2.2 Skala VAS i NRS.....	44
5.2.3 Kwestionariusz bólu Laitinen'a.....	45
5.3 Statystyka	45
6. Wyniki	47
6.1 Pierwszorzędowe punkty końcowe	51
6.2 Drugorzędowe punkty końcowe.....	60
6.3 Efekty uboczne	68
7. Dyskusja	69
7.1 Ograniczenia.....	79
8. Wnioski.....	80
9. Bibliografia	82
10. Wykaz rycin	100
11. Wykaz tabel.....	102
12. Załączniki.....	104

Wykaz zastosowanych skrótów

- PF – zapalenie rozciągna podeszwowego (ang. *Plantar fasciitis*)
- RP – Rozciągno podeszwowe
- AT – Ściągno piętowe (dawniej ścięgno Achillesa)
- PHP – podeszwowy ból piety (ang. *Plantar heel pain*)
- RTG – Rentgenografia
- USG – Ultrasonografia
- MRI – Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (ang. *Magnetic resonance imaging*)
- OP – Ostrogi piętowe
- BMI – wskaźnik masy ciała (ang. *Body mass index*)
- QoL – Jakość życia (ang. *Quality of life*)
- NLPZ - Niesterydowe leki przeciwzapalne
- CSI - Iniekcje z kortykosteroidów (ang. *Corticosteroid injections*)
- PRP - Iniekcje z osocza bogatopłytkowego (ang. *Platelet rich plasma*)
- ABI – Iniekcje z krwi autologicznej (ang. *Autologous blood injection*)
- UD – terapia ultradźwiękami
- FSWT – Terapia zogniskowaną falą uderzeniową (ang. *Focused shock wave therapy*)
- LLLT – Terapia laserem niskoenergetycznym
- HILT – Terapia laserem wysokoenergetycznym
- RSWT – Terapia radialną falą uderzeniową (ang. *Radial shockwave therapy*)
- ESWL - Litotrypsja falą uderzeniową generowaną pozaustrojowo (ang. *Extracorporeal shock wave lithotripsy*)
- EFD – Gęstość energii (ang. *Energy flux density*)
- FDA - Amerykańska Agencja Żywności i Leków (ang. *Food and Drug Administration*)
- EPAT - Pozaustrojowa terapia aktywacyjna impulsem (ang. *Extracorporeal pulse activation therapy*)
- VEGF - Czynn timer wzrostu śródbłnka naczyniowego (ang. *Vascular endothelial growth factor*)
- CMAP - Złożony potencjał czynnościowy mięśni (ang. *Compound Muscle Action Potential*)
- KOA – Choroba zwyrodnieniowa stawu kolanowego (ang. *Knee Osteoarthritis*)
- L/S – Odcinek lędźwiowo-krzyżowy kręgosłupa

ANZCTR - *The Australian New Zealand Clinical Trials Registry*

WOMAC – kwestionariusz *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*

VAS - Wizualna skala analogowa (ang. *Visual Analog Scale*)

NRS – Numeryczna skala oceny (ang. *Numeric Rating Scale*)

LPQ – Kwestionariusz bólu Laitnen’a (*Laitinen Pain Questionnaire*)

FFI – Kwestionariusz Foot Function Index

HTI – Wskaźnik tkliwości pięty (ang. *Heel Tenderness Index*)

FAOS – Kwestionariusz *Foot and Ankle Outcome Score*

Streszczenie w języku polskim

Ocena skuteczności terapii radialną falą uderzeniową i lasera wysokoenergetycznego w leczeniu entezopatii rozciągną podeszwowego

Wstęp

Entezopatia rozciągną podeszwowego jest powszechnie występującą na świecie dolegliwością objawiającą się bólem w okolicy pięty oraz ograniczeniem sprawności funkcjonalnej związanej z czynnościami dnia codziennego. Opisywany w literaturze naukowej brak stanu zapalnego u pacjentów z przewlekłym PF wymaga nowych podejść terapeutycznych niż niesteroidowe leki przeciwzapalne lub iniekcje kortykosteroidów. Terapie radialną falą uderzeniową oraz laserem wysokoenergetycznym są jednymi z metod stosowanych w leczeniu pacjentów z PF, jednak konieczne są dalsze badania kliniczne w celu oceny skuteczności terapii z zakresu medycyny fizykalnej.

Cel

Celem badania była ocena skuteczności protokołów terapeutycznych terapii laserem wysokoenergetycznym i radialną falą uderzeniową w leczeniu pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego w zakresie redukcji bólu, poprawy codziennego funkcjonowania oraz konieczności stosowania farmakoterapii przeciwbólowej.

Materiał i metody

Badanie przeprowadzono w Zakładzie Rehabilitacji Centralnego Szpitala Klinicznego Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. W pierwszy etapie badania wstępnie, zakwalifikowano 157 pacjentów z rozpoznaniem entezopatii rozciągną podeszwowego do jednej z trzech grup badanych. W pierwszej grupie badanej przeprowadzono 5 sesji RSWT w ciągu 5 tygodniu. Zabieg był wykonany metodą labilną przy użyciu 15 mm końcówki do aplikatora. Wszystkie aplikacje obejmowały 2000 uderzeń, z częstotliwością 10 Hz i ciśnieniem 2,5 bara. W grupie drugiej zastosowano u pacjentów terapię składającą się z 6 sesji HILT wykonanych w ciągu 2 tygodni. Jedna sesja HILT składała się z fazy analgetycznej o mocy 10 W i gęstości energii 12 J/cm² oraz fazy biostymulacji laserowej o mocy 7W i gęstości energii 120 J/cm². Osoby przypisane do grupy trzeciej otrzymały terapię łączącą HILT oraz RSWT. Jedna sesja składała się z dawki

analgetycznej o mocy 10 W i gęstości energii 12 J/cm², po której bezpośrednio została wykonana aplikacja RSWT z metodyką przypisaną do grupy pierwszej.

Parametry związane z bólem oraz sprawnością funkcjonalną oceniano bezpośrednio przed terapią, bezpośrednio po zakończeniu terapii oraz po upływie 6 miesięcy po zakończeniu terapii za pomocą skali wzrokowo-analogowej (VAS), numerycznej skali oceny bólu (NRS) oraz Kwestionariusza Bólu Laitinena (LPQ). Sprawność funkcjonalna została oceniona przy pomocy kwestionariusza funkcjonalnego dla pacjentów z PF w oparciu o strukturę kwestionariusza WOMAC.

Rezultaty

Po terapii i po 6 miesiącach obserwacji zaobserwowano statystycznie istotne zmiany w skalach VAS, NRS i LPQ oraz kwestionariuszu funkcjonalnym w porównaniu z oceną wyjściową ($p < 0,001$). Średni wyjściowy poziom nasilenia dolegliwości bólowych w badanej populacji pacjentów wynosił $71,38 \pm 14,83$ mm na skali VAS. We wszystkich trzech grupach badanych w końcowym punkcie kontrolnym uzyskano zadowalającą redukcję nasilenia dolegliwości bólowych (redukcja o co najmniej 50%) u 84,56% pacjentów łącznie. Grupy badane były porównywalne w zakresie danych demograficznych oraz ocenianych parametrów we wszystkich trzech punktach kontrolnych. Nie zaobserwowano istotnych statystycznie oraz klinicznie różnic w uzyskanych efektach terapeutycznych pomiędzy grupami.

Wnioski

Zastosowanie HILT i RSWT w leczeniu pacjentów z objawową entezopatią rozciągnięta podeszwowego może istotnie wpływać na redukcję odczuwanego bólu i poprawę sprawności funkcjonalnej. Połączenie HILT z RSWT nie powoduje istotnej różnicy w zakresie redukcji wybranych objawów entezopatii rozciągnięta podeszwowego w odniesieniu do ich zastosowania w ramach monoterapii. Uzyskane wyniki sugerują podobną skuteczność działania terapeutycznego HILT i RSWT w leczeniu pacjentów z rozpozną, objawową entezopatią rozciągnięta podeszwowego

Streszczenie w języku angielskim

Assessment of the effectiveness of the radial shock wave and high energy laser therapy in patients with plantar fascia enthesopathy

Introduction

Plantar fasciitis is a common world-wide condition connected to heel pain and limitation of functional efficiency related to daily activities. The lack of inflammation in patients with chronic PF, as described in the scientific literature, requires new therapeutic approaches beyond nonsteroidal anti-inflammatory drugs or corticosteroid injections. Radial shock wave and high-energy laser therapies are among the methods used to treat patients with PF, but further clinical trials are required to assess the effectiveness of physical medicine therapies.

Goal

The aim of the study was to evaluate the effectiveness of high-intensity laser and radial shockwave therapy protocols in the treatment of patients with plantar fascia enthesopathy in terms of pain reduction, improvement of daily functioning and the need for pain medication.

Material and methods

The study was conducted at the Rehabilitation Department of the Central Clinical Hospital of the University Clinical Center of the Medical University of Warsaw. In the first stage of the study, 157 patients diagnosed with plantar fasciitis were initially assigned to one of three study groups. The first study group underwent five RSWT sessions over five weeks. The procedure was performed using a labile method using a 15 mm transducer head. All applications consisted of 2,000 shocks at a frequency of 10 Hz and a pressure of 2.5 bar. The second group received six HILT sessions over two weeks. One HILT session consisted of an analgesic phase with a power of 10 W and an energy density of 12 J/cm² and a laser biostimulation phase with a power of 7 W and an energy density of 120 J/cm². Those assigned to the third group received a combination of HILT and RSWT. One session consisted of an analgesic dose of 10 W and an energy density of 12 J/cm², immediately followed by RSWT application using the methodology assigned to the first study group.

Pain and functional parameters were assessed immediately before, immediately after, and 6 months after therapy using a visual analog scale (VAS), a numerical pain rating scale (NRS),

and the Laitinen Pain Questionnaire (LPQ). Functional efficacy was assessed using a functional questionnaire for patients with PF based on the WOMAC questionnaire.

Results

At control point immediately after therapy and after 6 months of follow-up, statistically significant changes were observed in the VAS, NRS, LPQ scales and functional questionnaire compared to baseline parameters ($p < 0.001$). The mean baseline pain intensity level in the study population was 71.38 ± 14.83 mm on the VAS scale. A satisfactory reduction in pain intensity (reduction of at least 50%) was achieved in 84.56% of patients in all three study groups at the final follow-up point. The study groups were comparable in terms of demographic data and the parameters assessed at all three follow-up points. No statistically or clinically significant differences in the achieved therapeutic effects were observed between the groups.

Conclusion

The use of HILT and RSWT in the treatment of patients with symptomatic plantar fasciitis may significantly reduce pain and improve functional efficiency. Combining HILT with RSWT does not significantly reduce selected PF symptoms compared to their use as monotherapies. The obtained results suggest similar therapeutic effectiveness of HILT and RSWT in the treatment of patients with diagnosed, symptomatic plantar fascia enthesopathy.

Wstęp

Rozciągną podeszwowe jest wytrzymałym pasmem tkanki łącznej o charakterze więzadłowym, które bierze udział w biernej stabilizacji łuków podłużnych stopy. Swój początek ma ono na guzie piętowym, skąd kieruje się do przodu dzieląc się w połowie długości podeszwy na pięć odnóg. Odnogi te przyczepiają się do paliczków bliższych palców stopy. Do guza kości piętowej przyczepia się również dystalne ścięgno mięśnia trójgłowego łydki, które mechanicznie poprzez kość piętową jest związane z rozciągnem podeszwowym.

W wyniku przeciążeń i mechanicznych mikrourazów może dojść do patologicznych zmian w obrębie entezy rozciągną podeszwowego osłabiających strukturę przyczepu i wpływających negatywnie na funkcję stopy. W piśmiennictwie naukowym schorzenie to występuje pod nazwą *plantar fasciitis* lub *plantar fasciosis* (PF), a potocznie określane jest mianem ostrogi piętowej. W nomenklaturze możemy spotkać się także z nazwami piętą biegacza (ang. *jogger's heel*), piętą policjanta (ang. *policeman's heel*) oraz rzadziej spotykaną w literaturze polskiej piętą tenisisty (ang. *tennis heel*). Pierwsza nazwa może sugerować występowanie odczynu zapalnego w miejscu odczuwanych dolegliwości bólowych okolicy pięty, choć badania histopatologiczne nie potwierdzają takiego stanu. Faza zapalna ma miejsce przez pierwsze dni po uszkodzeniu włókien kolagenowych. W trakcie kolejnych faz dochodzi do tworzenia i przebudowy blizny bez widocznych cech stanu zapalnego. W związku z powyższym sugerowana była nazwa *plantar fasciopathy*, która do dziś nie zastąpiła najbardziej popularnej nazwy, której człon sugeruje występowanie stanu zapalnego w obrębie tkanki [1, 2].

PF jest powszechną jednostką chorobową dotyczącą układu mięśniowo-szkieletowego, z którą na co dzień spotykają się pracownicy ochrony zdrowia na całym świecie. Ból jest najsilniej odczuwany podczas stawiania pierwszych kroków po dłuższym odpoczynku, np. rano, zaraz po wstaniu z łóżka. Nasilenie bólu pięty, zazwyczaj, zależy od stopnia zaawansowania zmian. W początkowym okresie trwania tego schorzenia udaje się „rozchodzić” ból pięty. Konieczność obciążania stopy na potrzeby czynności dnia codziennego prowadzi do błędnego koła nadrywania i gojenia uszkodzonych tkanek oraz przewlekłości procesu. Szczególne nasilenie objawów bólowych w przypadku entezopatii rozciągną podeszwowego ma miejsce rano, podczas obciążenia stopy następującego po przebudzeniu. W miarę upływu czasu ból staje się na tyle dokuczliwy, iż pacjent szuka pomocy u różnych specjalistów, najczęściej u ortopedów i fizjoterapeutów.

Czynnikami ryzyka wpływającymi na wystąpienie jest płeć, zbyt mała lub zbyt duża aktywność fizyczna, nadwaga lub otyłość oraz płaskostopie. Na terenie Stanów Zjednoczonych do lekarzy rodzinnych oraz lekarzy ortopedów rocznie zgłasza się około milion pacjentów [3]. Szacuje się, że w roku 2007 koszt terapii pacjentów z diagnozowaną PF mieścił się w przedziale od 192 do 376 milionów dolarów [4]. W Polsce PF jest również powszechnym problemem, z którym pacjenci zgłaszają się do placówek ochrony zdrowia z powodu bólu i ograniczenia sprawności funkcjonalnej w zakresie czynności dnia codziennego. W gabinetach fizjoterapeutycznych w terapii entezopatii rozcięgna podeszwowego jest stosowany szeroki zakres zabiegów o różnej skuteczności terapeutycznej. W celu redukcji dolegliwości bólowych często stosowano iniekcje kortykosteroidów, które są optymalną finansowo i skuteczną metodą redukcji nasilenia dolegliwości bólowych u pacjentów z PF, jednak istnieje ryzyko wystąpienia skutków ubocznych. Po zastosowaniu kortykosteroidów w obrębie rozcięgna podeszwowego istnieje ryzyko przerwania ciągłości rozcięgna, atrofia poduszki tłuszczowej pięty, uszkodzenie nerwów lub mięśni, zakażenie oraz nasilenie natężenia dolegliwości bólowych [5].

Ze względu na powszechność występowania PF, wpływ choroby na codzienne funkcjonowanie oraz pełnienie ról społecznych oraz lepsze poznanie charakterystyki patologii zachodzącej w obrębie rozcięgna podeszwowego od lat autorzy badań poszukują nowych form terapii oraz odpowiednich protokołów dawkowania w celu poprawy skuteczności leczenia pacjentów z PF. Ze względu na swoje mechanizmy działania na tkankę miękką zarówno terapia z użyciem radialnej fali uderzeniowej (RSWT – ang. *Radial Shockwave Therapy*) oraz laserem wysokoenergetycznym (HILT – ang. *High-intensity laser therapy*) znajdują coraz szersze zastosowanie w procesie leczenia przeciążeń i urazów układu mięśniowo-szkieletowego. Mnogość protokołów terapeutycznych, krótki czas trwania obserwacji po zakończeniu terapii wymagają według autorów meta-analiz prowadzenia dalszych badań nad skutecznością obu terapii w przypadku ich skuteczności w leczeniu pacjentów z PF [6-8].

1. Entezopatia rozciągną podeszwowego

Rozpoczynające się na guzie piętowym rozciągną podeszwowe (RP¹, ang. plantar fascia) jest wytrzymałym, nie elastycznym pasmem tkanki łącznej o charakterze więzadłowym. PF możemy podzielić na trzy części – grubszą część centralną oraz cieńsze pasmo boczne i przyśrodkowe. Część centralna kierując się dystalnie w połowie długości dzieli się na pięć odnóg kończących się przyczepami do paliczków bliższych stopy tworząc połączenie z guzem piętowym przypominające cięciwę łuku. Struktura RP składa się z głównie włókien kolagenowych typu I o podłużnym przebiegu w kierunku od proksymalnego do dystalnego, warto jednak podkreślić występowanie włókien kolagenowych typu I o pionowym, skośnym i poprzecznym przebiegu oraz małej ilości włókien kolagenowych typu III. Stecco i wsp. opisują występowanie w RP zakończeń nerwowych oraz ciałek Ruffiniego i Paciniego, co może sugerować istotną rolę w biomechanice stopy przez zapewnienie jej odpowiedniej kontroli oraz propriocepcji. Do guza kości piętowej przyczepione jest również dystalne ścięgno mięśnia trójgłowego łydki, które morfologicznie jest powiązane z RP co znajduje odzwierciedlenie w grubości i przekroju poprzecznym przyczepów RP i ścięgna piętowego (dawniej ścięgna Achillesa - ang. *Achillesa tendon* – AT) do kości piętowej, jednak w badaniach obrazowych badacze nie stwierdzili połączenia tkankowego pomiędzy tymi strukturami [9, 10]. Liczne badania na przestrzeni ostatnich lat wykazały biomechaniczne powiązanie pomiędzy AT a RP, które mogą być istotne w mechanizmie przeciążenia RP - wraz ze zgięciem grzbietowym i większą siłą działającą na AT, RP ulega większemu naprężeniu i obciążeniu. Mechaniczna zależność pomiędzy obiema strukturami wpływa u ludzi na zakres pasywnego ruchu w stawie skokowo-goleniowym. Może to być istotne przy nadmiernym rozciąganiu AT w trakcie ćwiczeń oraz dobieraniu właściwej kinezyterapii u pacjentów z przeciążanym RP [11-13].

Z punktu widzenia ewolucyjnego mocne RP jest jednym z istotnych elementów zapewniającym prawidłową biomechanikę stopy oraz całej kończyny dolnej umożliwiającym dwunożny chód oraz bieganie [14]. Ważnym z punktu biomechaniki stopy jest opisany po raz pierwszy przez Hicks'a „mechanizm kołowrotka” (ang. *windlass mechanism*), który jest ściśle związany z przyczepem rozciągną do paliczków bliższych stopy i ustawienia RP względem głów kości śródstopia. W trakcie ruchu wyprostu (zgięcia grzbietowego) palców stopy

¹Zarówno rozciągną podeszwowe jak i opisywana choroba korzystają ze skrótu „PF” w języku angielskim. Na potrzeby pracy RP jest skrótem opisującym rozciągną podeszwowe.

w stawach śródstopno-paliczkowych, otaczające głowy kości śródstopia RP zostaje pociągnięte zbliżając kość piętową do paliczków i jednocześnie skracając swoją długość i podnosząc łuk podłużny stopy [15]. Jednak samo RP nie jest jedyną strukturą podtrzymującą łuk podłużny – w przypadku przerwania jego ciągłości następuje obniżenie łuków podłużnych, które częściowo podtrzymane są w trakcie obciążania przez więzadło podeszwowe długie [16]. Kolejnym istotnym mechanizmem jest opisany przez Lapidusa i rozwinięty przez Hicks’a, model kratownicy wykazujących jedno z głównych zadań RP jakim jest ustabilizowanie łuków podłużnych przyśrodkowych i bocznych oraz redukcja spłaszczenia łuku podłużnego w trakcie przyjmowania obciążania w osi pionowej. Ponadto oprócz stabilizacji Ker i wsp. opisali powyższą kratownicę jako sprężynę łuku redukującą pracę mechaniczną mięśni stopy w trakcie chodu, co skutkuje mniejszym zapotrzebowaniem energii metabolicznej, co zostało wykazane później w badaniach Stearne i wsp. [17, 18]. Pochłanianie przez RP energii, wspomaganie pracy mięśni stopy, ograniczenie wpływu nadmiernych sił na kości śródstopia oraz pochłanianie i uwalnianie energii związanej ma miejsce nie tylko w trakcie chodu lecz także w trakcie biegania, co jest bardzo istotne z punktu widzenia grupy pacjentów, którzy mogą się zgłaszać z problemami dotyczącymi rozciągna podeszwowego [19, 20].

W wyniku przeciążeń i mechanicznych mikrourazów może dojść do patologicznych zmian w obrębie entezy RP osłabiających strukturę przyczepu RP do kości piętowej prowadząc do entezopatii i związanego z tym stanem bólu. W anglojęzycznym piśmiennictwie naukowym entezopatia rozciągna podeszwowego lub zapalenie rozciągna podeszwowego występuje pod nazwą *plantar fasciitis*, *plantar fasciosis* lub podeszwowy ból piety (PHP – ang. *Plantar Heel Pain*), a potocznie lecz błędnie określane jest mianem ostrogi piętowej. Pierwsza nazwa może sugerować występowanie odczynu zapalnego w miejscu odczuwanych dolegliwości bólowych ok. pięty, choć badania histopatologiczne nie potwierdzają takiego stanu. W miarę upływu czasu intensywność bólu wpływa w znaczący sposób na codzienne funkcjonowanie na tyle, iż pacjent szuka pomocy u różnych specjalistów, najczęściej u ortopedów i fizjoterapeutów [1, 2].

1.1 Charakterystyka i diagnostyka entezopatii rozciągnięta podszwowego

Badanie podmiotowe przeprowadzane u pacjentów z PF koncentruje się na dokładnej, lokalizacji, intensywności oraz czasie występowania dolegliwości bólowych. Typowe dolegliwości zlokalizowane są w dolno-przyśrodkowej części pięty i można je sprowokować miejscowym uciskiem. Ból jest najsilniej odczuwany podczas stawiania pierwszych kroków po dłuższym odpoczynku, np. rano, zaraz po wstaniu z łóżka. Nasilenie bólu pięty, zazwyczaj, zależy od stopnia zaawansowania zmian. W początkowym okresie trwania tego schorzenia udaje się, jak określają to pacjenci, „rozchodzić” ból pięty. W badaniu przedmiotowym badający palpacyjnie lokalizuje tkliwe struktury, zwraca uwagę na ustawienie łuków podłużnych i poprzecznych stopy oraz określa zakres ruchomości stawu skokowo-goleniowego w celu oceny AT, który u pacjentów z PF jest bardziej usztywniony w porównaniu do strony asymptotycznej [21-23]. Do potwierdzenia PF badający może wykonać *Windlass Test* opierający się na powyżej opisanym mechanizmie, który przeprowadzany jest zarówno bez jak i z obciążaniem stopy w trakcie badania [24]. W diagnostyce różnicowej z testów dodatkowych badający może wykonać test Tinela dla nerwu piszczelowego oraz test kompresji pięty w celu wstępnego wykluczenia złamania kości piętowej [22].

W procesie diagnostyki PF u pacjentów są wykorzystywane badania obrazowe takie jak RTG, USG lub MRI, jednak według niektórych autorów dopuszczalne jest postawienie diagnozy PF wyłącznie na podstawie wywiadu i badania przedmiotowego [25]. Jednym z podstawowych narzędzi lekarza w diagnostyce jest zdjęcie RTG, które u pacjentów z PF jest wykonywane w obciążeniu w celu określenia ustawienia stopy, wykluczenia zmian oraz urazów kostnych oraz wykrycia zwapnień związanych z przeciążeniem układu ruchu, które w tej grupie pacjentów charakteryzują się dolną ostrogą piętową. Widoczne na zdjęciu RTG „ostrogę piętową” (OP) najczęściej zlokalizowane są w okolicy wyrostka przyśrodkowego guza piętowego kości piętowej, do którego oprócz RP przyczepiają się mięśnie odwodzień palucha oraz zginacz krótki palców w których to ostroga może się wytworzyć w wyniku mechanicznych przeciążeń układu ruchu w obrębie stopy (Rycina 1 i 2). W kształcie są one szersze przy podstawie, zwężając się wraz ze swoim przebiegiem tworząc zaostrowany koniec [1, 26]. Ostrogi mogą być widoczne w zdjęciach RTG u około 15% populacji, częściej u osób z dolegliwościami bólowymi w okolicy pięty w tym z PF, ale również u osób asymptotycznych. Ryzyko powstawania OP w obrębie entezy może być związane z predyspozycjami genetycznymi do wytwarzania nowej tkanki kostnej wskutek stresu mechanicznego.

Częstość ich występowania wzrasta wraz z wiekiem osiągając szczyt u pacjentów geriatrycznych co może być związane z zmianą wzorca chodu. Wraz z wiekiem obserwowane są częściej u płci żeńskiej, co może być związane z noszonym obuwem na podwyższonym obcasie [26-28]. Dyskusji nadal podlega związek pomiędzy kształtem oraz wielkością OP u pacjentów z PF a nasileniem objawów odczuwanych przez pacjenta ze względu na występowanie OP u osób bezobjawowych.

W ostatnich latach część badaczy w swoich badaniach znalazła związek pomiędzy nasileniem dolegliwości bólowych zgłaszanych przez pacjentów z PF a wielkością OP, która także może posłużyć jako czynnik prognostyczny odnośnie redukcji nasilenia bólu – u pacjentów z mniejszymi ostrogami obserwowano mniejszą redukcję bólu [29-31].



Rycina 1. Obustronne, dolne ostrogi piętowe w obrazie rtg. Źródło: opracowanie własne



Rycina 2. Współwystępowanie bezobjawowej ostrogi górnej wraz z objawową dolną ostrogą kości piętowej w obrazie rtg. Źródło: opracowanie własne

Niezawodnym narzędziem w diagnostyce pacjentów z PF jest obrazowanie ultrasonograficzne, które jest nieinwazyjnym, łatwo dostępnym badaniem umożliwiającą ocenę tkanki RP w czasie rzeczywistym, które dodatkowo może pomóc zwiększyć precyzję stosowanej terapii u pacjentów z PF. W badaniu USG przyczep RP oraz jego dalsza część charakteryzuje się u pacjentów z PF zmniejszoną echogenicznością oraz zwiększoną grubością powyżej w porównaniu do osób zdrowych – według niektórych autorów granica diagnostyczna grubość dla RP u pacjentów z PF jest powyżej 4-4,5 mm, jednak grubość RP zwiększa się wraz z wiekiem i większą masą ciała. Osoby z wskaźnikiem masy ciała (BMI - ang. *Body Mass Index*) równym lub większym niż 25 w badaniu USG mają zwiększoną grubość RP, która może oscylować w granicy 4 mm [22, 32-37]. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na grubość RP w badaniu USG jest wiek. Ocena grubości RP w badaniu USG oprócz potwierdzenia diagnozy może służyć do obiektywnej oceny odpowiedzi na zastosowane leczenie.

Wraz ze zmniejszeniem grubości rozcięgna w wyniku przeprowadzonej terapii u pacjentów obserwuje się redukcję zgłaszanych objawów oraz poprawę funkcjonalną [38]. W procesie diagnostycznym w ostatnich latach zastosowanie znalazło także badanie USG ze wzmocnieniem kontrastowym. W badaniach przeprowadzonych w ostatnich latach zaobserwowano zwiększoną objętość mikronaczyniową w obrębie RP oraz poduszki tłuszczowej pięty u pacjentów z PF, jednak odnotowali także brak zmiany objętości mikronaczyniowej przy redukcji nasilenia objawów i zmniejszeniu grubości RP po terapii glikokortykosteroidami lub treningiem siłowym [38, 39].

Rzadziej stosowanym narzędziem diagnostycznym u pacjentów z PF jest obrazowanie przy pomocy MRI, w którym opisuje się występowanie obrzęku szpiku kostnego, obrzęku dookoła rozcięgna podeszwowego, pogrubienie rozcięgna podeszwowego oraz hiperintensywne ogniska wewnątrz RP. MRI nie jest zalecane w rutynowej diagnostyce pacjentów z PF, jednak może ono znaleźć zastosowanie w diagnostyce różnicowej [40, 41].

1.2 Epidemiologia i czynniki ryzyka entezopatii rozcięgna podeszwowego

Nie można wskazać jednego czynnika, który wpływałby na występowanie PF w populacji. Wyniki badań naukowych wskazują na wiele czynników powodujących zwiększenie ryzyka wystąpienia entezopatii w obrębie rozcięgna podeszwowego. Zalicza się do nich: płeć, wiek, masę ciała, prezentowaną aktywność fizyczną oraz ogólny stan zdrowia. Niezależnymi czynnikami ryzyka dla wystąpienia PF są kamica nerkowa, osteoporoza lub depresja [42]. Dane pochodzące ze Stanów Zjednoczonych Ameryki (USA) wskazują na częstsze występowanie PF, u kobiet, powyżej 45 roku życia. Dodatkowymi, rozpoznanymi czynnikami etiologicznymi, są nadwaga i otyłość. Wartość BMI powyżej 30 kg/m² zwiększa ryzyko wystąpienia PF 5-krotnie w porównaniu do osób z prawidłowym indeksem [43]. Przedstawione opinie obserwacji naukowych są zgodne się z wynikami prezentowanego badania. Wśród innych czynników ryzyka wymienia się występowanie płaskostopia oraz ograniczenie wyprostu stopy [44]. Ryzyko pojawienia się entezopatii w obrębie rozcięgna podeszwowego wzrasta wraz z ograniczeniem zakresu wyprostu stopy, które prowadzi do nadmiernej pronacji i zwiększonego obciążenia rozcięgna podeszwowego [45]. Za równie ważne powody powstawania PF uznaje się systematyczne bieganie po twardej nawierzchni, zbyt obciążające kończyny dolne treningi fizyczne oraz prace wymagające długotrwałego stania [44, 45]. Ogólnokrajowe badania przeprowadzone w Tajwanie wskazało pielęgniarzy jako jeden z zawodów narażonych na wystąpienie PF w większym stopniu niż ogólna

populacja. Natomiast personel lekarski wykazywał się mniejszym ryzykiem wystąpienia PF względem ogólnej populacji z wyłączeniem specjalizacji z zakresu ortopedii i rehabilitacji [46].

1.3 Wpływ entezopatii rozciągnięta podeszwowego na funkcjonowanie

Najnowsze badania donoszą, że PF może negatywnie wpływać na stereotyp chodu u tych osób, który charakteryzuje się zazwyczaj, zmniejszoną długością, szerokością i prędkością kroku. Zauważalne jest także pogorszenie kontroli posturalnej oraz balansu u dorosłych pacjentów z PF, co może skutkować zwiększonym ryzykiem upadków [47-50]. W związku z bólem pięty zaburzenie prawidłowego chodu znajduje swoje odzwierciedlenie w ograniczeniu aktywności fizycznej i uniemożliwieniu pełnego uczestnictwa w aktywnościach społecznych i zawodowych. Część z pacjentów jest zmuszona ograniczyć tempo życia, zrezygnować z dodatkowych zajęć oraz treningów mających pozytywny wpływ na zdrowie zarówno fizyczne jak i psychiczne. Badania nad jakością życia (ang. *Quality of Life* – QoL) u pacjentów z PF wyraźnie wskazują na spadek zależnej od zdrowia jakości życia, który u kobiet jest bardziej wyraźny niż u mężczyzn. Jednocześnie w literaturze przedmiotu trudno odszukać silnych dowodów naukowych na negatywny wpływ bólu w okolicy podeszwowej pięty na zmienne psychospołeczne takimi jak stres czy depresja. Nadal jednak podejmuje się badania mające na celu wyjaśnienia takiej korelacji. Podkreślić należy wpływ czynników psychospołecznych nie tylko na codzienne funkcjonowanie, ale także na możliwe gorsze efekty terapii u pacjentów z zaburzeniami psychicznymi [51-55].

1.4 Terapia pacjentów z entezopatią rozciągnięta podeszwowego

Personel medyczny dla pacjentów z PF ma szeroki wachlarz procedur terapeutycznych, który redukuje nasilenie dolegliwości bólowych oraz umożliwia pacjentowi powrót do pełni funkcjonowania zawodowego i społecznego. Dostępne dla pacjentów z PF metody terapii możemy podzielić na bardzo rzadko stosowane leczenie operacyjne oraz leczenie konserwatywne (zachowawcze) obejmujące zabiegi fizjoterapeutyczne oraz farmakoterapię. W leczeniu konserwatywnym wykorzystywane są niesterydowe leki przeciwzapalne (NLPZ), iniekcje z kortykosteroidów (CSI – ang. *corticosteroid injections*) oraz iniekcje z osocza bogatopłytkowego (PRP – ang. *Platelet Rich Plasma*) lub krwi autologicznej (ABI – ang. *Autologous blood injection*). Stosowanie NLPZ jest zalecane na samym początku PF w stanie ostrym jedynie w połączeniu z innymi formami terapii – dostępna literatura naukowa

nie potwierdza skuteczności monoterapii NLPZ u pacjentów z PF [22]. CSI w literaturze naukowej okazały się mniej skuteczne niż iniekcje z PRP lub mniej inwazyjnej fali uderzeniowej. Oprócz samej skuteczności CSI należy wziąć pod uwagę brak ich wpływu na grubość RP u pacjentów z PF oraz związane z CSI ryzyko wystąpienia atrofii RP oraz w następstwie tego możliwe przerwanie jego ciągłości [22, 56, 57]. W gabinetach fizjoterapeutycznych w zakresie fizykoterapii jednymi z najczęściej stosowanych procedur terapeutycznych w tej grupie pacjentów jest terapia ultradźwiękami (UD), zogniskowaną falą uderzeniową (ang. *focused shock wave therapy* – FSWT) lub opisywaną w kolejnym rozdziale radialną falą uderzeniową. W zakresie fizykoterapii personel medyczny stosuje również zabiegi z wykorzystaniem lasera niskoenergetycznego (ang. *Low Level Laser Therapy* – LLLT) oraz opartą na tej samej technologii terapię laserem wysokoenergetycznym (ang. *High Intensity Laser Therapy* – HILT), która została opisana w rozdziale III. Fizjoterapeuta powyższe zabiegi może połączyć z masażem poprzecznym, terapią manualną oraz kinezyterapią, która uwzględnia ćwiczenia wzmacniające mięsień trójgłowy łydki oraz ćwiczenia rozciągające RP. Powyższe terapie mają potwierdzony wpływ na krótkoterminową redukcję dolegliwości bólowych u pacjentów z PF. Ostatnie badania mogą wskazywać na większą skuteczność iniekcji z PRP względem pozostałych konserwatywnych metod leczenia PF w zakresie redukcji nasilenia bólu oraz poprawy funkcjonalnej [58], jednak w literaturze przedmiotu istnieje dalsza potrzeba badania trwałości uzyskanych efektów terapeutycznych oraz dalsze badanie dawek terapeutycznych wraz z porównaniem terapii, co umożliwi jak najlepszą optymalizację procesu leczenia w zakresie redukcji bólu oraz najkrótszego czasu terapii wymaganego do poprawy obrazu klinicznego pacjenta.

2. Terapia z zastosowaniem Radialnej Fali Uderzeniowej

Falą uderzeniową określamy falę mechaniczną rozchodzącą się w gazie, cieczy lub ciałach stałych, która charakteryzuje się unikalnymi właściwościami takimi jak szybki wzrost ciśnienia, krótki cykl życia fali uderzeniowej i przejście do fazy ujemnej ciśnienia. Szybko narastający wzrost ciśnienia osiąga wartości do 100 MPa. Po osiągnięciu wartości szczytowej ciśnienia w fazie dodatniej, fala przechodzi do fazy ujemnej, w której wartości ciśnienia obniżają się do wartości poniżej ciśnienia równowagi (do około -25 MPa). Cały cykl „życia” fali uderzeniowej jest dosyć krótki, ponieważ trwa tylko, około 10 μ s. Charakteryzują się one także szerokim spektrum częstotliwości w zakresie od 16 Hz do 20 MHz. Intensywny, krótko trwający bodziec zmieniający ciśnienie i gęstości w tkankach, znalazł swoje zastosowanie w drugiej połowie XX wieku, ale pomysł zastosowania fali uderzeniowej w medycynie zaczął rodzić się wcześniej. Do wytworzenia zewnątrztrojęj fali uderzeniowej stosuje się obecnie trzy mechanizmy – elektrohydrauliczny, elektromagnetyczny oraz piezoelektryczny. W literaturze przedmiotu do fali uderzeniowej zaliczany jest także mechanizm balistyczny stosowany w terapii radialną falą uderzeniową (RSWT – ang. *Radial shockwave therapy*). Należy jednak podkreślić, iż fala generowana w mechanizmie balistycznym nie spełnia charakterystyki fali uderzeniowej. Wartość szczytowego ciśnienia jest znacznie mniejsza w RSWT, a czas narastania ciśnienia dłuższy. Nazwa radialna fala uderzeniowa może nie być poprawna z punktu widzenia fizyki, jednak została ona przyjęta przez część środowiska medycznego. Producenci aparatów medycznych sugerują korzystanie z nazwy radialnej fali ciśnieniowej (ang. *Radial Pressure Waves*). Obecnie fala uderzeniowa znajduje zastosowanie nie tylko w urologii czy ortopedii, lecz także w neurologii, kardiologii, rehabilitacji oraz dermatologii [59-61].

Od pierwszego zastosowania fali uderzeniowej w medycynie minęło ponad 60 lat. Pierwsze badania nad zastosowaniem fali uderzeniowej w medycynie były prowadzone przez Zakład Urologii Instytutu Badań Chirurgicznych Uniwersytetu w Monachium oraz Domier GmbH w latach 1974-1980. Efektem współpracy fizyków, inżynierów oraz lekarzy, był prototypowy aparat do zabiegu litotrypsji falą uderzeniową generowaną pozaustrojowo (ESWL – ang. *extracorporeal shock wave lithotripsy*). Pierwsze badanie kliniczne miało odbyć się w roku 1979, jednak zabieg został przerwany z powodu unoszenia się pacjenta w wannie z wodą i braku jego stabilizacji. Jesienią 1980, po zaprojektowaniu pasów stabilizujących, w badaniach klinicznych po raz pierwszy Chaussy i współpracownicy

wykonali zabieg ESWL w celu rozbicia kamieni nerkowych u pacjenta. W przeciągu kilku kolejnych lat wprowadzenie komercyjnych modeli do ESWL rozpowszechniło zastosowanie fali uderzeniowej na świecie [62]. W Polsce pierwsze zabiegi ESWL były dostępne od 1988 roku w Warszawie oraz Katowicach [63].

Wprowadzenie ESWL zrewolucjonizowało leczenie pacjentów z kamicą nerkową, ale jej wpływ na organizm ludzki nadal nie był w pełni poznany. Prowadzenie badań z udziałem zwierząt w celu oceny możliwych niepożądanych skutków ubocznych przyczyniło się do lepszego poznania wpływu na tkankę miękką i kostną. W 1987 Karpman i wsp. badali możliwość wykorzystania ESWL w rewizyjnej całkowitej alloplastyce stawu biodrowego obserwując mikropęknięcia cementu i przerwanie granicy cement-kość w kości biodrowej psa [64]. W 1989 Graff, Richter i Pastor zaobserwowali destrukcyjny i regeneracyjny wpływ wysokoenergetycznej fali uderzeniowej na tkankę kostną samic królików stosując 1500 uderzeń o napięciu 20 kV (1000 barów) oraz 25 kV (1300 barów). Autorzy zasugerowali możliwość stymulacji osteoblastów i przebudowy tkanki kostnej po terapii falą uderzeniową [65]. Kolejne badania przeprowadzane na modelach zwierzęcych na początku lat 90-tych nie potwierdziły w sposób jednoznaczny korzystnego wpływu fali uderzeniowej na proces gojenia tkanki kostnej. Pod koniec lat 90-tych i na początku XXI stulecia przeprowadzono szereg badań dotyczących wpływu działania fali uderzeniowej na metabolizm w obrębie układu kostnego, mięśniowego oraz nerwowego, w modelach zwierzęcych. W historii tych badań, jednym z najważniejszych wydarzeń, przeprowadzonych w roku 1998, były wyniki osiągnięte w obserwacjach profesora Rompe i wsp., na podstawie których ustalono górną granicę gęstości energii na poziomie $0,28 \text{ mJ/mm}^2$ dla ESWT w leczeniu ścięgien. Wartości te ustalone dzięki wynikom badań histopatologicznych ścięgien królików, które były przypisane do grupy o najwyższej dawce aplikacji ESWT (1000 impulsach o gęstości $0,60 \text{ mJ/mm}^2$). W ścięgnach tych zaobserwowano niekorzystne zmiany o charakterze martwicy włóknikowatej, zwapnienia ościęgna oraz naciek komórek zapalnych [66].

W tym samym czasie zaczęto stosować falę uderzeniową u pacjentów ortopedycznych. Bazując na dostępnych już wynikach badań z udziałem ESWT, na początku lat 90 trzy pionierskie zespoły medyków zastosowały terapię falami uderzeniowymi u pacjentów ortopedycznych. Valchanou i Michailov w 1991 roku opisali terapeutyczny wpływ fali uderzeniowej u pacjentów z brakiem zrostu kostnego, przyczyniając się do powstania zrostu w przypadku 70 z 82 złamań [67]. Tych wspaniałych wyników, nie potwierdził inny zespół badaczy pod kierownictwem Bürger'a i wsp., uzyskując w porównywalnej grupie pacjentów

jedynie wzrost u 35% pacjentów [68]. Rok później ESWL w podobnej grupie pacjentów, zastosowali Schelberger i Seng uzyskując powstanie kostniny u 3 z 4 pacjentów [69]. W 1993 roku powstaje pierwszy komercyjny aparat OssaTron (ang. *High Medical Technologies, AG, Lengwil, Switzerland*, rycina 3) dedykowany do stosowania terapii falą uderzeniową u pacjentów z zakresu ortopedii i traumatologii [70]. Pierwsze aparaty ortopedycznej fali uderzeniowej generowały swój bodziec poprzez mechanizm elektrohydrauliczny. Wraz z dostępnością nowego aparatu rozpoczyna się kolejny rozdział w historii zastosowania fali uderzeniowej w medycynie. W 1993 Rompe i wsp. rozpoczynają swoje pierwsze trwające dwa lata badanie nad skutecznością wysokoenergetycznej ESWT w leczeniu schorzeń układu szkieletowo-mięśniowego. Badanie obejmowało grupę 40 pacjentów z wapniejącym zapaleniem ścięgien okolicy obręczy barkowej. Terapia składała się z jednego spotkania terapeutycznego, które składało się z 1500 impulsów z gęstością energii (Energy Flux Density – EFD) 0.28 mJ/mm^2 wykonanych w regionalnym znieczuleniu splotu. Po upływie 24 tygodni 72,5% z ocenianych pacjentów nie odczuwało subiektywnego dyskomfortu a 60% z grupy badanej osiągnęło prawidłowe wartości w 100 stopniowej skali Constant-Murley dedykowanej dla oceny funkcjonalnej po zakończonym leczeniu urazów okolicy stawu ramiennego [71].



Rycina 3. OssaTron (HMT) do terapii ESWT u pacjentów z schorzeniami układu mięśniowo-szkieletowego. Na zdjęciu przedstawiony jest model z roku 1996 o wadze 300kg. Cena aparatu wynosiła wtedy 200.000,- €. Źródło: <https://www.orthopaede-herzogenaurach.de/our-services/shock-wave-therapy/?L=1>

Balistyczny sposób generowania fali ciśnienia w medycynie ma swoje korzenie także w urologii. W 1992 zostają opublikowane pierwsze doniesienia z zastosowania Swiss Lithoclast

w terapii litotrypsji wewnątrznaczyniowej rozbijając 94% kamieni poddanych leczeniu [72]. Później ten sam mechanizm został użyty do produkcji aparatu Swiss DolorClast®, który dostępny jest do użytku od 1999 roku. Aparat stwarzał możliwość stosowania RSWT o EFD 0.16 mJ/mm^2 i ciśnieniu szczytowym osiągającym wartości do 12 MPa. W porównaniu do wcześniej stosowanych aparatów w ortopedii, generował znacznie mniejszą wartość ciśnienia oddziałującego na tkanki u pacjentów - tym samym przez niektóre klasyfikacje aparat ten został przypisany do grupy fali uderzeniowych o niskiej energii. Charakteryzował się on odmienną metodyką aplikowania RSWT umożliwiającą terapeutom działanie na dużej powierzchni tkanek oraz większej „swobodzie zabiegowej” poprzez informację zwrotną od pacjenta w trakcie terapii, bez konieczności stosowania dodatkowej diagnostyki obrazowej [73].



Rycina 4. Aparat do terapii radialną falą uderzeniową Swiss DolorClast®

Źródło:https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ger%C3%A4t_zur_extrakorporalen_Sto%C3%9Fwellenentherapie.JPG

Dla pacjentów z zapaleniem rozciągniętego podszewowego historya stosowania fali uderzeniowej rozpoczyna się w połowie lat 90-tych XX wieku, gdy Dahmen (1995) oraz Rompe (1996) zastosowali ESWT w leczeniu bólu zlokalizowanego w okolicy guza piętowego, kierując impulsy fali uderzeniowej na tkankę miękką RP [74, 75]. Pierwsze randomizowane badania kliniczne z wykorzystaniem RSWT zaczynają się na początku pierwszej dekady XXI wieku. Amerykańska Agencja Żywności i Leków (ang. *Food and Drug Administration* – FDA) zatwierdziła Swiss DolorClast® (Rycina 4) jako pierwsze urządzenie RSWT do terapii PF w maju 2007 roku [76]. Przez kolejne lata radialna fala uderzeniowa była badana pod kątem

skuteczności, dawkowania oraz liczby sesji terapeutycznych. Dzięki temu publikowano nowe opisy badań, w różnych częściach świata. Jedną z ważniejszych postaci w medycynie, która miała swój udział w lepszym poznaniu RSWT jako narzędzia terapeutycznego jest Profesor Jan Dirk Rompe, który poświęcił kolejne lata pracy naukowej nad oceną skuteczności różnych typów oraz dawek fali uderzeniowej w leczeniu między innymi takich schorzeń jak łokieć tenisisty [77-80] i golfisty, braku zrостu kostnego [81, 82], stawów rzekomych [83], przyczyn bolesnej pięty w tym entezopatii rozciągnięta podszwowego i ostróg piętowych [74, 84-87], tendinopatii ścięgna Achillesa [88, 89], tendinopatii mięśnia dwugłowego ramienia [90] czy wspomnianego już wcześniej wapniejącym zapaleniem ścięgien barku [80, 91, 92].

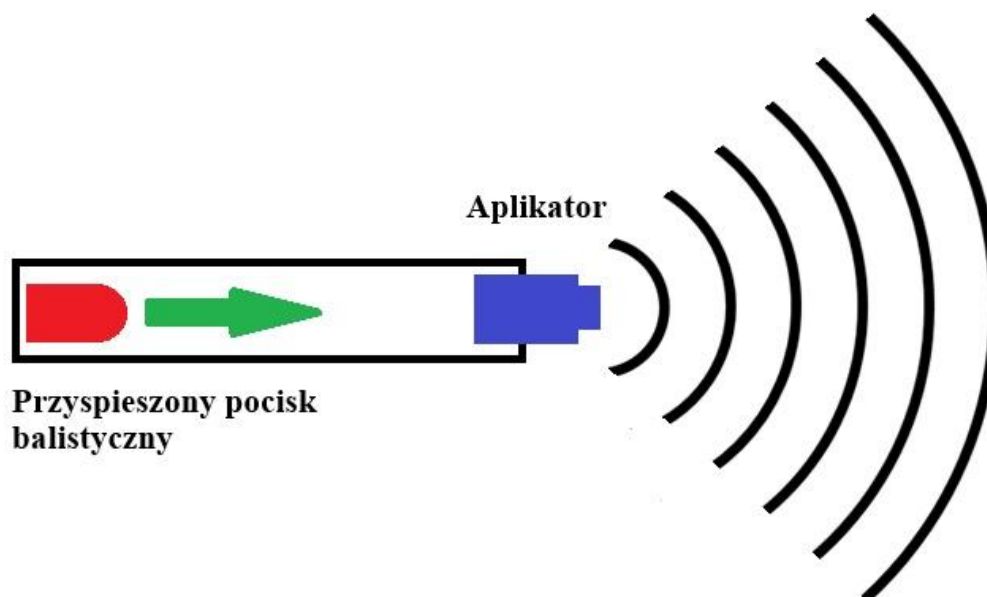
2.1 Klasyfikacja i charakterystyka fali uderzeniowej

W literaturze przedmiotu możemy wyróżnić terapię zogniskowaną oraz radialną falę uderzeniową, jednak ten podział nie jest poprawny z punktu widzenia fizyki, co skutkuje niejednorodnym nazewnictwem bodźca stosowanego w terapii.

Podstawową klasyfikacją fali uderzeniowej jest podział ze względu na mechanizm jej wygenerowania, w którym wyróżniamy trzy generatory fali uderzeniowej. Generatory elektrohydrauliczne wytwarzają falę bezpośrednio u źródła ich wytwarzania, a jej skupienie jest największe w porównaniu do pozostałych dwóch. Generatory elektromagnetyczne i piezoelektryczne charakteryzują się wytwarzaniem fali wyłącznie w ognisku poprzez zaostwienie i nakładanie się fal – w tym fale uderzeniowe na bazie generatora piezoelektrycznego cechują się najmniejszym skupieniem. Do tej podstawowej klasyfikacji w literaturze autorzy zgodnie nie zaliczają mechanizmu balistycznego generującego falę radialną ze względu na odmienną charakterystykę fali [93].

Klasyfikacja według gęstości energii wyróżnia aparaty na wysoko, średnio oraz niskoenergetyczne, jednak przedziały wartości EFD są niejednorodne w literaturze i różnią się zależnie od autora. Radialna fala zaliczana jest do przedziału niskoenergetycznego, jednak gęstość energii w przypadku RSWT największa jest na powierzchni aplikatora, która gwałtownie spada wraz z penetracją tkanki. Gwałtowny spadek energii związany jest z promieniowym rozchodzeniem się fali, które zostało przedstawione na rycinie 5.

Radialna fala uderzeniowa (ang. *radial extracorporeal shock wave*), radialna fala ciśnieniowa (ang. *radial pressure wave*) lub pozaustrojowa terapia aktywacyjna impulsem (ang. *extracorporeal pulse activation therapy* - EPAT), odnoszą się do generowania fali poprzez mechanizm balistyczny. Istnieją obecnie dwa sposoby generowania fali radialnej poprzez mechanizm balistyczny, które sprowadzają się do przekazania energii poprzez pocisk balistyczny. Pierwszym sposobem jest nadanie prędkości pociskowi pod ciśnieniem powietrza, natomiast alternatywą do metody pneumatycznej jest akceleracja elektromagnetyczna. W obu przypadkach budowa aplikatora jest podobna składając się z rękojeści z pociskiem, który uderzając w aplikator generuje rozchodzącą się promieniowo falę. Największa energia oraz nacisk fali radialnej znajdują się na powierzchni aplikatora.



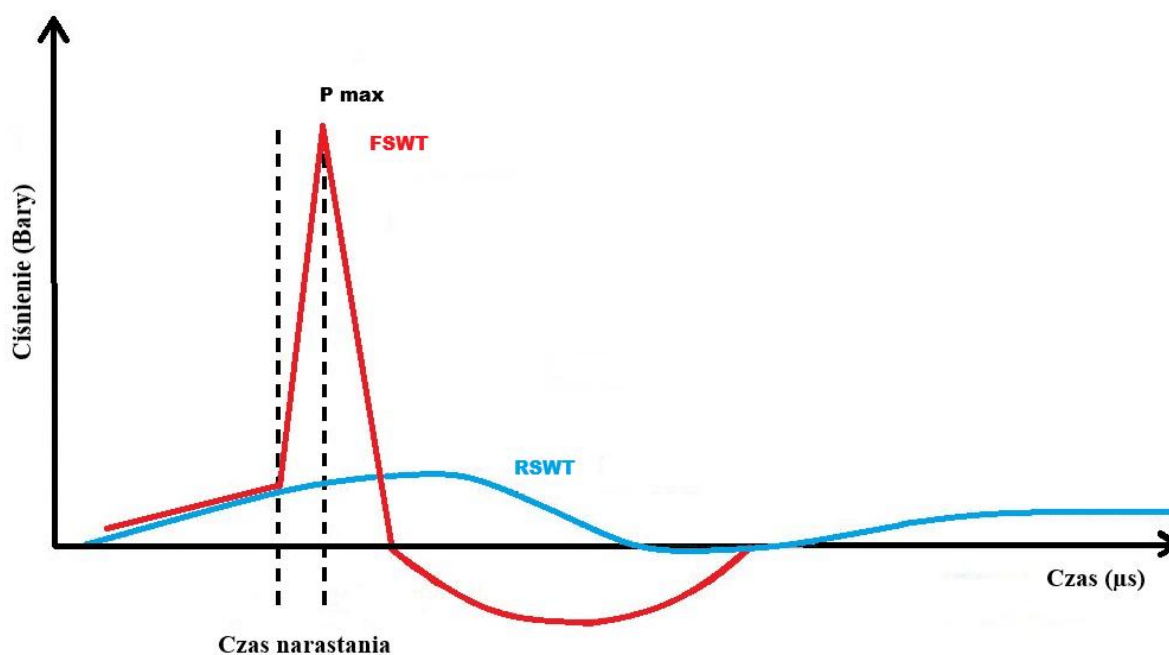
Rycina 5. Mechanizm generowania fali radialnej. Opracowane na podstawie [93]

Istnieją różne aplikatory do aparatów z fali radialnej, jednak różnice pomiędzy nimi nie zostały opisane w literaturze naukowej. Możemy wyróżnić aplikatory zogniskowane (ang. *focused*), wieloogniskowe (ang. *multifocused*) wykonane ze stali lub tytanu, wibracyjne oraz aplikatory pokryte specjalną osłoną sanitarną. Charakterystyka oraz różnice pomiędzy aplikatorami są dostępne w broszurach od producentów aparatów medycznych.

Fala radialna generowana w mechanizmie balistycznym charakteryzuje się dłuższym czasem impulsu i niższą amplitudą ciśnień w porównaniu do zogniskowanej fali uderzeniowej, a jej gęstość energii największa jest przy punkcie styku aplikatora ze skórą oraz cechuje ją nagły

spadek wraz z zwiększaniem się długości penetracji tkanki miękkiej. Fala radialna może sięgać do około 3 cm w głąb tkanki, dla porównania penetracja tkanki zogniskowanej fali wynosi około 12 cm wraz najwyższym poziomem gęstości w punkcie skupienia fali [93, 94].

Cleveland i wsp. opisują falę radialną generowaną przez EMS Swiss Dolorclast Vet (Electro Medical Systems, Nyon, Switzerland – jest to aparat stosowany w weterynarii, będący odpowiednikiem aparatu używanego w leczeniu bólu u ludzi jako odmienną od fali generowanej w mechanizmie elektromagnetycznym lub piezoelektrycznym. Pomiar wykonany w środowisku wodnym wykazały mniejszą moc oraz dłuższy czas narastania ciśnienia wynoszący około $1\mu s$, który był za długi w porównaniu do czasu narastania fali uderzeniowej mierzonej w nanosekundach [95]. Podsumowując, badacze opisujący charakterystykę fal uderzeniowych, wskazują na występowanie istotnych różnic pomiędzy falą zogniskowaną, a falą radialną. Fala generowana w mechanizmie balistycznym posiada długi czas narastania, niskie ciśnienie szczytowe i liniowy przebieg. Różnica ta została zobrazowana na rycinie 6 [96].



Rycina 6. Charakterystyka kształtu fali zogniskowanej (FSWT) oraz fali radialnej (RSWT).

Opracowane na podstawie [96]

2.2 Biologiczny mechanizm działania RSWT

Większość badań dotycząca wpływu fali uderzeniowej na tkankę była prowadzona z użyciem zogniskowanej fali uderzeniowej, a sama RSWT mimo potwierdzonego wpływu klinicznego w terapii pacjentów wymaga dalszych badań nad samym mechanizmem jej działania. Jak opisano w podrozdziale 2.1, charakterystyka fali radialnej jest odmienna od fali zogniskowanej. Biorąc pod uwagę biologiczny mechanizm działania należy brać pod uwagę wyłącznie badania korzystające z aparatów wykorzystujących balistyczny mechanizm generowania fali.

Ze znanych efektów RSWT możemy wymienić poprawę mikrokrążenia i zwiększenie aktywności metabolicznej tkanki poddanej terapii poprzez oscylację zachodzącą w tkance pod wpływem fal ciśnienia – poprawa ukrwienia widoczna jest w badaniu termowizyjnym wykonanym bezpośrednio po aplikacji [93, 97].

Jednym z ważniejszych efektów biologicznego mechanizmu działania RSWT, który podlega badaniom oraz dyskusji jest jej wpływ na neoangiogenezę – proces tworzenia naczyń krwionośnych w komórkach śródbłonna. Proces ten regulowany jest przez szlak sygnałowy Wnt/ β -katenina oraz i jego dalszy gen docelowy, VEGF. Czynniki wzrostu śródbłonna naczyniowego (VEGF – ang. *vascular endothelial growth factor*) jest kluczowym czynnikiem stymulującym komórki śródbłonna do promowania neoangiogenezy oraz komórki nerwowe do wywoływania efektów neuroprotektoryjnych [98]. W literaturze naukowej następuje brak rozróżnienia pomiędzy RSWT a FSWT mimo wyraźnych różnic w charakterystyce bodźca, które mogą w odmienny sposób wpływać na tkankę poprzez inną głębokość penetracji, inną gęstość energii na danej głębokości tkanki, inny rodzaj rozchodzenia się przekazywanej energii oraz rozchodzenia się energii w sposób skupiony lub promienisty. Zjawisko to jest szczególnie zauważalne w przypadku obserwacji zjawiska neowaskularyzacji po zastosowaniu FSWT, które następnie są przypisywane do efektów biologicznych RSWT [41-45].

Kang i wsp. stosując RSWT bezpośrednio na głowę szczurów zaobserwowali znaczący wzrost przepływu krwi mózgowej oraz wzrost poziomu VEGF oraz ekspresję markerów neuroswoistej enolazy oraz komórek macierzystych [46]. Pozytywny wpływ RSWT na neoangiogenezę został potwierdzony w badaniu Yanga i wsp., którzy tłumaczą wzrost ekspresji Wnt3a, β -kateniny i VEGF w mechanizmie tłumienia ekspresji Bach1 – który cechuje się silną

ekspresją w obszarach niedokrwienia hamując jednocześnie szlak sygnałowy Wnt/ β -katenina i ekspresję VEGF [38].

Badania z 2012 roku oraz z 2018 roku wykazały wpływ RSWT na proliferację komórek, pobudzenie procesu apoptozy oraz lepszą funkcjonalność nowopowstałych naczyń krwionośnych, co miało przełożenie na gojenie się tkanki miękkiej [99, 100]. Poprawę gojenia się tkanki zauważyli również inni badacze aplikujący RSWT wraz z iniekcją nanoemulsji perfluorowęglowodorów u szczurów z owrzodzeniami stopy cukrzycowej, stwierdzając poprawę mikrokrażenia oraz ukierunkowane dostarczenie tlenu do rany. Opisana strategia może być nowym kierunkiem w leczeniu stopy cukrzycowej w przyszłości [101].

Langedorf i wsp. prezentują odmienną teorię wpływu RSWT na tkankę miękką. Autorzy ocenili wpływ RSWT na neoangiogenezę po urazie mięśnia szczura poprzez badanie barwienia immunohistochemicznego pod kątem markera CD31, który bierze udział w procesie neoangiogenezy [102]. Langedorf i wsp. nie zaobserwowali różnicy pomiędzy grupą kontrolną a grupą poddaną RSWT, jednak zaobserwowali oni badaniu histopatologicznym zwiększoną koncentrację komórek jednojądrowych w grupie RSWT. Wraz z upływem czasu następuje znaczący spadek liczby komórek jednojądrowych, jednak badania histopatologiczne ukazują regenerację uszkodzonych włókien mięśniowych. Efekt regeneracyjny jest bardziej widoczny w monoterapii RSWT, niż w terapii łączącej RSWT z niesteroidowymi lekami przeciwzapalnymi (NLPZ). Dodatkowo grupa kontrolna miała bardziej uwidocznione obszary objęte zmianami degeneracyjnymi. Langedorf sugeruje bezpośredni wpływ RSWT na komórki tkanki mięśniowej [103].

Kenmoku w swoich badaniach na modelu zwierzęcym zauważył degenerację receptorów acetylocholino oraz zmniejszenie amplitudy złożonego czynnościowego potencjału mięśniowego bez widocznego opóźnienia sygnału złożonego potencjału czynnościowego mięśni (CMAP – ang. *Compound Muscle Action Potential*) bezpośrednio po zastosowaniu RSWT. Kenmoku porównał wpływ RSWT do działania toksyny botulinowej na układ nerwowy [104]. Zmniejszenie amplitudy CMAP było zależne od zastosowanej dawki RSWT, której gęstość energii musiała być większa niż 0,09 mJ/mm², aby wpływ był zauważalny [105]. Zmniejszenie amplitudy CMAP utrzymywało się do 2 tygodni po terapii, natomiast po 8 tygodniach nie było widocznej różnicy pomiędzy mięśniami poddanymi leczeniu, a grupą kontrolną. Kenmoku zauważył także miejscowe zniszczenie płytki nerwowo-mięśniowej

w mięśniach poddanych działaniu RSWT [106]. Autor sugeruje możliwość wykorzystania tych mechanizmów w leczeniu spastyczności i dystonii, co znalazło swoje potwierdzenie w późniejszych badaniach klinicznych u pacjentów z uszkodzeniem ośrodkowego neuronu ruchowego [107].

Sam mechanizm działania RSWT na tkankę wymaga dalszych badań i dyskusji opartych na merytorycznych argumentach. Przedstawione powyżej mechanizmy były zaobserwowane w badaniach przeprowadzonych na modelu zwierzęcym. Zarówno u zwierząt jak i ludzi stosowane są podobne średnice głowic. Wyciągając wnioski należy jednak mieć na uwadze różnice pomiędzy samymi proporcjami pomiędzy ciałem, a aplikatorem w przypadku zwierząt i ludzi. Dodatkowo analizując w przyszłości biologiczny wpływ RSWT należałoby nie brać pod uwagę badań korzystających z aparatów wytwarzających zogniskowaną falę uderzeniową ze względu na inną penetrację i inne położenie punktu maksymalnej gęstości energii.

2.3 Współczesne zastosowanie radialnej fali w rehabilitacji

Fala radialna swoje najbardziej powszechne zastosowanie znajduje w przypadku schorzeń układu mięśniowo-szkieletowego, w którym opracowywana jest okolica problemu jak i znajdujące się wokół niej tkanki miękkie. Do najczęstszych schorzeń i chorób, z którymi zgłaszają się pacjenci do gabinetów fizjoterapeutycznych są tendinopatie oraz entezopatie zlokalizowane w różnych okolicach ciała [108-110]. W codziennej pracy fizjoterapeuty standardowe protokoły terapeutyczne dostępne są dla problemów zlokalizowanych w okolicy rozcięgna podeszwowego, ścięgna piętowego (Achillesa), przyczepów mięśni prostowników promieniowych nadgarstka lub zginaczy nadgarstka, stożka rotatorów oraz wielu innych – jednak protokoły te nie są jednorodne i mogą się różnić pomiędzy zaleceniami producentów oraz badaczy stosujących odmiennie parametry oraz metodykę wykonania zabiegu.

W zakresie ortopedii i chirurgii uwagę należy skierować na pozytywny wpływ opisanych powyżej mechanizmów biologicznych RSWT na proces rehabilitacji u pacjentów w okresie pooperacyjnym. Dostępne w literaturze badania prezentują poprawę obrazu klinicznego pacjentów w zakresie odczuwanego bólu oraz zakresu ruchu w przypadku operacji stożka rotatorów oraz rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego. Na szczególną uwagę zasługuje model aplikacji RSWT składający się z pięciu/sześciu zabiegów, w odstępach 5 – 7 dniowych, trwający kilka tygodni [111]. Dodatkowo oprócz redukcji bólu, w badaniu Shao i wsp. wykazano skuteczniejszy proces gojenia widoczny w MRI u pacjentów po operacji

stożka rotatorów po 5 sesjach RSWT [112]. Uzupełnieniem powyższego może być wcześniejsze badanie, w którym autorzy po zastosowaniu 1 sesji RSWT nie zauważyli różnicy pomiędzy grupą badaną, a kontrolną, co może świadczyć o konieczności przeprowadzenia u pacjentów pełnego cyklu terapeutycznego dla uzyskania pożądanego działania terapeutycznego w przypadku schorzeń układu mięśniowo-szkieletowego [113].

Zastosowanie RSWT jest obecnie badane również w obszarze skrócenia czasu gojenia odleżyn. Metodyka zabiegu zakłada wykonywanie impulsów na okolicę tkanki zdrowej poprzez sterylne plastikowe opatrunki na rany przy zabezpieczonym w sterylną nakładkę głowicę aparatu. Autorzy opisów oraz badania dostrzegli istotną klinicznie poprawę gojenia po RSWT w postaci zmniejszenia rany lub jak na przykładzie opisu przypadku poddanego długotrwałej terapii, całkowitego zagojenia rany [114, 115]. Jest to nowy kierunek badań klinicznych, który obecnie nie został jeszcze dobrze udokumentowany i wymaga dalszych obserwacji.

W neurologii RSWT wspomaga konwencjonalną rehabilitację u pacjentów po udarze na wczesnym etapie, zmniejszając ryzyko progresji spastyczności oraz potrzebę stosowania doustnych leków przeciwpadaczkowych [116]. W późniejszym etapie rehabilitacji terapia ta może redukować ból oraz zmniejszać spastyczność, jednak nie ma bezpośredniego przełożenia na sprawność funkcjonalną pacjenta i nie jest zalecana, aby była stosowana w formie monoterapii. [117]. Metodyka zabiegu w tej grupie pacjentów nie odbiega znacząco od tej stosowanej w przypadkach przeciążeń układu mięśniowo-szkieletowego i składa się z kilkutgodniowej terapii – jednak nie ma obecnie proponowanych protokołów terapii dla tej grupy pacjentów [116, 117]. Lepiej zbadany i udokumentowany jest wpływ RSWT w terapii pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym, która jest stosowana zarówno u dorosłych jak i u dzieci. Fala w tej grupie pacjentów redukuje napięcie mięśniowe, poprawia funkcję motoryczną, zakres ruchu oraz po zastosowaniu zabiegu na okolice mięśni zginaczy podszwowych stopy znacznie poprawia kontakt powierzchni podszwowej stopy z podłożem, co zostało udokumentowane w badaniach posturograficznych [118-121].

Swoje zastosowanie – z podlegającą dyskusji skutecznością – znajduje również w leczeniu zaburzeń erekcji poprzez stosowanie aplikacji bezpośrednio na okolicę prącia, która wykazuje skuteczność kliniczną mimo braku obiektywnego dowodu ze strony badania Dopplerowskiego.[122] Obecnie dostępne wyniki badań mogą wskazywać jedynie na dalszą

potrzebę prowadzenia badań i zastosowania różnych protokołów terapeutycznych w celu potwierdzenia lub obalenia skuteczności RSWT w leczeniu zaburzeń erekcji [123, 124].

Opisane badania wskazują na zastosowanie fali radialnej w szerokim spektrum schorzeń o różnym podłożu i etiopatogenezie. Mimo swojego potwierdzonego, pozytywnego wpływu na organizm ludzki, terapia ta wymaga dalszych badań w celu ustalenia optymalnego protokołu terapeutycznego.

3. Terapia z zastosowaniem lasera wysokoenergetyczny

Światło oraz jego właściwości lecznicze są stosowane przez ludzkość w terapii schorzeń tkanki miękkiej od wielu tysięcy lat. Historia światłolecznictwa zawiera wiele opisów wykorzystania światła w leczeniu krzywicy, ospy, gruźlicy oraz wspomagania gojenia ran przy użyciu skupiających soczewek – jednak jednym z najważniejszych momentów było skuteczne zastosowanie światła ultrafioletowego w leczeniu gruźlicy toczniowej skóry, za co dr Nils Fiensen został nagrodzony Nagrodą Nobla w dziedzinie fizjologii i medycyny w 1903 roku [125-127]. W historii światłolecznictwa kolejnym istotnym punktem było stworzenie aparatury generującej promieniowanie laserowe, które obecnie jest używane w procesie leczenia i diagnostyki w wielu dziedzinach medycyny takich jak dermatologia, okulistyka, stomatologia, otolaryngologia, gastroenterologia, urologia, ginekologia, neurochirurgia, ortopedia, kardiologia oraz rehabilitacja [128].

Termin laser jest akronimem w języku angielskim oznaczającym wzmocnienie światła poprzez wymuszoną emisję promieniowania (ang. *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Termin ten po raz pierwszy użył Gordon Gould, student Uniwersytetu Columbia opisujący w notatniku podstawy konstrukcji aparatu laserowego w 1957 roku. W latach 60-tych XX wieku nastąpił dynamiczny rozwój badań w obszarze technologii laserowych. Powstało wiele typów aparatów laserowych o różnych parametrach i wykorzystujących różne ośrodki czynne. Pierwszy działający laser został stworzony przez Teodora Maiman'a, który po latach pracach z wykorzystaniem rubinu w 1960 roku skonstruował laser rubinowy (generujący czerwone światło o długości 694 nm) w oparciu o opisaną przez Charles'a Town'a i Artura Schawlow'a dwa lata wcześniej koncepcję masera optycznego [129]. Jesienią 1961 roku Charles Campbell oraz Charles Koester wykonali pierwszy zabieg z użyciem lasera do zniszczenia guza siatkówki [130]. Cztery lata później, pochodzący z Budapesztu Profesor Endre Mester, uznawany za ojca fotobiomodulacji – rozpoczyna badania nad wykorzystaniem laseroterapii w medycynie. Profesor Mester założył w swojej hipotezie możliwość niszczenia guzów z wykorzystaniem lasera, jednak zastosowana aplikacja prowadziła do zupełnie innego skutku – przyspieszenia procesów gojenia tkanki w miejscu nacięcia. Profesor Mester kontynuował badania nad biostymulacją laserową stosując aplikację terapii laserem niskoenergetycznym leczeniu pacjentów z zakażonymi ranami, oparzeniami oraz owrzodzeniami powstałymi w wyniku przebiegu cukrzycy lub niewydolności żylniej. Profesor Mester publikując swoje badania i obserwacje był pierwszą osobą opisującą biostymulacyjne

działanie LLLT. Badania profesora Mestera wykazały możliwość dużo szerszego zastosowania laseroterapii niż, jak pierwotnie sądzono, zastosowanie lasera w chirurgii resekcyjnej. Dla zastosowania lasera w rehabilitacji jednym z ważniejszych odkryć profesora Mestera był przeciwwzapalny i przeciwbólowy wpływ LLLT, który został zaobserwowany pierwszy raz podczas leczenia owrzodzeń wynikających z niewydolności układu krążenia u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów [131-133]. Wraz z rozwojem technologicznym i szerszym dostępem do aparatury umożliwiającej biostymulację LLLT nastąpiło rozpowszechnienie laseroterapii w obrębie medycyny fizykalnej w Europie Wschodniej w latach 70-tych oraz na świecie w latach 80-tych. Koniec lat 90-tych wiąże się z wprowadzeniem aparatów laserowych klasy 4 umożliwiającej stosowanie terapii laserem wysokiej intensywności, które pozwalały na zastosowanie około 10 W natężenia w celu uzyskania silniejszej biomodulacji i efektu przeciwbólowego w porównaniu do LLLT [134].

Laseroterapia w dniu dzisiejszym dalej odgrywa istotną rolę w medycynie, w tym także w procesie rehabilitacji narządu ruchu wykorzystując między innymi cenione za szczególne właściwości promieniowanie laserowe. Generowany przez aparaturę strumień jest emisją znacznej ilości identycznych fotonów o określonych cechach takich jak monochromatyczność, równoległość wiązki światła, którą cechuje również koherentność fazy oraz kierunku.

W literaturze przedmiotu występują sposoby klasyfikacji laserów ze względu na typ ośrodka czynnego, klasę bezpieczeństwa, moc lub długość generowanej wiązki światła. W rehabilitacji schorzeń układu mięśniowo szkieletowego obecnie stosuje się biostymulację niskoenergetyczną z użyciem aparatów LLLT oraz biostymulację termiczną przy wykorzystaniu aparatów HILT. Aparaty LLLT zaliczane są do klasy 3 bezpieczeństwa. Charakteryzuje je moc od 1 do 500 mW oraz długość fali mieszcząca się w przedziale pomiędzy 600 a 1000 nm. Aparaty HILT natomiast emituje energię o mocy powyżej 500mW do 3kW i jest zaliczany do laserów klasy 4 bezpieczeństwa. Długość fali w tych aparatach jest większa niż w przypadku LLLT. Zazwyczaj stosuje się długości fali pomiędzy 810 a 1064 nm [128, 135-138].

3.1 Biologiczny mechanizm działania laseroterapii

Efekty terapeutyczne laseroterapii związane są z mocą generowanej energii, długością fali promieniowania oraz właściwościami tkanki poddawanej zabiegowi. Mechanizm działania HILT oraz LLLT opiera się na absorpcji przez cząsteczki fotoreceptorów fali światła laserowego o określonej długości, która będzie jednym z czynników wpływającym na głębokość penetracji. Wiązka laserowa ma największą penetrację skóry w przedziale długości fali pomiędzy 550 a 1200 nm (Rycina 7). Przy małej długości fali oraz słabo uwodnionej tkance oddziaływanie będzie wyłącznie w obrębie tkanki powierzchniowej. Głębokość penetracji promieniowania laserowego w obrębie tkanki miękkiej szacuje się w literaturze od kilku do 10-20 mm zależnie od zastosowanej długości fali 940 nm przy mocy 5 mW. Najgłębiej w głąb skóry wnika wiązka laserowa o długości 1200 nm. HILT opiera się na tej samej technologii co LLLT, jednak dzięki większej mocy wyjściowej gwarantuje on głębszą penetrację szacowaną pomiędzy 5 a 15 cm [139].



Rycina 7. Głębokość penetracji światła przez skórę człowieka, opracowane na podstawie [128]

Literatura przedmiotu w sposób szczegółowy opisuje wpływ laseroterapii na tkanki miękkie. Absorpcja fali światła laserowego przez fotoreceptory prowadzi do reakcji fotobiologicznej na poziomie komórkowym. Następuje modulacja metabolizmu mitochondriów, zwiększenie replikacji mitochondrialnego RNA i DNA oraz wzrost produkcji adenozyntrifosforanu. Następuje aktywacja limfocytów T, neutrofilów oraz makrofagów. Zwiększeniu ulega proliferacja fibroblastów, synteza endorfin oraz niektórych białek np. koleganu. Oddziaływanie wiązki laserowej redukuje syntezę bradykininy i uwalnianie acetylocholino oraz histaminy w uszkodzonych tkankach. W wyniku reakcji

na promieniowanie laserowe obserwuje się stymulację neoangiogenezy, redukcję liczby komórek zapalnych oraz przyspieszenie procesów gojenia. Laseroterapia umożliwia redukcję nasilenia dolegliwości bólowych oraz podniesienie progu bólu u pacjentów poprzez blokadę przewodzenia włókien nerwowych [135, 136, 139-141].

HILT oprócz efektów fotobiochemicznych powoduje także wzrost temperatury tkanki poddawanej terapii o około 2,5 – 3,5 °C. Efekt termiczny prowadzi do zwiększenia krążenia krwi oraz poprawy zaopatrzenia tkanki w tlen i substancje odżywcze. Natomiast LLLT nazywany jest również zimnym laserem ze względu na brak istotnego efektu termicznego oraz podniesienie temperatury tkanki poddawanej zabiegowi o około 0,5-1 °C [128, 135-138].

3.2 Współczesne zastosowanie lasera wysokoenergetycznego w rehabilitacji

W rehabilitacji HILT znajduje zastosowanie głównie w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych, poprawie sprawności funkcjonalnej, zakresu ruchomości oraz jakości życia u pacjentów zgłaszającymi się z chorobami układu mięśniowo-szkieletowego wynikającymi z przeciążeń, urazów oraz zmian zwyrodnieniowych. Zaletą HILT wskazywaną przez wielu autorów jest brak występowania efektów ubocznych przy prawidłowym wykonaniu zabiegu. Mimo wprowadzenia laserów klasy 4 do codziennej praktyki w medycynie fizykalnej, w literaturze dostępne są dowody naukowe o niskiej i umiarkowanej wartości [142].

Jedną z częściej występujących chorób układu mięśniowo-szkieletowego mającym negatywny wpływ na jakość życia jest choroba zwyrodnieniowa stawu kolanowego (ang. *Knee Osteoarthritis* – KOA). W przebiegu zmian zwyrodnieniowych dochodzi do hipertrofii tkanki kostnej na brzegach stawów, uszkodzenia chrząstki stawowej oraz zmian w obrębie błony maziowej i torebki stawowej. W obrazie klinicznym pacjenci zgłaszają występowanie bólu oraz co za tym idzie redukcji sprawności funkcjonalnej, która ma swoje odzwierciedlenie w utrudnieniu wykonywania czynności dnia codziennego. HILT u pacjentów z KOA w literaturze naukowej jest jednym z najbardziej efektywnych narzędzi dostępnych w zakresie fizjoterapii w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych oraz poprawy funkcjonalnej [143, 144].

Kolejnym z częstszych powodów zgłoszenia się pacjentów na rehabilitację leczniczą jest ból pleców zlokalizowany na różnych poziomach kręgosłupa. Zgodnie z literaturą około 90% populacji w swoim życiu odczuje ból odcinka lędźwiowo-krzyżowego kręgosłupa (L/S). Jest to związane między innymi z stylem życia, rodzajem wykonywanej pracy oraz nadwagą występującą w coraz większym natężeniu. HILT w literaturze naukowej jest jednym z narzędzi, które umożliwiają przeprowadzenie skutecznej redukcji nasilenia dolegliwości bólowych oraz poprawę sprawności funkcjonalnej u pacjentów z bólem odcinka L/S kręgosłupa [145, 146]. Ostatnie badania wskazują też na możliwe zastosowanie HILT u pacjentów z zespołem polaminektomijnym. Zhao i wsp. zaobserwowali oprócz efektu analgetycznego zmniejszone odkładanie się tkanki tłuszczowej w mięśniach przykręgosłupowych odcinka lędźwiowego kręgosłupa. Mechanizm działania w tym przypadku nie został dobrze poznany, jednak autorzy widzą możliwość zmniejszenia zapotrzebowania na leki przeciwbólowe u pacjentów po operacji kręgosłupa przy włączeniu HILT do procesu leczenia [139].

Ze względu na swój mechanizm działania HILT jest stosowany w terapii różnych rodzajów ran w połączeniu z standardową opieką i pielęgnacją rany. Zastosowanie HILT w pozwala uzyskać efekt analgetyczny, poprawić gojenie się rany oraz zredukować jej rozmiar. W porównaniu z samą terapią konwencjonalną ryzyko infekcji po zastosowaniu HILT w procesie leczenia spada u pacjentów z otwartymi ranami. Ma to istotne znaczenie u pacjentów chorych na cukrzycę, którzy w przypadku operacji mają większe ryzyko powikłań. Badania naukowe obserwowały lepsze gojenie rany po zastosowaniu HILT u kobiet chorych na cukrzycę po cesarskim cięciu oraz u pacjentów z owrzodzeniami stopy w przebiegu cukrzycy lub rozszczepu kręgosłupa. [147].

W codziennej praktyce klinicznej laseroterapia znalazła zastosowanie u pacjentów z bólem i osłabieniem siły mięśniowej spowodowanym uciskiem na nerw pośrodkowy przebiegający w kanale nadgarstka. W połączeniu z ćwiczeniami oraz ortezą HILT może przyspieszyć proces usprawniania leczniczego w obrębie przyrostu siły chwytu wraz z uzyskaniem większego efektu analgetycznego. Obecnie jednak brakuje jednoznacznych dowodów na zmianę w obrębie przewodnictwa nerwowego u pacjentów z zespołem cieśni nadgarstka, jednak terapia ta może być obiecującą alternatywą wymagającą dalszych badań [148, 149].

4. Założenia i cel pracy

Celem badania była ocena skuteczności protokołów terapeutycznych terapii laserem wysokoenergetycznym i radialną falą uderzeniową w leczeniu pacjentów z entezopatią rozciągnięta podeszwowego w zakresie redukcji bólu, poprawy codziennego funkcjonowania oraz konieczności stosowania farmakoterapii przeciwbólowej.

Cele szczegółowe

Pierwszym celem szczegółowym jest określenie wpływu fali uderzeniowej na stopień redukcji nasilenia bólu występującego u pacjentów z objawową entezopatią rozciągnięta podeszwowego.

Drugim celem szczegółowym jest określenie wpływu lasera wysokoenergetycznego na stopień redukcji nasilenia bólu występującego u pacjentów z objawową entezopatią rozciągnięta podeszwowego.

Trzecim celem szczegółowym jest określenie wpływu zastosowania fali uderzeniowej z poprzedzającą aplikacją lasera wysokoenergetycznego na stopień redukcji nasilenia bólu występującego u pacjentów z objawową entezopatią rozciągnięta podeszwowego.

Czwartym celem szczegółowym jest określenie wpływu fali uderzeniowej, lasera wysokoenergetycznego oraz terapii łączonej RSWT+HILT na możliwości funkcjonalne pacjentów z objawową entezopatią rozciągnięta podeszwowego na podstawie kwestionariusza funkcjonalnego.

Piątym celem szczegółowym jest określenie czy HILT może być alternatywną terapią dla RSWT w zakresie możliwych efektów terapeutycznych jak i prognozyki po zakończeniu terapii.

Realizacja przedstawionych celów pozwoli na optymalizację wykorzystania fali uderzeniowej, lasera wysokoenergetycznego oraz połączonej terapii fali uderzeniowej i lasera wysokoenergetycznego w redukowaniu bólu i ograniczeń funkcjonalnych w grupie pacjentów z entezopatią rozciągnięta podeszwowego.

Pytania badawcze

1. Czy RSWT lub HILT są terapiami, których stosowanie należy rozważyć w leczeniu entezopatii rozciągną podeszwowego?
2. Czy monoterapia w postaci zastosowania RSWT jest skuteczna w redukcji natężenia bólu u pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego?
3. Czy monoterapia w postaci zastosowania RSWT wpływa na poprawę możliwości funkcjonalnych u pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego?
4. Czy monoterapia w postaci zastosowania HILT jest skuteczna w redukcji natężenia bólu u pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego?
5. Czy monoterapia w postaci zastosowania HILT wpływa na poprawę możliwości funkcjonalnych u pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego?
6. Czy terapia łączona w postaci zastosowania HILT i RSWT jest skuteczna w redukcji natężenia bólu u pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego?
7. Czy terapia łączona w postaci zastosowania HILT i RSWT wpływa na poprawę możliwości funkcjonalnych u pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego?
8. Która z zastosowanych terapii i modeli będzie charakteryzować się najwyższą skutecznością w redukcji nasilenia bólu i poprawie funkcjonalnej u pacjentów z entezopatią rozciągną podeszwowego?
9. Czy występuje korelacja pomiędzy skalami bólu VAS i NRS, a oceną bólu w kwestionariuszu funkcjonalnym?
10. Czy istnieje korelacja pomiędzy osiąganymi krótko i długoterminowymi efektami terapeutycznymi, a BMI pacjentów?
11. Czy występowanie PF jest zależne od płci?

5. Grupy badane i metody

Badanie zostało zaplanowane jako randomizowane badanie oceniające skuteczność monoterapii radialnej fali uderzeniowej, laserem wysokoenergetycznym lub radialną falą uderzeniową połączoną z terapią laserem wysokoenergetycznym, które zostało podzielone na trzy etapy. Protokół badania został zaakceptowany przez Komisję Bioetyczną Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego w dniu 14.03.2018 roku (KB/30/2018) oraz został zarejestrowany w The Australian New Zealand Clinical Trials Registry (ANZCTR) (numer rejestracyjny: ACTRN12622001510730).

Liczebność grupy badanej oszacowano przy użyciu oprogramowania G*Power wersja 3.1.9 (University of Kiel, Kiel, Germany), wykonując analizę mocy a-priori dla testów F: ANOVA z powtarzanymi pomiarami (interakcja między- i wewnątrzgrupowa) [150]. Wstępna analiza mocy wskazała minimalną liczebność $n = 54$. Przyjęto 5% poziom istotności, próg mocy testu dla trzech pomiarów w trzech grupach wynoszący 95% oraz średnią wielkość efektu wyrażoną jako f Cohena równą 0,25, obliczoną z wykorzystaniem współczynnika cząstkowego η^2 (eta kwadrat). Aby zredukować ryzyko utraty mocy z powodu przewidywanych braków danych i 6-miesięcznego współczynnika rezygnacji, oraz zwiększyć precyzję estymacji i zapewnić odpowiednią moc dla analiz drugorzędowych/podgrup przy mniejszych efektach ($f \approx 0,15 - 0,20$) podjęto decyzję o szerszej rekrutacji. Z tego względu określono całkowitą docelową liczebność próby równą 160 osób. Do badania ostatecznie zakwalifikowano 157 osób. Dodatkowa analiza czułości dla $n = 157$ wykazała, że przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i mocy $1 - \beta = 0,90 - 0,95$ badanie było wrażliwe na małe–umiarkowane efekty interakcji.

Badanie przeprowadzono w Zakładzie Rehabilitacji Centralnego Szpitala Klinicznego Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Do badania kwalifikowano pacjentów z rozpoznaniem PF dokonany na podstawie badania podmiotowego, fizykalnego i analizy co najmniej jednego wyniku badania obrazowego (RTG lub USG lub CT lub MRI), przeprowadzonego przez specjalistę ortopedii lub rehabilitacji. Po wstępnym zakwalifikowaniu do obserwacji stanowiącej kanwę prezentowanej dysertacji, pacjent otrzymywał pisemną informację na temat prowadzonego badania wraz z formularzem świadomej zgody. Po wyrażeniu zgody pacjent był losowo przypisany do jednej z grup badanych. Następnie pacjent wypełniał kwestionariusz w oparciu o strukturę WOMAC (ang. *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*) w celu oceny jego

aktualnego stanu funkcjonalnego. Kwestionariusz z modyfikowano, by jego wyniki uwzględniały wpływ objawów zapalenia rozciągniętego podeszwowego na możliwości funkcjonalne badanego. Ponadto oceniano nasilenie odczuwanego bólu w okolicy pięty (stopy) wykorzystując uznane narzędzia pomiarowe: wizualną skalę analogową VAS (ang. *Visual Analog Scale*), numeryczną skalę oceny bólu NRS (ang. *Numeric Rating Scale*) oraz kwestionariusz bólu Laitinen'a (LPQ – ang. *Laitinen Pain Questionnaire*) obejmującej także częstość stosowania leków przeciwbólowych oraz ograniczenia aktywności ruchowej w ocenie badanego. Dodatkowo był wypełniany kwestionariusz zawierający dane dotyczące płci, wieku, wagi oraz wzrostu (w celu wyliczenia BMI) badanych, a także określenia czasu trwania dolegliwości bólowych ze wskazaniem czasu powstania pierwszego epizodu bólu okolicy pięty. Przed wykonaniem terapii badanym została udzielona informacja o prowadzonej terapii, jej możliwych efektach ubocznych, oczekiwanej poprawie, kontroli po upływie sześciu miesięcy, konieczności wstrzymania się od innych zabiegów fizjoterapeutycznych oraz możliwości kontaktu z osobą prowadzącą zabiegi w ciągu całego okresu obserwacji w przypadku pytań lub problemów zdrowotnych. Pacjent otrzymywał również informacje o możliwości rehabilitacji innymi metodami fizjoterapeutycznymi po zakończeniu obserwacji w przypadku braku uzyskania poprawy w wyniku prowadzonej terapii. Zakwalifikowani pacjenci zostali losowo przydzieleni do jednej z trzech grup terapeutycznych na podstawie losowania jednej z kopert zawierających informacje o rodzaju, jednego z trzech modeli terapeutycznych.

Druga część badania polegała na zastosowaniu różnych modeli terapii przypisanych do danych grup badanych. W badaniu użyto aparatu BTL-5000 SWT Power + High Intensity Laser 12. Pacjenci zakwalifikowani do grupy pierwszej mieli stosowaną terapię złożoną z 5 zabiegów RSWT, zgodnie z zalecaną metodyką, na okolicę przyczepu piętowego rozciągniętego podeszwowego, w odstępach 5-7 dniowych. Wszystkie aplikacje obejmowały 2000 uderzeń, z częstotliwością 10 Hz i ciśnieniem 2,5 bara. Aplikacja RSWT była wykonywana metodą labilną, z opracowaniem bolesnych punktów spustowych (200 uderzeń) zgłaszanych przez pacjenta, potwierdzanym badaniem palpacyjnym, w trakcie wykonywanej terapii.

W grupie drugiej zastosowano u pacjentów terapię HILT podzieloną na dwie fazy. Jedna sesja HILT składała się z fazy analgetycznej o mocy 10 W i gęstości energii 12 J/cm² wykonana metodą labilną z 5 sekundową pauzą w miejscach najbardziej bolesnych potwierdzonych w badaniu pacjenta. Bezpośrednio po fazie analgetycznej metodą labilną wykonano u pacjentów biostymulację laserową o mocy 7W i gęstości energii 120 J/cm².

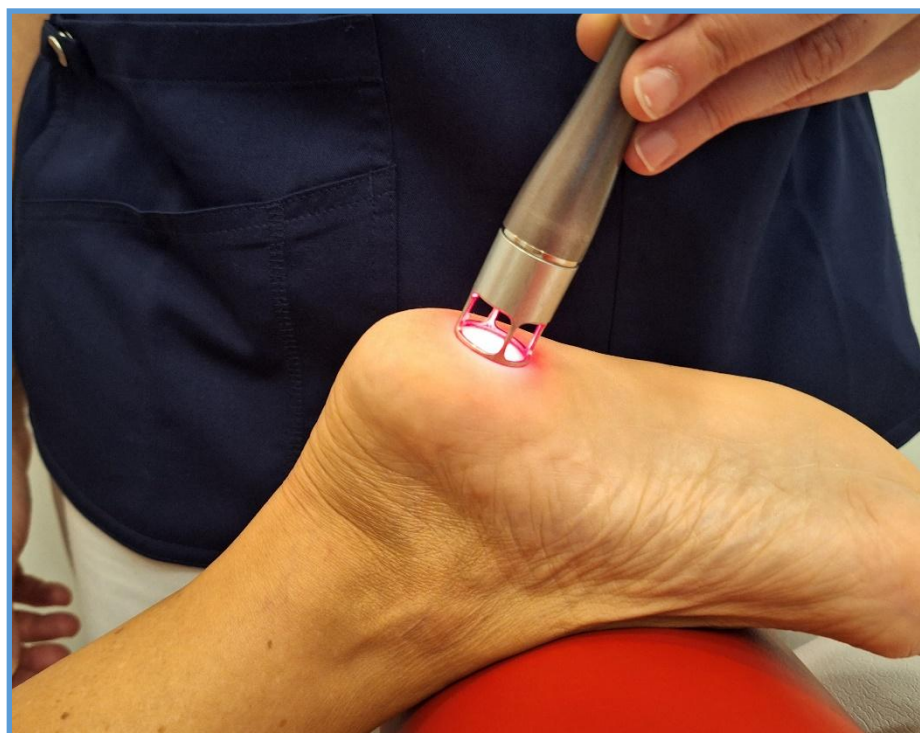
Pole powierzchni zabiegowej było ustalane indywidualnie dla każdego pacjenta zależnie od pola powierzchni strony podeszwowej pięty.

Osoby przypisane do grupy trzeciej otrzymały terapię łączącą HILT oraz RSWT. Jedna sesja składała się z dawki analgetycznej o mocy 10 W i gęstości energii 12 J/cm², po której bezpośrednio została wykonana aplikacja RSWT z metodyką opisaną przy grupie pierwszej. We wszystkich badanych grupach zabiegi wykonywano w pozycji leżącej pacjenta na brzuchu, z półwałkiem pod stawami skokowo-goleniowymi.

Trzecia część badania obejmowała kontrolę pacjentów z zastosowaniem kwestionariusza z pierwszej wizyty do oceny długoterminowych efektów terapii po upływie sześciu miesięcy od zakończenia terapii.



Rycina 8. Wykonanie zabiegu HILT na okolicę podeszwową pięty. Źródło: opracowanie własne



Rycina 9. Wykonanie zabiegu RSWT na okolicę podeszwową pięty. Źródło: opracowanie własne

5.1 Kryteria włączenia i wyłączenia

Kryteria włączenia do badania:

1. Wiek >18 r.ż.
2. Świadoma zgoda pacjenta na udział w badaniu.
3. Brak przeciwwskazań do terapii z zakresu fizykoterapii.
4. Wynik badania obrazowego (RTG lub USG lub MRI lub CT) potwierdzający występowanie entezopatii w okolicy rozcięgna podeszwowego.
5. Brak jakichkolwiek form terapii entezopatii rozcięgna podeszwowego w ciągu 6 miesięcy przed udziałem w badaniu.
6. Odczuwanie bólu związanego z entezopatią rozcięgna podeszwowego o nasileniu od 5 do 10 na skali VAS (ang. Visual Analogue Scale).

Kryteria wyłączenia:

1. Wiek <18 r.ż.
2. Brak świadomej zgody pacjenta na udział w badaniu.
3. Przeciwwskazania do wykonywania zabiegów fizykalnych (np. obecna lub przebyta choroba nowotworowa, ciąża).
4. Pacjenci ze stałą stymulacją serca lub innymi wszczepionymi implantami elektronicznymi.
5. Stosowanie innych form terapii (iniekcje w okolicy rozcięgna, inne zabiegi fizjoterapeutyczne) mających wpływ na odczuwanie bólu i stan entezopatii w okolicy rozcięgna podeszwowego lub iniekcja kortykosteroidów w okresie 6 miesięcy przed badaniem.
6. Trwające leczenie przeciwzakrzepowe albo inne przyczyny zaburzonej krzepliwości krwi.
7. Występowanie układowych chorób tkanki łącznej.

5.2 Metody badawcze

5.2.1 Kwestionariusz oceny funkcjonalnej

Zastosowany kwestionariusz w badaniu stanowiącym kanwę prezentowanej dysertacji składał się z 16 pytań podzielonych na trzy podskale, umożliwiające ocenianie: bólu (7 pytań), sztywności (2 pytania) oraz wybranych możliwości funkcjonalnych (aktywności fizycznej) (7 pytań). Wszystkie wybrane pytania były tak skonstruowane by umożliwiły ocenę wpływu odczuwanych dolegliwości (bólu, sztywności) związanych z występowaniem entezopatii rozciągnięcia podszewowego, na możliwości funkcjonalne i fizyczne badanego. Kwestionariusz wypełniał pacjent samodzielnie, pod kontrolą badacza.

Opisany kwestionariusz został skonstruowany w oparciu o model *The Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index* (WOMAC), który jest stosowany w celu oceny bólu, sztywności i ograniczeń w funkcjonowaniu fizycznym u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów, głównie biodrowych i kolanowych. W oryginale składa się z 24 pytań podzielonych na trzy podskale oceniających: ból (5 pytań), sztywność (2 pytania) i aktywność fizyczną (17 pytań), służąc tym samym do monitorowania postępu choroby oraz skuteczności leczenia. Kwestionariusz WOMAC został opublikowany w 1988 roku przez Bellamy'ego i współpracowników.

5.2.2 Skala VAS i NRS

Skala VAS jest 10 centymetrową linią bez numeracji lub oznaczeń graficznych. Na przeciwległych końcach linii występują następujące frazy: „brak bólu” i „najgorszy ból, jaki można sobie wyobrazić”. Skala NRS jest również 10 centymetrową linią wzbogaconą o 11 punktów ponumerowanych od 0 do 10. Tak jak w przypadku skali VAS, na obu końcach widnieją frazy opisujące nasilenie bólu. Aby uniknąć sugestii dotyczących różnic między skalami VAS i NRS, obie skale przedstawiono oddzielnie, pomiędzy nimi pacjent był proszony o wypełnienie skali bólu Laitinen'a. Zmiana w skali VAS i NRS wynosząca 20% pomiędzy dwoma punktami czasowymi oceny jest uznawana za klinicznie istotną [151, 152].

5.2.3 Kwestionariusz bólu Laitinen'a

Kwestionariusz bólu Laitinena został również użyty do oceny wielowymiarowego wpływu bólu na stan pacjenta. Kwestionariusz składa się z czterech pytań w skali porządkowej dotyczących intensywności bólu, częstotliwości bólu, częstotliwości stosowania środków przeciwbólowych i ograniczenia codziennej aktywności. Pacjent udziela odpowiedzi na 5-stopniowej skali pytań, których odpowiedzi zostały oznaczone w zakresie od 0 do 4 wraz z dodatkowym wyjaśnieniem obok numeru. W LPQ 0 oznacza brak bólu, brak stosowania środków przeciwbólowych i brak ograniczenia codziennej aktywności. Ciągły, nie do zniesienia ból, o ciągłej częstotliwości, stałe wysokie dawki środków przeciwbólowych i konieczność otrzymania pełnej pomocy z powodu ograniczeń aktywności ruchowej są oznaczone numerem 4 [153, 154].

5.3 Statystyka

Obliczenia wykonano z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA), wersja 13.3 PL.

Charakterystykę grupy badanej przedstawiono z wykorzystaniem statystyk opisowych. Zmienne ilościowe przedstawiono jako średnią i odchylenie standardowe lub medianę i rozstęp, a zmienne jakościowe opisano za pomocą licznosci i wartości procentowych (%).

Weryfikację rozkładu przeprowadzono za pomocą testu normalności Shapiro-Wilka.

W celu porównania rozkładu kategorii osiągniętego stopnia redukcji nasilenia dolegliwości bólowych pomiędzy trzema grupami zastosowano test niezależności chi-kwadrat Pearsona. W celu oceny wielkości efektu zastosowano V Craméra.

Do wyjściowej oceny różnic między grupami (między trzema zmiennymi niepowiązanymi) dla danych o rozkładzie zgodnym z normalnym została wykorzystana analiza wariancji ANOVA (F). Do oceny wielkości efektu wykorzystano współczynnik cząstkowy eta-kwadrat (η^2). Dla danych, które nie spełniały założenia normalności zastosowano test Kruskala-Wallisa (H). Do oceny wielkości efektu wykorzystano współczynnik epsilon-kwadrat (ϵ^2).

W celu oceny wpływu rodzaju zastosowanej interwencji oraz zmian obserwowanych parametrów w czasie zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji z powtarzanym pomiarem (F). Czynniki międzygrupowy stanowił typ interwencji, natomiast czynnikiem wewnątrzgrupowym był czas. W analizie uwzględniono także interakcję efektów głównych (czas $\times$ grupa). Wielkość efektu szacowano z wykorzystaniem współczynnika cząstkowego eta-kwadrat (η^2). W przypadku uzyskania istotnych statystycznie efektów głównych przeprowadzono analizę post hoc z zastosowaniem testu t dla prób zależnych, z zastosowaną korektą Bonferroniego ($\alpha = 0,0167$).

Przed analizą statystyczną dane zweryfikowano pod kątem braków i obserwacji odstających. W przypadkach niekompletnych (braki w kwestionariuszach, rezygnacja z udziału, niezgłoszenie się na wizytę kontrolną) nie stosowano imputacji danych.

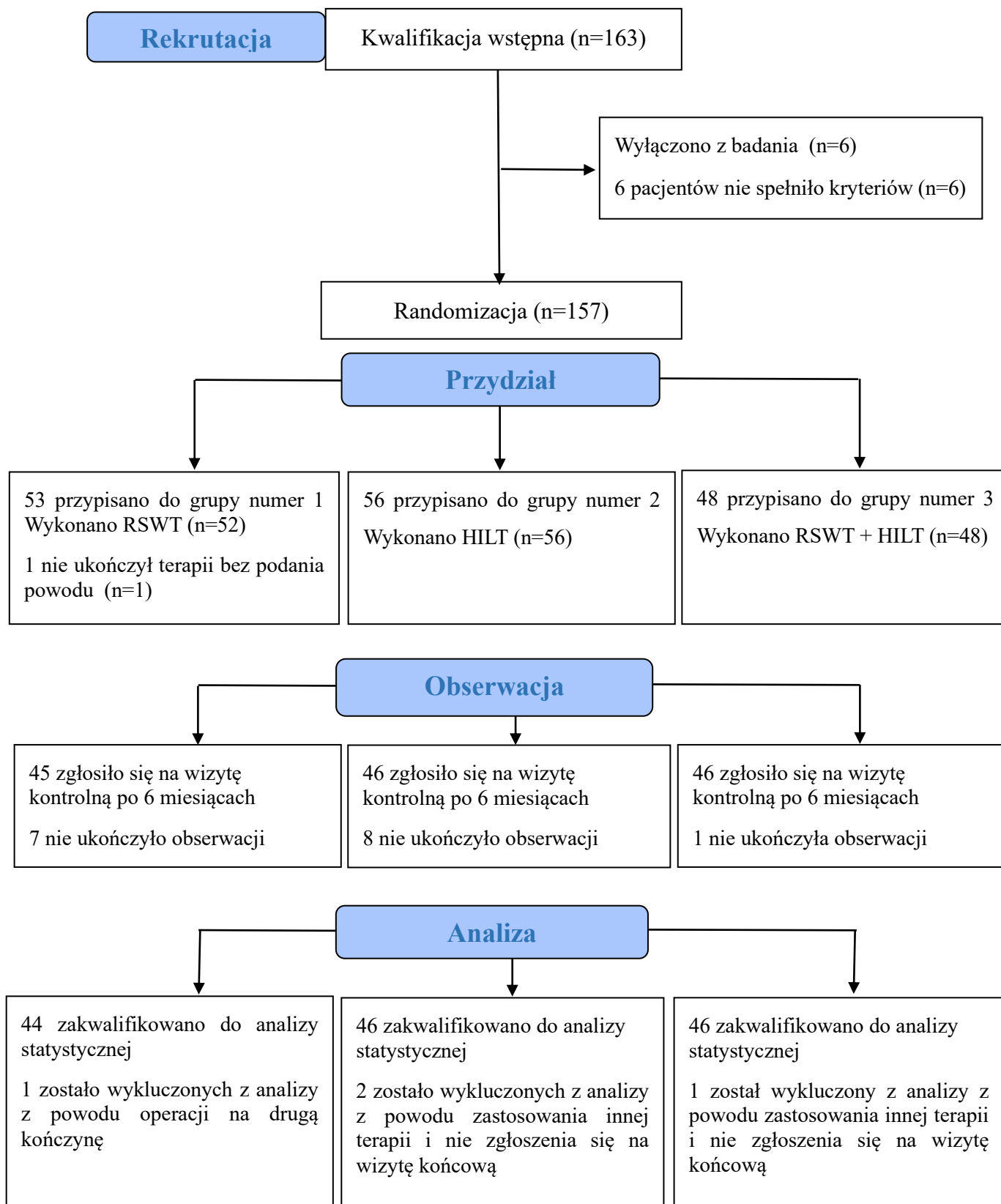
W celu określenia kierunku i siły powiązania między zmiennymi wykonano analizę korelacji z zastosowaniem współczynnika korelacji rang Spearmana (ρ).

Za różnice znaczące statystycznie uznano takie, przy których otrzymana wartość prawdopodobieństwa wynosiła $< 0,05$.

6. Wyniki

Na etapie rekrutacji zdyskwalifikowano łącznie 6 osób. Powodem wykluczenia z udziału w badaniu był ból w okolicy innej niż rozciągno podeszwowe (n=4), brak badań obrazowych (n=1) oraz ból niecharakterystyczny dla entezopatii rozciągną podeszwowego w połączeniu z dodatnim testem ścisku kości piętowej (n=1). Do badania zakwalifikowano ostatecznie 157 osób, z których 136 ukończyło wszystkie etapy badania, a uzyskane przez nich wyniki poddano opracowaniu statystycznemu. Z analizy statystycznej wykluczono 4 osoby w związku z przebytą w okresie obserwacji interwencją chirurgiczną przeciwnej kończyny dolnej (n=1) oraz zastosowaniem w trakcie badania innej terapii i pominięciem wizyty końcowej (n=3). Schemat doboru i udziału pacjentów w badaniu przedstawiono na rycinie 10.

Do oceny wyjściowych danych demograficznych włączono wszystkich zakwalifikowanych pacjentów. Szczegółowe wyniki dla każdej z grup przedstawiono w tabeli 1. Nie zaobserwowano różnic pomiędzy grupami (Tabela 2). Zdecydowaną większość pacjentów poddanych terapii stanowiły kobiety (77,63%). Średni wzrost pacjentów wynosił 1,66 m przy medianie BMI wynoszącej 28,86. Nadmiar masy ciała u pacjentów mieścił się w zakresie nadwagi lub otyłości I, II stopnia lub III stopnia (Rycina 11). W badanej populacji nie stwierdzono dominacji występowania bólu po stronie prawej lub lewej, jednak u większości pacjentów dolegliwości bólowe były jednostronne (84,87%). Większość pacjentów stanowiły osoby w wieku powyżej 50 lat, do badania nie zgłosił się żaden pacjent z PF poniżej 30 r.ż. Najmłodsi pacjenci należeli do przedziału wiekowego pomiędzy 30 a 49 r.ż. (Rycina 12).



Rycina 10. Schemat badania opracowany na podstawie wytycznych CONSORT.

Tabela 1. Charakterystyka wstępna grupy badanej

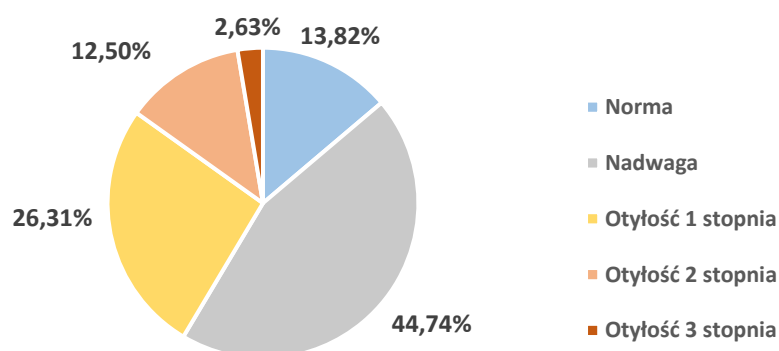
Parametr	RSWT n= 51	HILT n=47	RSWT + HILT n= 54	Razem n=152
Wiek (lata; średnia (SD))	54,08 (10,39)	58,28 (11,06)	57,04 (9,45)	56,46 (10,37)
Waga (kg; średnia (SD))	82,47 (14,45)	81,19 (14,37)	82,41 (17,27)	82,05 (15,40)
Wzrost (cm; średnia (SD))	1,66 (0,07)	1,66 (0,08)	1,66 (0,10)	1,66 (0,08)
BMI (średnia; (SD))	29,8 (4,56)	29,21 (4,44)	30,0 (5,35)	29,7 (4,84)
Płeć:				
(kobiety; n (%))	39 (76,47%)	33 (70,21%)	46 (85,18%)	118 (77,63%)
(mężczyźni; n (%))	12 (23,53%)	14 (29,79%)	8 (14,82%)	34 (22,37%)
Strona dominująca bólowo:				
(prawa; n (%))	21 (41,18%)	27 (57,45%)	30 (55,56%)	78 (51,32%)
(lewa; n (%))	30 (58,82%)	20 (42,55%)	24 (44,45%)	74 (48,68%)
Lokalizacja bólu:				
(jednostronna; n (%))	43 (84,31%)	40 (85,11%)	46 (85,18%)	129 (84,87%)
(obustronna; n (%))	8 (15,69%)	7 (14,89%)	8 (14,82%)	23 (15,13%)
Czas trwania objawów (miesiące; średnia (SD))	6,79 (5,64)	5,19 (6,94)	6,29 (9,11)	6,12 (7,43)

Skróty: RSWT – radial shockwave therapy, HILT – high-intensity laser therapy

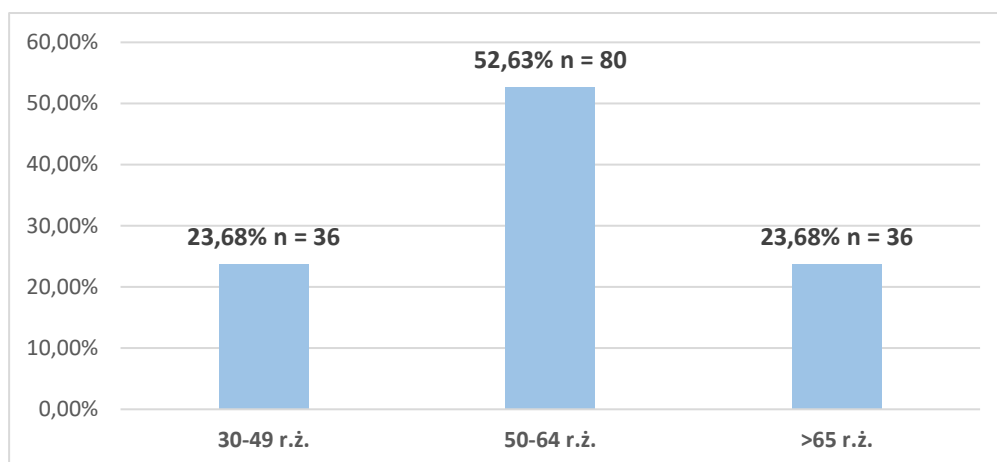
Tabela 2. Analiza międzygrupowa wyjściowych parametrów

Parametr	F / H	p	η^2 / ε^2
Wiek	2.184*	0.1162	0.0285*
Waga	0.148	0.9286	-0.0124
Wzrost	1.433	0.4886	-0.0038
BMI	0.227	0.8926	-0.0119
VAS	2.724*	0.0689	0.0353*
NRS	3.65	0.1612	0.0111
LPQ Ból	4.826	0.0896	0.0190
LPQ Częst. Bólu	4.486	0.1061	0.0167
LPQ Stosowanie leków	0.059	0.9709	-0.0130
LPQ Ograniczenie aktywności	0.95	0.6218	-0.0070
KF Ból	3.402*	0.0359	0.0437*
KF Sztywność	1.469	0.4796	-0.0036
KF Czynności	3.09*	0.0484	0.0398*

Skróty: F – wartość F analizy wariancji ANOVA, H - Test Kruskala-Wallisa, p – prawdopodobieństwo testowe, η^2 - miara wielkości efektu, ε^2 - miara siły efektu, BMI – Body Mass Index, VAS – Visual Analogue Scale, NRS – Numerical Rating Scale, LPQ – Laitinen Pain Questionnaire, KF – Kwestionariusz Funkcjonalny. Gwiazdką zaznaczono wartość statystyki F i wartość współczynnika η^2 .



Rycina 11. Rozkład BMI u pacjentów zrekrutowanych do badania



Rycina 12. Rozkład wieku w badanej populacji

6.1 Pierwszorzędowe punkty końcowe

Poziom natężenia dolegliwości bólowych przed rozpoczęciem terapii w skali VAS i NRS był porównywalny pomiędzy grupami. Nie zaobserwowano związku między nasileniem dolegliwości bólowych a parametrami oceny demograficznej. We wszystkich grupach zaobserwowano istotną statystycznie ($p < 0,001$) i klinicznie redukcję nasilenia dolegliwości bólowych w czasie w skali VAS (Tabela 3) i NRS (Tabela 4). Między grupami nie wystąpiły znaczące różnice w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych. Wartości średnie wraz z odchyleniem standardowym nasilenia dolegliwości bólowych zostały przedstawione na wykresach ramka wąsy dla skali VAS (Rycina 13) oraz skali NRS (Rycina 14).

Tabela 3. Zmiany nasilenia dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej - VAS

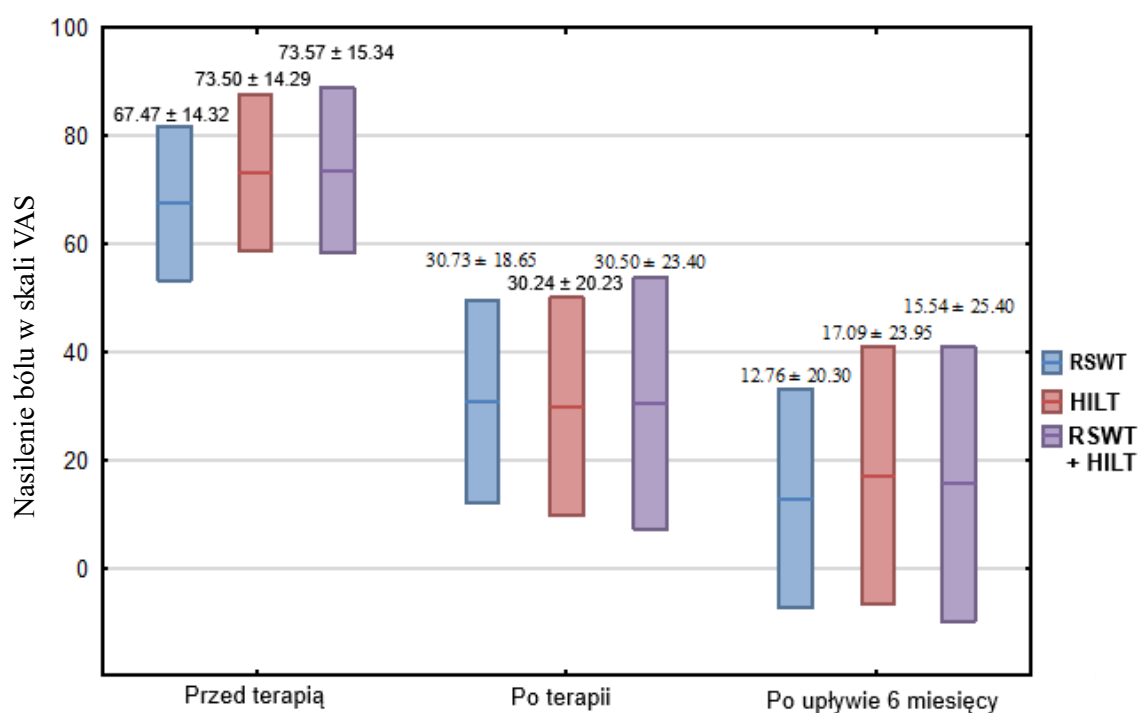
efekt	F	p	η^2	Post hoc
Grupa	0,832	0,437	0,01	-
Czas	413,780	<0,001	0,74	a,b,c
Czas*Grupa	0,610	0,656	0,01	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, η^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b:1vs3, c:2vs3

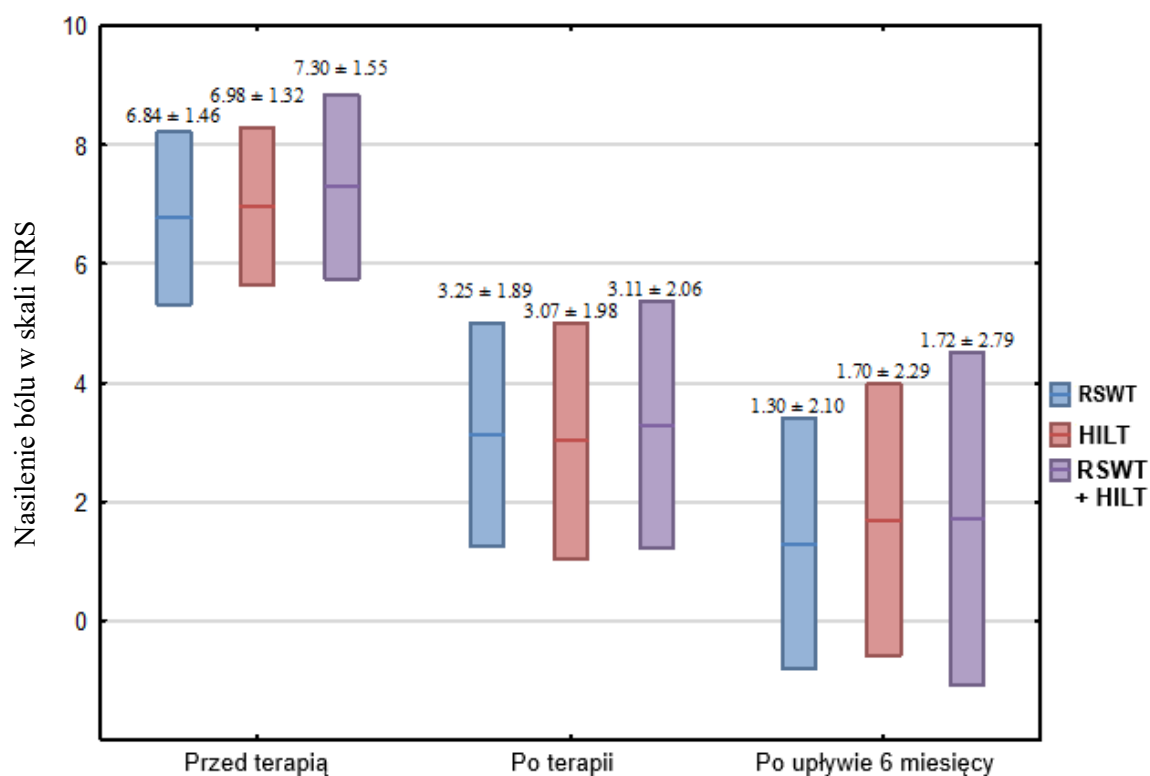
Tabela 4. Zmiany nasilenia dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej - NRS

efekt	F	p	ηp^2	Post hoc
Grupa	0,356	0,700	0,01	-
Czas	358,655	<0,001	0,73	a,b,c
Czas*Grupa	0,569	0,685	0,01	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, ηp^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b:1vs3, c:2vs3



Rycina 13. Nasilenie dolegliwości bólowych w skali VAS w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)



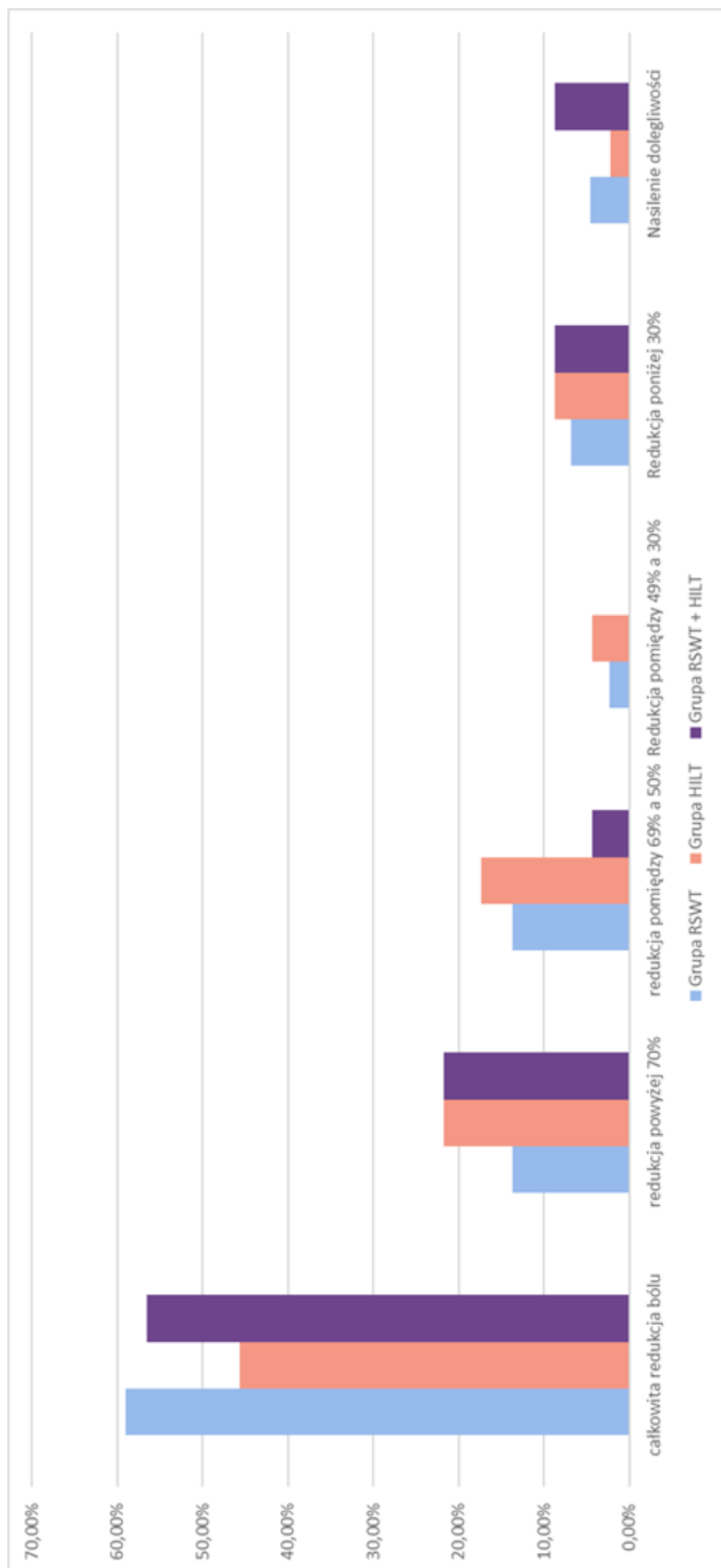
Rycina 14. Nasilenie dolegliwości bólowych w skali NRS w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

Po upływie 6 miesięcy spośród osób, które zgłosiły się na wizytę kontrolną, u 84,56% osiągnięto redukcję bólu o co najmniej 50% względem wartości wyjściowych. Ponad połowa pacjentów w grupach RSWT i RSWT+HILT zgłosiła całkowitą redukcję natężenia dolegliwości bólowych, natomiast w grupie HILT brak bólu po zakończeniu obserwacji zgłosiło 21 z 46 pacjentów. Redukcję nasilenia bólu w skali VAS pomiędzy 49% a 30% zgłosiło łącznie 3 pacjentów z badanej populacji. Brak redukcji nasilenia dolegliwości bólowych lub zmniejszenie bólu o mniej niż 30% w skali VAS zgłosiło łącznie 11 pacjentów poddanych jednej z trzech terapii. Nasilenie dolegliwości bólowych bez innych efektów ubocznych terapii oraz brak ich zmniejszenia w czasie został zgłoszony przez 7 pacjentów. Nie zaobserwowano istotnego związku pomiędzy poziomem redukcji nasilenia dolegliwości bólowych w skali VAS a zastosowaną terapią. Nie zaobserwowano istotnej statystycznie różnicy w liczbie pacjentów w poszczególnych podgrupach redukcji natężenia bólu, w zależności od interwencji. Szczegółowy procentowy rozkład redukcji natężenia dolegliwości bólowych po upływie 6 miesięcy został zaprezentowany w tabeli 5 oraz na rycinie 15.

Tabela 5. Redukcja nasilenia bólu w skali VAS względem wartości wyjściowej: struktura procentowa po obserwacji w trzech grupach

		$\chi^2(10) = 9,45$	$p = 0,490$	$V = 0,186$	
Poziom redukcji natężenia dolegliwości bólowych w skali VAS		RSWT	HILT	RSWT + HILT	Razem
Całkowita redukcja	Liczba pacjentów	26	21	26	73
	% z grupy	59,09%	45,65%	56,52%	
	% z kategorii redukcji	35,62%	28,77%	35,62%	
	% z całości	19,12%	15,44%	19,12%	53,68%
Redukcja bólu o 99-70%	Liczba pacjentów	6	10	10	26
	% z grupy	13,64%	21,74%	21,74%	
	% z kategorii redukcji	23,08%	38,46%	38,46%	
	% z całości	4,41%	5,88%	1,47%	19,12%
Redukcja bólu o 69-50%	Liczba pacjentów	6	8	2	16
	% z grupy	13,64%	17,39%	4,35%	
	% z kategorii redukcji	37,50%	50,00%	12,50%	
	% z całości	4,41%	5,88%	1,47%	11,76%
Redukcja bólu o 49-30%	Liczba pacjentów	1	2	0	3
	% z grupy	2,27%	4,35%	0,00%	
	% z kategorii redukcji	33,33%	66,67%	0,00%	
	% z całości	0,74%	1,47%	0,00%	2,21%
Redukcja bólu poniżej 30%	Liczba pacjentów	3	4	4	11
	% z grupy	6,82%	8,70%	8,70%	
	% z kategorii redukcji	27,27%	36,36%	36,36%	
	% z całości	2,21%	2,94%	2,94%	8,09%
Nasilenie natężenia bólu	Liczba pacjentów	2	1	4	7
	% z grupy	4,55%	2,17%	8,70%	
	% z kategorii redukcji	28,57%	14,29%	57,14%	
	% z całości	1,47%	0,74%	2,94%	5,15%

Skróty χ^2 - test niezależności chi-kwadrat Pearsona, V – współczynnik V Craméra, p – poziom istotności



Rycina 15. Procentowy udział pacjentów w kategoriach zmiany nasilenia bólu (VAS) po zakończeniu obserwacji względem stanu wyjściowego (T3 vs T1) — porównanie trzech grup (RSWT, HILT, RSWT+HILT)

We wszystkich badanych grupach zaobserwowano istotną redukcję nasilenia dolegliwości bólowych w czasie, ocenianych w pierwszej sekcji LPQ (Tabela 6). Odnotowane w LPQ nasilenie dolegliwości bólowych wykazało związek z wartościami zaobserwowanymi na skalach VAS i NRS na wszystkich etapach badania ($p < 0,001$). Zauważono także istotną redukcję w czasie w zakresie częstotliwości występowania dolegliwości bólowych odczuwanych przez pacjentów w ciągu dnia. Pomiędzy badanymi grupami nie zaobserwowano statystycznie istotnej różnicy w zakresie redukcji częstotliwości występowania dolegliwości bólowych (Tabela 7). Wraz z poprawą obrazu klinicznego pacjentów odnotowano zmniejszenie zapotrzebowania na stosowanie leków przeciwbólowych, które było istotne statystycznie wyłącznie pomiędzy oceną przed rozpoczęciem terapii a wizytą kontrolną bezpośrednio po zakończeniu terapii (Tabela 8). Pomiędzy grupami badanymi nie zauważono istotnej statystycznie różnicy w zakresie częstotliwości stosowania leków.

Tabela 6. Zmiany nasilenia dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej – LPQ

efekt	F	P	ηp^2	Post hoc
Grupa	1,155	0,318	0,01	-
Czas	273,966	<0,001	0,67	a,b,c
Czas*Grupa	1,394	0,236	0,02	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, ηp^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b: 1vs3, c: 2vs3

Tabela 7. Zmiany częstotliwości występowania dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej – LPQ

efekt	F	P	ηp^2	Post hoc
Grupa	0,787	0,457	0,01	-
Czas	267,696	<0,001	0,67	a,b,c
Czas*Grupa	1,473	0,210	0,02	-

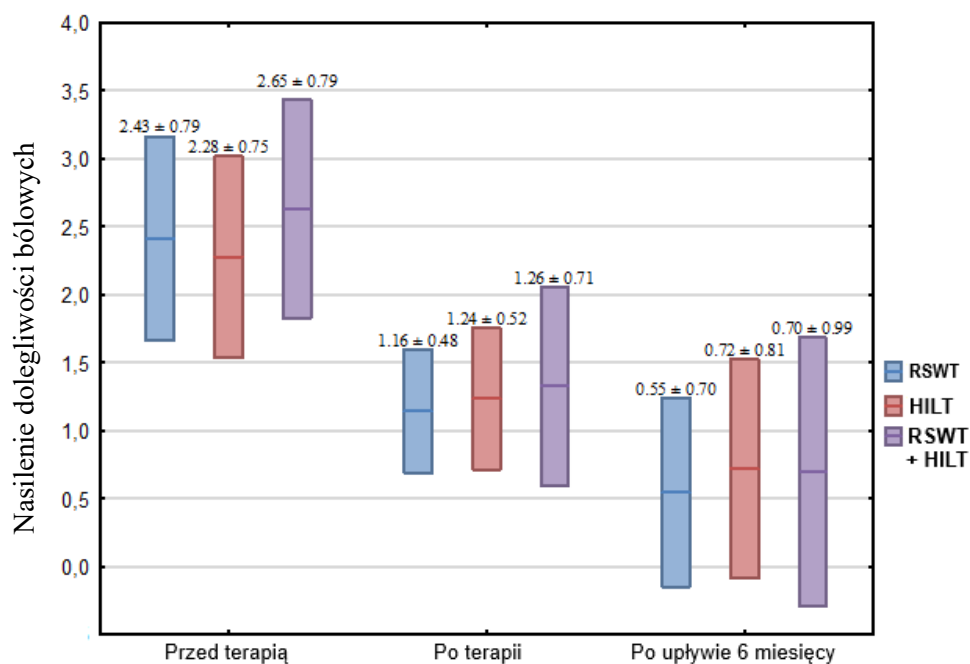
Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, ηp^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b: 1vs3, c: 2vs3

Tabela 8. Zmiany częstotliwości stosowania leków przeciwbólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej – LPQ

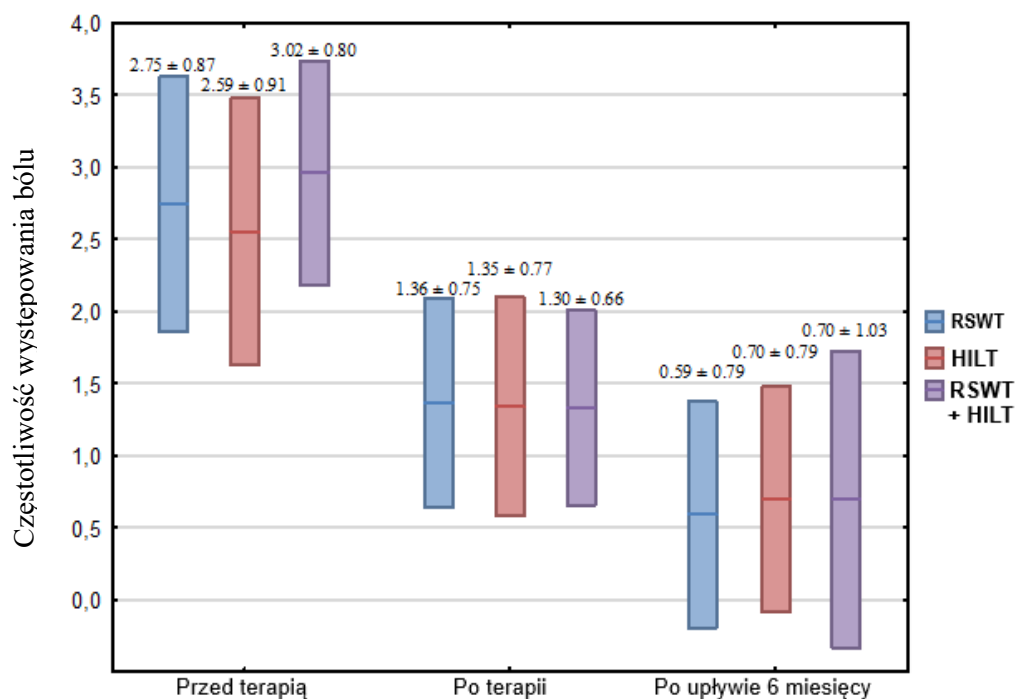
efekt	F	P	ηp^2	Post hoc
Grupa	0,266	0,766	0,004	-
Czas	60,530	<0,001	0,31	a,b
Czas*Grupa	0,254	0,906	0,003	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, ηp^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b: 1vs3, c: 2vs3

Wartości średnie stopniowej poprawy w zakresie nasilenia jak i częstotliwości występowania dolegliwości bólowych w LPQ przedstawiono na rycinach 16 i 17.

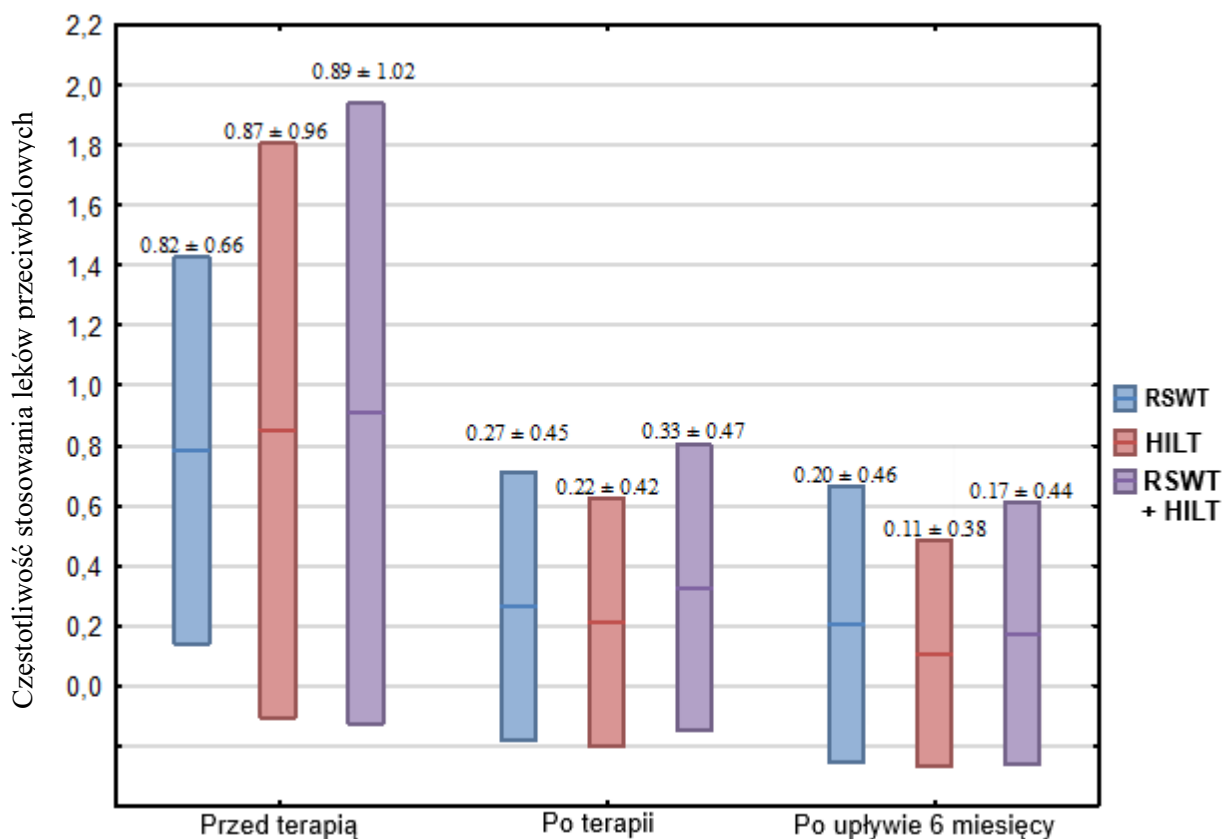


Rycina 16. Nasilenie dolegliwości bólowych w LPQ w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnia i odchylenie standardowe)



Rycina 17. Częstotliwość występowania dolegliwości bólowych w LPQ trzech grup badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

Większość pacjentów korzystająca z różnych form farmakoterapii w celu redukcji odczuwanego bólu wymagała jedynie doraźnej aplikacji leku. Część pacjentów przed rozpoczęciem terapii mimo odczuwanych dolegliwości bólowych nie wymagała korzystania z farmakoterapii. Bezpośrednio po terapii jak i po upływie 6 miesięcy zapotrzebowanie na stosowanie leków przeciwbólowych było podobne (Rycina 18).



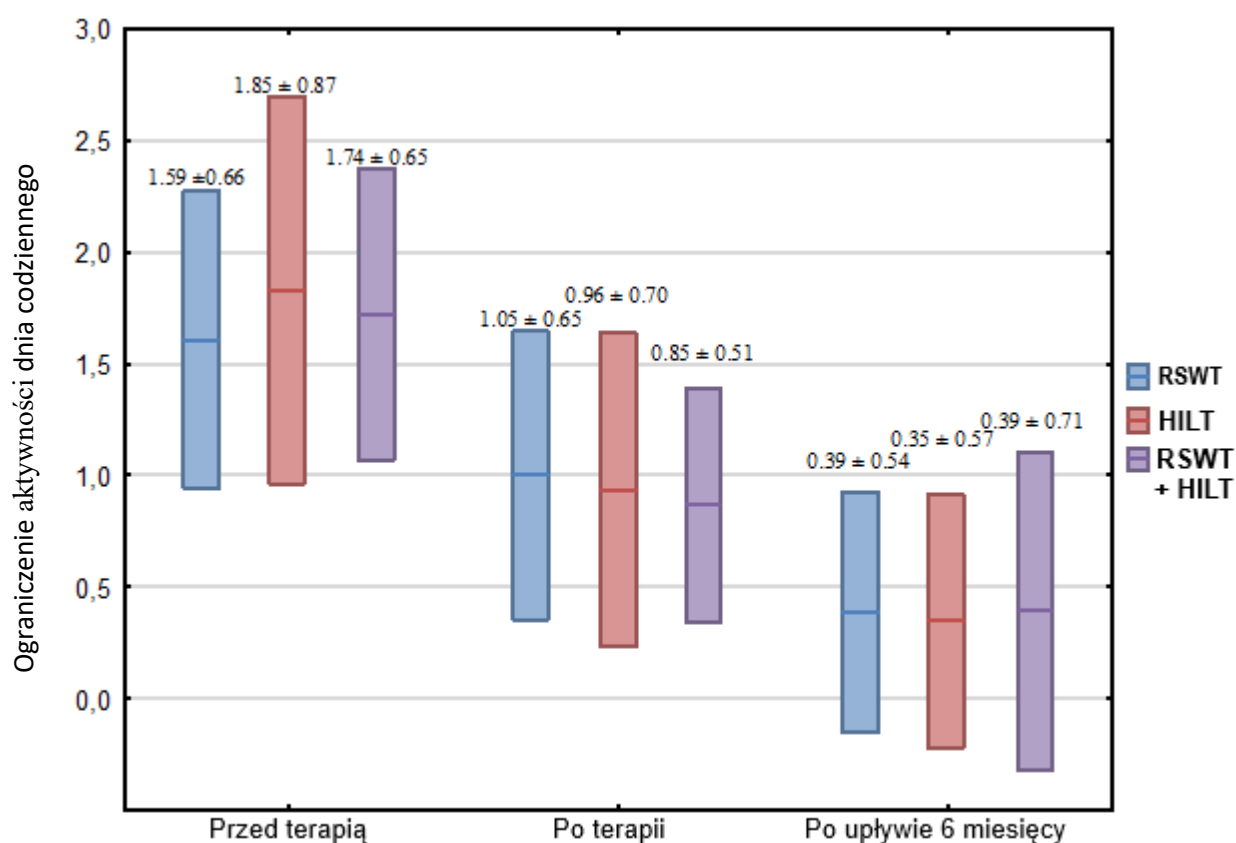
Rycina 18. Częstotliwość stosowania leków przeciwbólowych w LPQ trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

Zaobserwowano w LPQ istotną statystycznie poprawę w czasie w zakresie wykonywania aktywności dnia codziennego, niezależnie od grupy badanej (Tabela 9). Przed terapią nie zgłaszano istotnych ograniczeń funkcjonalnych wynikających z dolegliwości bólowych. W pierwszym punkcie czasowym zaobserwowano jedynie utrudnienie codziennego funkcjonowania oraz wykonywania czynności związanych z pracą związanego z bólem RP. Po zakończeniu obserwacji większość pacjentów nie zgłaszała ograniczenia aktywności fizycznej (Rycina 19).

Tabela 9. Zmiany ograniczenia aktywności fizycznej w LPQ w czasie z uwzględnieniem grupy badanej

efekt	F	P	η^2	Post hoc
Grupa	0,191	0,825	0,003	-
Czas	192,344	<0,001	0,59	a,b,c
Czas*Grupa	1,676	0,155	0,02	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, η^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b:1vs3, c:2vs3



Rycina 19. Ograniczenie aktywności dnia codziennego w LPQ w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

6.2 Drugorzędowe punkty końcowe

W sekcji pierwszej kwestionariusza dotyczącej natężenia dolegliwości bólowych w trakcie określonych czynności dnia codziennego zaobserwowano istotną statystycznie ($p < 0,001$) redukcję nasilenia bólu pomiędzy trzema punktami czasowymi bez istotnej różnicy pomiędzy badanymi grupami (Tabela 10). Z analizy zostało wykluczone pytanie dotyczące nasilenia bólu w trakcie prowadzenia samochodu ze względu na brak wykonywania wspomnianej czynności przez wszystkich pacjentów w badanej populacji. W obrębie wszystkich określonych przez kwestionariusz czynności zauważono istotną poprawę pomiędzy badanymi punktami czasowymi we wszystkich trzech grupach (Tabela 11). Sumaryczne wyniki natężenia dolegliwości bólowych w trakcie określonych czynności dnia codziennego oraz każde pytanie osobno wykazały istotny statystycznie związek z wynikami na skalach VAS i NRS we wszystkich punktach kontrolnych ($p < 0,000$). Wyjściowa średnia sumaryczna ocena natężenia dolegliwości bólowych w trakcie określonych czynności dnia codziennego mieściła się w przedziale od 14 do ponad 16 punktów w badanych grupach. Bezpośrednio po zakończeniu terapii zaobserwowano redukcję do około 7 punktów we wszystkich badanych grupach. Po upływie 6 miesięcy od zakończenia terapii odnotowano dalszy spadek sumarycznej oceny nasilenia dolegliwości bólowych podczas wykonywania czynności dnia codziennego (Rycina 20).

Tabela 10. Zmiany sumarycznej oceny nasilenia dolegliwości bólowych w trakcie wykonywania określonych czynności dnia codziennego w kwestionariuszu funkcjonalnym w czasie z uwzględnieniem grupy badanej

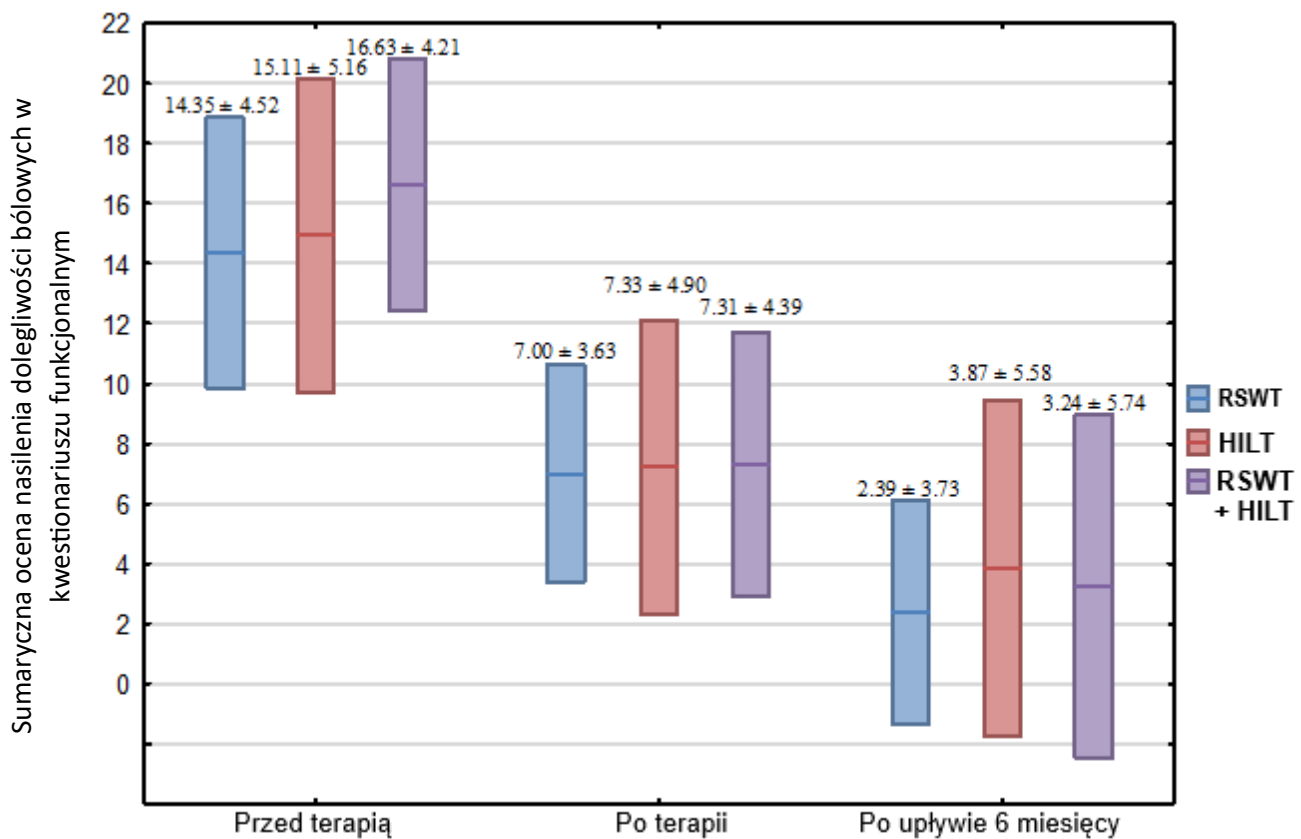
efekt	F	P	ηp^2	Post hoc
Grupa	1,567	0,212	0,02	-
Czas	376,005	<0,001	0,72	a,b,c
Czas*Grupa	1,431	0,223	0,02	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, ηp^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b:1vs3, c:2vs3

Tabela 11. Nasilenie dolegliwości bólowych podczas wykonywania czynności dnia codziennego w kolejnych punktach czasowych w trzech grupach badanych

Ocena dolegliwości bólowych przed terapią	RSWT n = 44	HILT n = 46	HILT + RSWT n = 46
Chodzenie po płaskiej powierzchni (M; IQR)	2(1)	3(1)	3(1)
Chodzenie po nierównej nawierzchni (M; IQR)	2(1)	3(1)	3(2)
Bieganie (M; IQR)	3(2)	3(2)	3(1)
Pierwsze kroki po odpoczynku nocnym (M; IQR)	3(2)	3(2)	4(1)
Pierwsze kroki po >30 min siedzenia (M; IQR)	3(1)	3(2)	3(2)
W spoczynku (M; IQR)	1(2)	1(2)	1(1)
Ocena dolegliwości bólowych bezpośrednio po terapii			
Chodzenie po płaskiej powierzchni (M; IQR)	1(1)	1(1)	1(1)
Chodzenie po nierównej nawierzchni (M; IQR)	1(1)	1(1)	1(1)
Bieganie (M; IQR)	1(1)	1(1)	1(1)
Pierwsze kroki po odpoczynku nocnym (M; IQR)	1(1)	1(1)	1(1)
Pierwsze kroki po >30 min siedzenia (M; IQR)	1(1)	1(1)	1(1)
W spoczynku (M; IQR)	1(1)	0(1)	1(1)
Ocena dolegliwości bólowych po upływie 6 miesięcy od zakończenia terapii			
Chodzenie po płaskiej powierzchni (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Chodzenie po nierównej nawierzchni (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Bieganie (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Pierwsze kroki po odpoczynku nocnym (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1,75)
Pierwsze kroki po >30 min siedzenia (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
W spoczynku (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(0)

Skróty: M – mediana, IQR – rozstęp międzykwartyłowy, RSWT – radial shockwave therapy, HILT – high-intensity laser therapy



Rycina 20. Nasilenie dolegliwości bólowych w trakcie wykonywania określonych czynności dnia codziennego w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

Największa sztywność zgłaszana przez pacjentów występowała bezpośrednio po przebudzeniu. Wraz z aktywnością w ciągu dnia uczucie sztywności odczuwane przez pacjentów ulegało redukcji. Zaobserwowano istotną redukcję sumarycznego wyniku uczucia sztywności we wszystkich grupach badanych bez istotnych różnic pomiędzy nimi (Tabela 12). Niepełna redukcja uczucia sztywności była obserwowana już bezpośrednio po zakończeniu terapii. Wraz z upływem czasu zaobserwowano dalszą poprawę, która utrzymała się przez okres ponad 6 miesięcy (Tabela 13) we wszystkich grupach. Wyjściowa średnia sumaryczna ocena nasilenia uczucia sztywności mieściła się w pomiędzy 2 a 3 punktami. Bezpośrednio po zakończeniu terapii odnotowano niepełną redukcję uczucia sztywności. Po upływie 6 miesięcy od zakończenia terapii średnia wartość sumaryczna nasilenia uczucia sztywności nie przekroczyła 1 pkt we wszystkich grupach badanych (Rycina 21).

Tabela 12. Zmiany sumarycznej oceny nasilenia uczucia sztywności w kwestionariuszu funkcjonalnym w czasie z uwzględnieniem grupy badanej

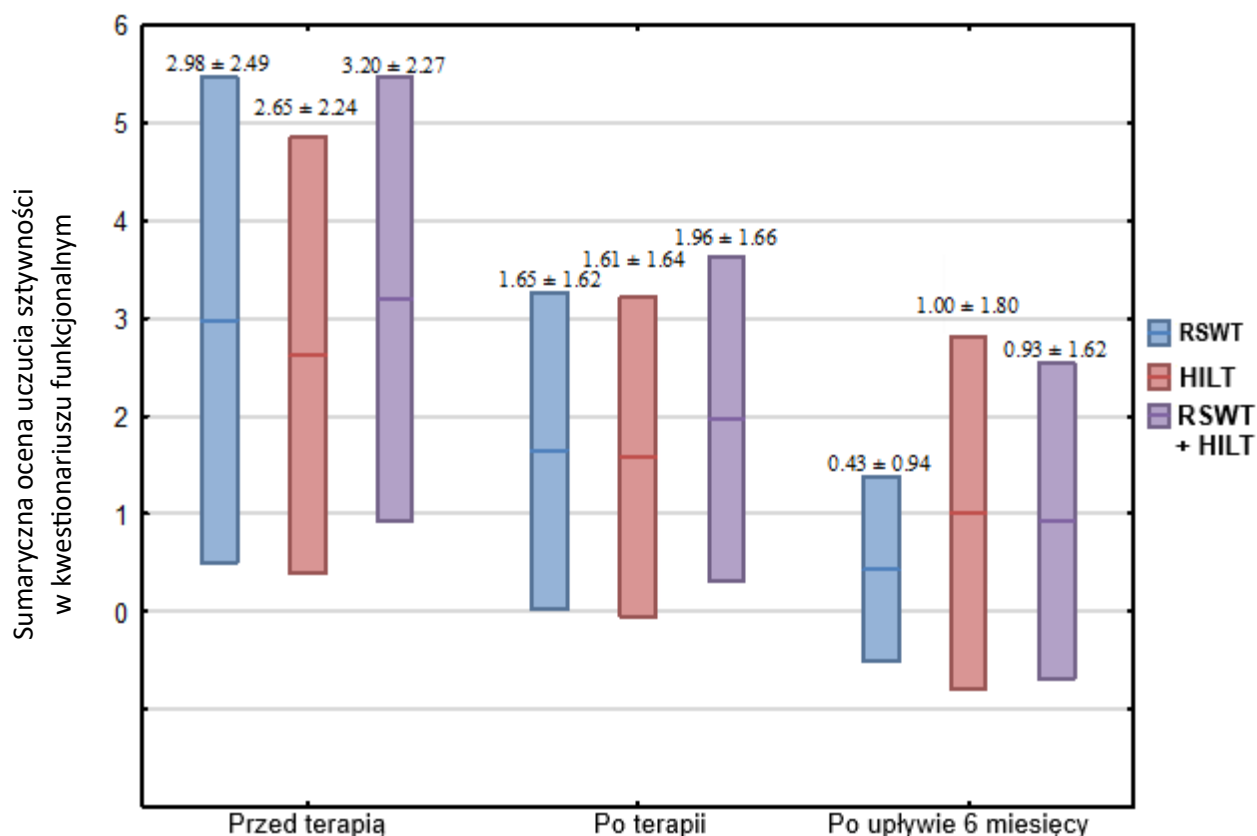
efekt	F	P	η^2	Post hoc
Grupa	0,868	0,421	0,01	-
Czas	81,167	<0,001	0,35	a,b,c
Czas*Grupa	1,217	0,303	0,02	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, η^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b:1vs3, c:2vs3

Tabela 13. Nasilenie sztywności odczuwane przez pacjentów rano oraz w ciągu dnia w kolejnych punktach czasowych w trzech grupach badanych

Ocena nasilenia sztywności przed terapią	RSWT n = 44	HILT n = 46	HILT + RSWT n = 46
Sztywność poranna (M; IQR)	2(3)	1(3)	2(2)
Sztywność w ciągu reszty dnia (M; IQR)	1(2)	1(2)	1(1)
Ocena nasilenia sztywności bezpośrednio po terapii			
Sztywność poranna (M; IQR)	1(2)	1(2)	1(1)
Sztywność w ciągu reszty dnia (M; IQR)	0(1)	0(1)	1(1)
Ocena nasilenia sztywności po upływie 6 miesięcy od zakończenia terapii			
Sztywność poranna (M; IQR)	0(0,25)	0(1)	0(1)
Sztywność w ciągu reszty dnia (M; IQR)	0(0)	0(1)	0(0)

Skróty: M – mediana, IQR – rozstęp międzykwartyłowy, RSWT – radial shockwave therapy, HILT – high-intensity laser therapy



Rycina 21. Nasilenie uczucia sztywności w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

W zakresie stopnia trudności wykonywania określonych czynności dnia codziennego zaobserwowano istotną poprawę w czasie we wszystkich grupach badanych. Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy pomiędzy badanymi grupami (Tabela 14). Wszystkie określone w kwestionariuszu funkcjonalnym czynności okazały się dla pacjentów problematyczne. Największą trudność stanowiły pierwsze kroki po odpoczynku nocnym, chodzenie po nierównej nawierzchni oraz bieganie. Bezpośrednio po zakończeniu terapii zaobserwowano poprawę w obrębie wszystkich czynności we wszystkich grupach badanych. Po upływie 6 miesięcy od zakończenia terapii większość pacjentów zgłaszała brak ograniczeń sprawności funkcjonalnej (Tabela 15).

Tabela 14. Zmiany sumarycznej oceny sprawności funkcjonalnej w kwestionariuszu funkcjonalnym w czasie z uwzględnieniem grupy badanej

efekt	F	P	ηp^2	Post hoc
Grupa	1,210	0,300	0,02	-
Czas	310,462	<0,001	0,68	a,b,c
Czas*Grupa	1,630	0,166	0,02	-

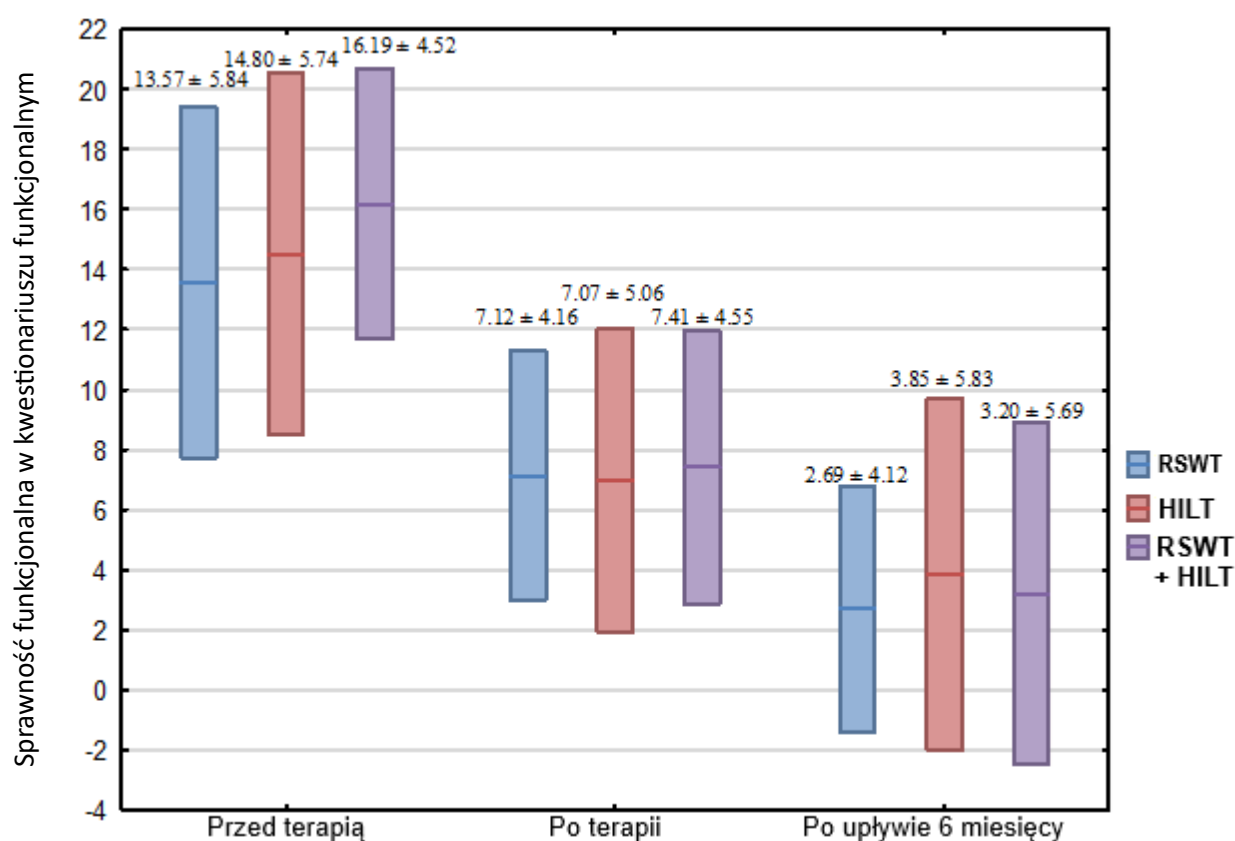
Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, ηp^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b:1vs3, c:2vs3

Tabela 15. Ocena trudności wykonywania poszczególnych czynności dnia codziennego w kolejnych punktach czasowych w trzech grupach badanych

Ocena trudności wykonywania poszczególnych czynności przed terapią	RSWT n = 44	HILT n = 46	HILT + RSWT n = 46
Wstawanie z pozycji siedzącej po >30 min (M; IQR)	2(2)	2(2)	2(1)
Wstawanie z łóżka po odpoczynku nocnym (M; IQR)	3(1,5)	2(2)	3(2)
Staniem (M;IQR)	2(1)	2(2)	3(1)
Chodzenie po płaskiej powierzchni (M; IQR)	2(1,25)	2(1)	2,5(1)
Chodzenie po nierównej nawierzchni (M; IQR)	2(2,25)	3(1)	3(1,75)
Bieganiem (M;IQR)	2(2)	3(2)	3(2)
Ocena trudności wykonywania poszczególnych czynności bezpośrednio po terapii			
Wstawanie z pozycji siedzącej po >30 min (M; IQR)	1(1)	1(2)	1(1)
Wstawanie z łóżka po odpoczynku nocnym (M; IQR)	1(1,25)	1(1)	1(1)
Staniem (M;IQR)	1(2)	1(0)	1(1)
Chodzenie po płaskiej powierzchni (M; IQR)	1(1)	1(1)	1(1)
Chodzenie po nierównej nawierzchni (M; IQR)	1(1)	1(1)	1(0,75)
Bieganiem (M;IQR)	1(1)	1(1)	1(1)
Ocena trudności wykonywania poszczególnych czynności po upływie 6 miesięcy od zakończenia terapii			
Wstawanie z pozycji siedzącej po >30 min (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Wstawanie z łóżka po odpoczynku nocnym (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Staniem (M;IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Chodzenie po płaskiej powierzchni (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Chodzenie po nierównej nawierzchni (M; IQR)	0(1)	0(1)	0(1)
Bieganiem (M;IQR)	0(1)	0(1)	0(1)

Skróty: M – mediana, IQR – rozstęp międzykwartyłowy, RSWT – radial shockwave therapy, HILT – high-intensity laser therapy

Pomiędzy grupami nie zaobserwowano istotnej statystycznie różnicy w zakresie wykonywania określonych czynności dnia codziennego. Najwyższa średnia sumaryczna ocena sprawności funkcjonalnej została odnotowana w grupie RSWT + HILT, natomiast najmniejsza 13,57 dla grupy RSWT. Zaobserwowane różnice nie były istotne statystycznie. Bezpośrednio po terapii odnotowano spadek do około 7 punktów we wszystkich badanych grupach. Po upływie 6 miesięcy od zakończenia terapii zaobserwowano dalszą poprawę sumarycznej oceny sprawności funkcjonalnej w badanych grupach (Rycina 22). Ocena sumaryczna sprawności funkcjonalnej jak i każde pytanie osobno wykazały związek z odnotowanym w skalach VAS i NRS nasileniem dolegliwości bólowych na wszystkich etapach badania ($p < 0,000$).



Rycina 22. Sumaryczna ocena sprawności funkcjonalnej w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

W ocenie sumarycznej całego kwestionariusza funkcjonalnego zaobserwowano istotną statystycznie redukcję pomiędzy punktami czasowymi. Nie odnotowano istotnej statystycznie

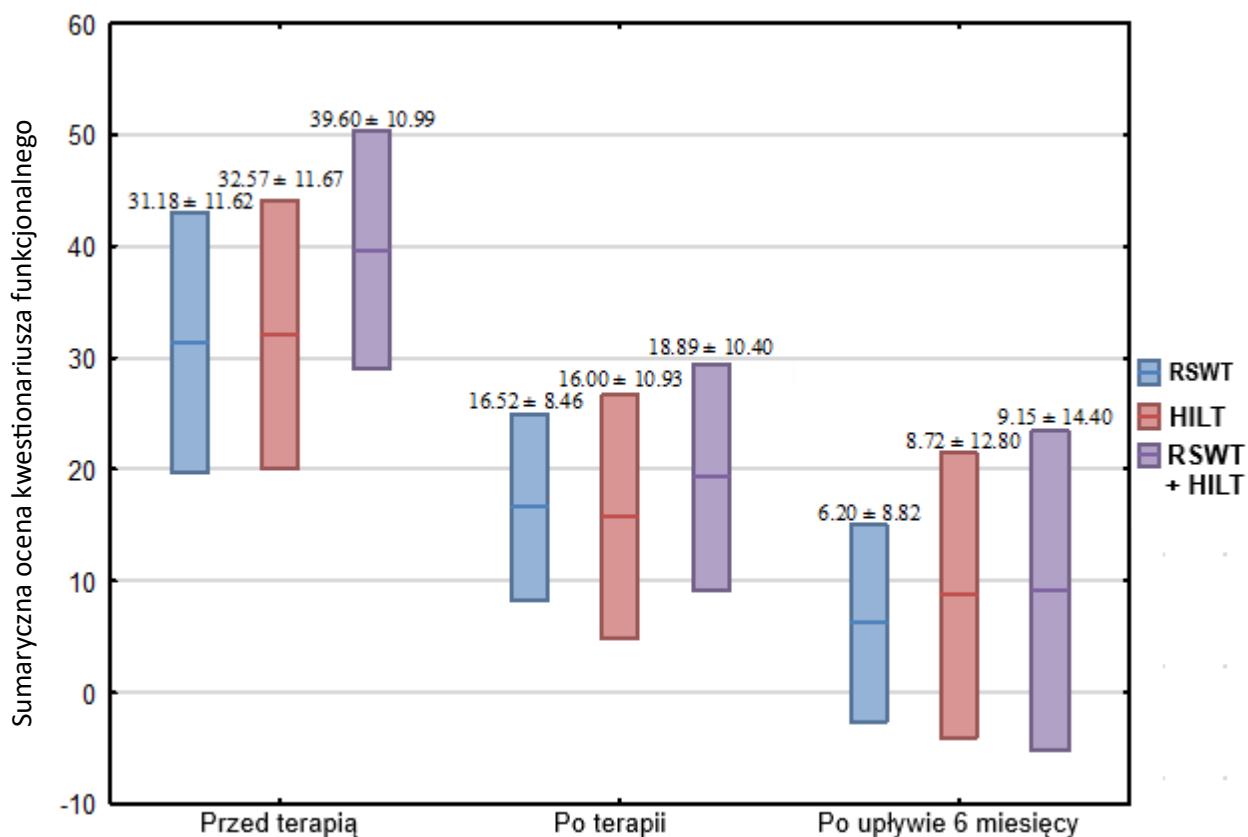
różnicy pomiędzy grupami w zakresie sumarycznej oceny całego kwestionariusza funkcjonalnego we wszystkich punktach czasowych badania (Tabela 16).

Tabela 16. Zmiany sumarycznej oceny kwestionariusza funkcjonalnego w czasie z uwzględnieniem grupy badanej

efekt	F	P	ηp^2	Post hoc
Grupa	3,517	0,032	0,05	-
Czas	310,470	<0,001	0,70	a,b,c
Czas*Grupa	2,380	0,052	0,03	-

Skróty: F – wartość statystyki F, p – poziom istotności, ηp^2 - współczynnik wielkości efektu eta-kwadrat, a: 1vs2, b:1vs3, c:2vs3

W wyjściowej średniej ocenie sumarycznej całego kwestionariusza funkcjonalnego odnotowano największą różnicę pomiędzy grupą RSWT + HILT a grupami monoterapii RSWT i HILT. W grupie RSWT + HILT wartość średnia oceny całkowitej wyniosła 39,60, natomiast w grupie RSWT była ona równa 31,18 oraz dla grupy HILT wyniosła 32,57. W kolejnych punktach czasowych badania grupa RSWT + HILT charakteryzowała się największą średnią oceny całkowitej w kwestionariuszu. W ocenie końcowej najlepszą średnią ocenę końcową uzyskała grupa RSWT (Rycina 23). Opisywane różnice jednak nie były istotne statystycznie. Sumaryczna ocena całego kwestionariusza funkcjonalnego także wykazała istotny związek z natężeniem dolegliwości bólowych odczuwanych przez pacjentów z PF w skali VAS i NRS na wszystkich etapach badania ($p < 0,000$).



Rycina 23. Sumaryczna ocena w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych (Dane przedstawione jako średnie i odchylenie standardowe)

6.3 Efekty uboczne

U części pacjentów po sesji RSWT obserwowano niewielkie zaczerwienienie skóry. Poza brakiem poprawy lub przejściowym nasileniem bólu odnotowanym u 7 osób, nie stwierdzono innych działań niepożądanych w żadnej z trzech grup.

7. Dyskusja

Badania nad skutecznością RSWT u pacjentów z PF są prowadzone od lat przy różnych protokołach terapeutycznych uzyskujących różną długoterminową skuteczność. HILT jest nowszą formą leczenia od RSWT w terapii bólu i wynikających z niego ograniczeń aktywności dnia codziennego. Przeprowadzone badanie miało na celu ocenić skuteczność dwóch monoterapii stosowanych w gabinetach fizjoterapeutycznych oraz jednej terapii łączonej – która w obecnej formie nie jest standardem leczenia.

Pacjenci zrekrutowani do badania w większości charakteryzowali się podwyższoną masą ciała w wskaźniku BMI. Tylko 13,82% pacjentów w trakcie badania prezentowało wskaźnik BMI w zakresie normy, natomiast większość pacjentów z PF biorących udział w badaniu miało nadwagę lub otyłość I stopnia. Mediana wskaźnika BMI wynosiła 28,86 natomiast średnia wartość BMI była równa 29,7. W porównaniu do danych uzyskanych przez badaczy amerykańskich, w badaniu występował większy udział pacjentów z nadwagą I stopnia oraz mniejsza liczba pacjentów z BMI powyżej 35 kg/cm² [42, 43]. Udział pacjentów z PF i otyłością w przeprowadzonym badaniu był większy niż w Arabii Saudyjskiej, w której stanowili oni łącznie 44,5% grupy badanej [155].

W badanej populacji pacjentów, PF częściej występowało u kobiet, które stanowiły ponad 77% osób zrekrutowanych do badania. Rozkład płci w badanej populacji pacjentów z PF był porównywalny do rozkładów opisywanych przez innych autorów w literaturze naukowej w obrębie badań nad wpływem RSWT i HILT na nasilenie dolegliwości bólowych u tych osób. Podobne obserwacje związku PF a płcią żeńską, są eksponowane w badaniach epidemiologicznych w USA [42, 43], Holandii [156] oraz Arabii Saudyjskiej [155]. Jednak udział płci męskiej w badaniach epidemiologicznych jest większy niż w badaniach nad skutecznością terapii. Mała liczebność pacjentów z PF płci męskiej miała wpływ na jedno z badań nad skutecznością RSWT przeprowadzonego w Turcji. Autorzy tego badania zdecydowali się na przeprowadzenie rekrutacji wyłącznie z udziałem kobiet w celu osiągnięcia jak największej homogeniczności pomiędzy grupami badanymi, a kontrolną. Decyzję tę podjęto zaraz po rozpoczęciu rekrutacji do badania i zaobserwowaniu znacznie większego udziału pacjentów płci żeńskiej [157].

Średni wiek badanej grupy wynosił 56,46 lat przy największej liczebności pacjentów w przedziale wiekowym pomiędzy 50 a 64 rokiem życia (52,63%). Do badania nie zgłosił się

ani jeden pacjent poniżej 30 roku życia. Rozkład wiekowy pacjentów pokrywa się z czynnikami ryzyka wystąpienia PF, jednak w przeprowadzonym badaniu mniejszy był procentowy udział osób w przedziale wiekowym pomiędzy 30 a 49 rokiem życia (23,68%) w porównaniu do danych dostępnych z USA. W porównaniu do literatury tematu, średni wiek pacjentów w opisywanym badaniu jest wyższy, jednak może to wynikać z różnorodności czynników wpływających na powstanie PF, które dotyczą zarówno osób prowadzących zarówno siedzący jak i aktywny tryb życia. Do innych powodów tego zjawiska należy zaliczyć charakter wykonywanej pracy tych osób.

Średni wyjściowy poziom nasilenia dolegliwości bólowych w badanej populacji pacjentów bez podziału na grupy, wynosił $71,38 \pm 14,83$ mm na skali VAS. Wartość ta jest porównywalna do średniego nasilenia dolegliwości bólowych opisywanego przez innych autorów w literaturze naukowej. Pacjenci biorący udział w badaniach naukowych nad skutecznością HILT lub RSWT w procesie leczenia dolegliwości związanych z PF prezentują przed terapią ból o charakterze umiarkowanym (45-74 mm) lub silnym (75-100 mm). Porównanie podstawowych danych demograficznych pacjentów z PF oraz zgłaszane przez nich subiektywne odczucie nasilenia dolegliwości bólowych na skali VAS, FFI lub NRS opisane przez autorów w literaturze naukowej zostało przedstawione w tabeli 17.

W badaniu jak i w literaturze nie ma strony dominującej jeśli chodzi o lokalizację bólu pomiędzy prawą czy lewą piętą. W badanej grupie zdecydowana większość pacjentów zgłaszających się w związku z bólem spowodowanym PF ma unilateralny ból. W badaniu przeprowadzonym w Norwegii z udziałem 200 pacjentów z PF ból bilateralny dotyczył 38% pacjentów. W literaturze naukowej autorzy badający wpływ terapii na redukcję nasilenia bólu u pacjentów z PF obserwują większy udział osób z bólem bilateralnym, co może jednak wynikać z mniejszej liczebności badanych grup [158].

W obserwacji własnej, we wszystkich grupach badanych w końcowym punkcie kontrolnym uzyskano zadowalającą redukcję nasilenia dolegliwości bólowych (redukcja o co najmniej 50%) u 115 osób co stanowiło 84,56% całej badanej populacji. Wartość redukcji nasilenia dolegliwości bólowych pomiędzy grupami był porównywalny przy różnym czasie wymaganym do ukończenia terapii. Dla terapii RSWT oraz RSWT połączonej z HILT do osiągnięcia redukcji nasilenia dolegliwości bólowych zastosowano protokół terapeutyczny składający się z około 5 tygodniowej terapii (5 zabiegów w odstępie 5 – 7 dni).

W przypadku monoterapii HILT protokół obejmował maksymalnie 2 tygodnie terapii (6 zabiegów wykonywanych co drugi dzień).

Tabela 17. Porównanie wybranych wyjściowych danych demograficznych z innymi badaniami

Autor	Wiek (lata; średnia (SD))	BMI (M ± SD)	Liczba kobiet (n (%))/ Liczba mężczyzn (n (%))	Wyjściowy poziom bólu ¹ VAS / ² FFI / ³ NRS (M ± SD)
Narin et al. 2020	49.05 ± 8.86 50.50 ± 13.87	28.51 ± 3.86 27.51 ± 2.80	15 (71,4%) / 6 (28,6%) 16 (80%) / 4 (20%)	7.52 ± 2.34 ¹ 6.45 ± 2.04 ¹
Ordohan et al. 2018	48.73 ± 11.41	31.16 ± 3.66	28 (80%) / 7 (20%)	8.87 ± 1.54 ¹
Thammajaree et al. 2023	48.65 ± 10.81 48,12 ± 11,96 46,06 ± 8,55	31.22 ± 4.2 24,00 ± 3,01 23,69 ± 1,91	27 (77,14%) / 8 (22,86) 8 (50%) / 8 (50%) 8 (50%) / 8 (50%)	8.35 ± 1.78 ¹ 5.57 (2.44) ¹ 5.11 (2.51) ¹
Szajkowski et al. 2024	49.86 ± 8.22 52.37 ± 9.81	24.02 ± 2.04 24.45 ± 1.49	Brak informacji	63.80 ± 15 ¹ 60.30 ± 18 ¹
Bidoki et al. 2024	44.65±8.20	27.2±3.51	11 (28,9%) / 27 (71,1%)	7.68 ± 1.53 ¹ / 7.36 ± 1.77 ¹
Heide et al. 2024	46,3 ±11,0 44,8 ± 8,5 42,6 ± 11,5 45,4 ± 11,8	29,9 ± 6,1 28,7 ± 5,3 28,1 ± 4,0 28,2 ± 5,2	42 (84%) / 8 (16%) 37 (74%) / 13 (26%) 42 (84%) / 8 (16%) 42 (84%) / 8 (16%)	6.24 6.36 6.34 6.30 (5.62 - 6.86) ³ (5.74 - 6.98) ³ (5.72 - 6.96) ³ (5.68 - 6.92) ³
Akinoglu et al. 2017	50.0 ± 66.54 50.11 ± 9,29 45,22 ± 7,64	28,58 ± 1,67 28,48 ± 2,15 28,03 ± 2,04	54 (100%) / 0	62,94 ± 9,00 ² 59,09 ± 11,86 ² 54,61 ± 13,17 ²
Şah et al. 2022	48.7 ± 10.6 46.0 ± 11.3	31.4 ± 5.8 31.2 ± 5.1	17 (51,5%) / 16 (48,%) 15 (50%) / 15 (50%)	62.8 ± 11.7 ² 60.0 ± 7.5 ²
Rompe et al. 2015	51,2 52,0	29,3 28,0	40 (55%) / 33 (45%) 41 (52%) / 38 (48%)	9.4 ² 9.2 ²
Tkocz et al. 2021	59,9 ± 10,1 60,4 ± 11,9	27,2 ± 4,9 28,5 ± 4,8	19 (63,3%) / 11 (36,7%) 17 (56,7%) / 13 (43,3%)	6.3 ± 1,4 ¹ 5,7 ± 2,0 ¹
Yesil et al. 2020	47.6 ± 8.3 43.8 ± 13.3	31.1 ± 4.6 31.3 ± 6.6	18 (85,71%)/ 3 (14,29%) 18 (85,71%)/ 3 (14,29%)	6.5 ± 1.2 ¹ 7.3 ± 1.6 ¹

Skróty: ¹ VAS – Visual Analog Scale 10 cm / ² FFI – Foot Function Index 10 cm, ³ NRS – Numerical Rating Scale, BMI – Body Mass Index

Podobne wyniki poprawy obrazu klinicznego pacjentów z PF po zastosowaniu monoterapii RSWT i monoterapii HILT przedstawili w 2023 Thammajaree i wsp., Bidoki i wsp. w roku 2024 oraz Güngör w roku 2025. Thammajaree i wsp. dokonali dodatkowo oceny nasilenia bólu przy pomocy algometru, przepływu kapilarnego metodą laserowego Dopplera (LDF) w obrębie wykonanych aplikacji oraz oceny stanu funkcjonalnego u badanych pacjentów wykorzystując kwestionariusz FFI (ang. *Foot Function Index*). Poza tym, zastosowali dwukierunkową analizę wariancji, która w obu grupach pozwoliła zaobserwować istotną statystycznie redukcję nasilenia dolegliwości bólowych w czasie. W badaniu tym nie zaobserwowano różnic pomiędzy badanymi grupami w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych na skali VAS oraz temperatury ucieplenia okolicy poddawanej terapii. Stwierdzono natomiast, w badaniu LDF większy przepływ krwi przez skórę w okolicy pięty w grupie, w której zastosowano RSWT [159]. W badaniu Bidoki i wsp. do oceny sprawności funkcjonalnej badanych pacjentów z entezopatią rozciągnięta podeszwowego zastosowali kwestionariusz do oceny jakości życia SF-36, którego wyniki poprawiły się po zastosowanej terapii w obu badanych grupach, jednak poprawa była istotnie większa w przypadku grupy otrzymującej terapię HILT. W zakresie bólu obie grupy miały istotną statystycznie i klinicznie poprawę na skali VAS. Dodatkowo Bidoki i wsp. ocenili tkliwość przy użyciu wskaźnika tkliwości pięty (HTI – ang. *Heel Tenderness Index*). W przypadku obu grup po zakończeniu terapii pacjenci zgłaszali większą tkliwość, jednak RSWT była bardziej skuteczna w jej redukcji od HILT [160]. Güngör bezpośrednio po terapii obserwował poprawę sprawności funkcjonalnej w kwestionariuszu FFI w obu badanych grupach oraz podobną redukcję bólu osiągając wyniki w okolicy 4cm na skali VAS zarówno w grupie RSWT jak i HILT. Po upływie trzech miesięcy od zakończenia terapii autor tego badania obserwował dalszą poprawę w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych do wartości 3.4 ± 1.0 cm na skali VAS w grupie RSWT oraz 3.5 ± 0.9 cm w grupie HILT. W zakresie poprawy sprawności funkcjonalnej grupa RSWT osiągnęła większą poprawę [161].

Eslamian i wsp. porównali terapię RSWT z iniekcją metyloprednizolonu u pacjentów z PF nie reagujących na farmakoterapię z zastosowaniem niesteroidowych leków przeciwzapalnych oraz kinezyterapię. Ponad połowa pacjentów (55-60%), u których zastosowano RSWT uzyskano satysfakcjonującą redukcję bólu w porównaniu do mniejszej skuteczności leczenia metyloprednizolem, którego terapia była skuteczna u 35-40% pacjentów. Autorzy nie zauważyli istotnej statystycznie różnicy pomiędzy grupami w zakresie nasilenia dolegliwości bólowych na skali VAS oraz wyniku kwestionariusza FFI, chociaż badani pacjenci

zgłaszali większą satysfakcję z uzyskanych efektów terapeutycznych w grupie RSWT [158]. Mishra i wsp. zastosowali niskoenergetyczną falę uderzeniową w porównaniu do iniekcji z metyloprednizolem u pacjentów z PF. Autorzy uzyskali znaczną poprawę u 26 z 30 pacjentów w grupie ESWT w porównaniu do 16 z 30 pacjentów, u których zastosowano iniekcję z metyloprednizolem [162]. Znacząca różnica może być związana z wspomnianym wcześniej brakiem stanu zapalnego u pacjentów z przewlekłą entezopatią rozciągniętego podszewowego, co może wymagać innego podejścia terapeutycznego, niż niesteroidowe leki przeciwzapalne lub iniekcje ze steroidami.

Szajowski i wsp. porównali dwa protokoły RSWT u biegaczy z dolegliwościami bólowymi wynikającymi z PF. Jeden z protokołów polegał na stopniowej progresji dawki co dwie sesje terapeutyczne poprzez zwiększanie ciśnienia, liczby impulsów oraz zmniejszenie częstotliwości. W porównaniu do grupy, która miała stałą dawkę przez cały proces terapeutyczny, grupa eksperymentalna osiągnęła lepsze rezultaty po upływie miesiąca od terapii. W obu grupach po zastosowaniu RSWT malała sztywność przy wzroście elastyczności. Istotną obserwacją Szajkowskiego i wsp. było stopniowe zmniejszanie napięcia RP w badaniu miotonometrycznym wraz z sesjami RSWT w grupie z dawką progresywną, co nie zostało zaobserwowane u pacjentów otrzymujących terapię przy stałych wartościach parametrów RSWT [163]. Narin i wsp. w randomizowanym pojedynczo zaślepionym badaniu porównali ze sobą dwa różne programy dawkowania RSWT w sumie 41 pacjentów. W obu grupach terapia była złożona z 10 sesji fali uderzeniowej. W pierwszej grupie (n = 21) uderzenia były wykonywane z ciśnieniem 3.0bara i częstotliwością 15Hz, natomiast w grupie drugiej (n = 20) zastosowano mniejsze ciśnienie i częstotliwość o wartości 2.0bara oraz 10Hz. Autorzy prowadzili obserwacje do 12 tygodni po zakończeniu terapii, w której zauważyli istotną poprawę w obu grupach bez znamiennej różnicy pomiędzy badanymi grupami [164].

W literaturze naukowej oraz w codziennej praktyce klinicznej dawkowanie RSWT jest niejednorodne pomiędzy autorami oraz zaleceniami dostępnymi przy aparaturze medycznej (Tabela 18). Wraz z upływem lat liczba sesji RSWT składających się na cały proces terapeutyczny zwiększyła się, jednak już 3 sesje wykonane raz w tygodniu umożliwiały uzyskanie znacznej poprawy w zakresie obniżenia nasilenia bólu (VAS 0-1) u 75% pacjentów [165]. W badaniu nie potwierdzono większej skuteczności w redukcji nasilenia dolegliwości bólowych oraz poprawie sprawności funkcjonalnej w subiektywnej ocenie pacjenta na przykładzie czynności dnia codziennego. W literaturze naukowej nie ma jednoznacznej rekomendacji jednej formy terapii jako najskuteczniejszej dla pacjentów z PF. W porównaniu

z innymi zabiegami z zakresu medycyny fizykalnej takich jak widoczna jest redukcja nasilenia natężenia bólu u pacjentów z PF, we wszystkich grupach badanych [166]. Wielu autorów jednak rekomenduje zastosowanie RSWT w procesie rehabilitacji pacjentów z PF w formie monoterapii lub terapii łączonej z innymi zabiegami fizykalnymi w oparciu o wyniki badań, w których wykazywana jest istotnie statystycznie poprawa różnych, ocenianych parametrów wpływających na stan kliniczny w tej grupie chorych. [167, 168].

W porównaniu do FSWT w terapii pacjentów z PF, RSWT jest oceniana jako skuteczniejsza w redukcji objawów odczuwanych przez pacjentów, jednak w badaniach RTG żadna z terapii nie prowadzi do zmniejszenia widocznych w obrazie RTG ostróg piętowych [169, 170]. Opinie te znajdują swoje odzwierciedlenie w przeglądach systematycznych i meta-analizach, które wskazują na korzyść skuteczności RSWT w redukcji natężenia bólu i poprawy sprawności funkcjonalnej u pacjentów z PF.

Skuteczność RSWT w terapii pacjentów z PF została potwierdzona przez wielu badaczy, jednak nadal brakuje odpowiedzi jaki protokół terapeutyczny byłby najskuteczniejszy dla tych pacjentów oraz czy terapia sama w sobie jest rzeczywiście skuteczna. Badanie przeprowadzone przez norweskich naukowców rzuca nowe światło w literaturze naukowej na RSWT. Autorzy zaobserwowali podobną skuteczność w redukcji nasilenia bólu i poprawy sprawności funkcjonalnej pomiędzy grupą RSWT a grupą placebo, która otrzymała pozorny zabieg bez przekazania fali radialnej do organizmu [171]. Jednak mimo poprawy w obu grupach, wpływ biologiczny RSWT na organizm człowieka w tym na proces neoangiogenezy został potwierdzony w literaturze naukowej, a sam bodziec wymaga dalszych badań w celu lepszego zrozumienia i zastosowania w codziennej praktyce klinicznej.

W piśmiennictwie naukowym dotyczącym zastosowania HILT u pacjentów z PF, trudniej jest odnaleźć opisy badań wykazujących skuteczność tej terapii lub porównujących ją do innych zabiegów fizykalnych stosowanych w codziennej praktyce fizjoterapeutycznej. Yesil i wsp. porównali terapię HILT z ćwiczeniami leczniczymi, z placebo HILT i ćwiczeniami leczniczymi obserwując poprawę sprawności funkcjonalnej i redukcję nasilenia dolegliwości bólowych u pacjentów z PF w obu grupach – jednak grupa otrzymująca HILT osiągnęła większą poprawę w badaniu dynamicznej pedobarografii [172]. Tkoczi wsp. w swoim badaniu nie zaobserwowali podobnej skuteczności w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych na skali VAS i LPQ pomiędzy między HILT a UD u pacjentów z PF. Dodatkowo autorzy tego

badani zauważyli u pacjentów u których zastosowano HILT, nawrót dolegliwości bólowych po upływie 3 miesięcy od zakończenia terapii [173].

Tabela 18. Dawkowanie RSWT w literaturze naukowej

Autor	Badane terapie	Liczba sesji	Dawka RSWT	Interwał pomiędzy sesjami	Narzędzia oceny
Narin et al. 2020	RSWT	10	2000 impulsów, 3 Ba, 15 Hz, 15 mm 10 sesji	Brak informacji	Skala VAS Kwestionariusz AOFAS
		10	2000 impulsów, 2 Ba, 10 Hz, 15 mm		
Eslamian et al. 2016	RSWT vs iniekcje sterydowe	5	2000 impulsów, gęstość energii 0.2 mJ/mm ²	Co 3 dni	VAS Kwestionariusz FFI
Szajkowski 2024	RSWT	6	3000 impulsów, 2,5 Ba, 14 Hz do 5000 impulsów, 5 Ba, 10 Hz	2 w tygodniu	Pomiar miotonometryczny, Skala VAS
		6	3000 impulsów, 3 Ba, 12 Hz		
Thammajaree et al. 2023	RSWT vs HILT	6	2000 impulsów, 2-3 Ba, 10 Hz	2 w tygodniu	VAS, algometr, LDF, ultrasonografia, FFI
Bidoki et al. 2024	RSWT vs HILT	9	3000 impulsów, 2-3 Ba, 12 Hz oraz 3000 impulsów 1,8-3 Ba, 15 Hz.	3 w tygodniu	SF-36, VAS, HTI
Heide et. al 2024	RSWT vs placebo- RSWT vs ćwiczenia vs indywidualne wkładki	3	2000 impulsów, 1,5 do 3 Ba w zależności od tolerancji pacjenta	1 w tygodniu	NRS, FFI, RAND-12 Health Status Inventory, PGIC

Tabela 18. Dawkowanie RSWT w literaturze naukowej c.d.

Autor	Badane terapie	Liczba sesji	Dawka RSWT	Interwał pomiędzy sesjami	Narzędzia oceny
Şah et al. 2022	RSWT vs FSWT vs placebo	3	500 impulsów, 1,6 Ba, 5 Hz oraz 1800 impulsów, 1,7 Ba, 10 Hz	2-4 dni	FFI
Rompe et al. 2015	RSWT vs RSWT i stretching	3	2000 impulsów, 4 Ba, 8 Hz	1 w tygodniu	FFI, PROM
Grecco et al. 2013	RSWT vs UD	3	2000 impulsów, 3 Ba, 6 Hz	1 w tygodniu	VAS, algometr
Akinoglu et al. 2017	RSWT vs UD	3	500 impulsów, 3 Hz, 0.2 mJ/mm 2, 1500 impulsów 8 Hz, 3 mJ/mm2	1 w tygodniu	FFI, AOFAS, One leg stand test, forward reach test
Güngör 2025	RSWT vs HILT	5	2500 impulsów, 2-3 Ba, 12-15 Hz	Co 3 dni	VAS, FFI
Tezen et al. 2025	RSWT vs FSWT	9	2000 impulsów, 2,4 Ba, 12 Hz	3 razy w tygodniu	VAS, FFI, RTG

Skróty: VAS – Visual Analog Scale, FFI – Foot Function Index, NRS – Numerical Rating Scale, AOFAS - American Orthopaedic Foot and Ankle Society, SF-36 - The Short Form (36) Health Survey, HTI - Heel Tenderness Index, PROM - Patient Reported Outcome Measure, PGIC - Patient Global Impression of Change Scale, LDF - Laserowa przepływometria Dopplera

Ordohan i wsp. oraz Naruseviciute i wsp. porównali skuteczność LLLT z HILT w terapii pacjentów z PF. Ordohan i wsp. jako pierwszy porównał obie terapie stwierdzając istotną statystycznie różnicę na korzyść HILT. Grupa otrzymująca HILT uzyskała większą poprawę widoczną na skali VAS, mniejszą tkliwość we wskaźniku HTI oraz większy wynik w kwestionariuszu FAOS (ang. *Foot and Ankle Outcome Score*) niż grupa LLLT [174]. Naruseviciute i wsp. porównali z LLLT o długości fali 785 nm, mocy 50MW, gęstości energii 4,0 J/cm² oraz całkowitej energii 140 J z HILT o długości 1064 nm, mocy 7W, gęstości 120 J/cm² oraz całkowitej energii 3000J obserwując podobną redukcję nasilenia dolegliwości bólowych na skali VAS oraz podobną poprawę w ocenie UD bez istotnych statystycznie różnic. W subiektywnej ocenie pacjentów badanych przez Naruseviciute i wsp. HILT okazał się skuteczniejszą terapią w porównaniu do grupy, która była leczona z użyciem LLLT [175].

Zarówno HILT jak i RSWT w badaniu jak i literaturze opisywane są jako narzędzia terapeutyczne mogące skutecznie redukować nasilenie dolegliwości bólowych. W ostatnim dziesięcioleciu, wyniki przeprowadzonych meta-analiz wskazywały na znamienne skuteczną skuteczność fali uderzeniowej w terapii pacjentów z PF. Autorzy tych analiz uwzględniali zarówno fale radialne i zogniskowane, stwierdzając ich pozytywny wpływ na obraz kliniczny pacjentów z PF, poprzez redukcję bólu oraz poprawę sprawności funkcjonalnej. Należy jednak podkreślić, że pozytywne efekty terapeutyczne są osiągane w badaniach przy dużej różnorodności protokołów terapeutycznych, co wymaga dalszych badań (Tabela 19) [7, 8]. W zakresie skuteczności HILT jest dostępny jeden przegląd systematyczny i meta-analiza przeprowadzona przez de la Barra Ortiz i wsp. w 2023 roku oraz przegląd systematyczny Yadav i wsp. z roku 2025. Autorzy obu badań zauważają większą skuteczność HILT w porównaniu do LLLT w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych u pacjentów z PF. W literaturze liczba badań przeprowadzonych z wykorzystaniem HILT jest niska, aby stwierdzić jednoznacznie o skuteczności tej terapii w leczeniu pacjentów z PF i jej porównaniu względem sprawdzonych naukowo terapii używanych w procesie rehabilitacji [6, 176]. W codziennej praktyce klinicznej należy pod uwagę wziąć również kwestie ekonomiczne. Najważniejszy w obrębie rehabilitacji jest czas przywrócenia pacjenta do sprawności funkcjonalnej, wpływającej na jakość życia oraz codzienną aktywność wymaganą do uczestniczenia w życiu społecznym jak i zawodowym. Z punktu widzenia placówki świadczącej usługi fizjoterapeutyczne dodatkową kwestią ekonomiczną pozostaje analiza kosztorysu RSWT oraz HILT.

Tabela 19. Dawkowanie HILT w literaturze naukowej.

Autor	Badane terapie	Liczba sesji	Dawka HILT	Częstotliwość wykonywania zabiegów	Narzędzia oceny
Bidoki et al. 2024	RSWT vs HILT	9	980±10 nm, 30W, 8 J/cm ²	3 razy w tygodniu	Kwestionariusz SF-36, VAS, HTI
Tkocz et al. 2021	HILT vs UD	15	1064 nm, 7W, 149,9 J/cm ² , 4496J	5 razy w tygodniu	VAS, LPQ,
Yesil et al. 2020	HILT + ćwiczenia vs placebo + ćwiczenia	15	1064 nm, 10,5W, 970-1170 mJ/cm ² , 1281,1J	5 razy w tygodniu	VAS, Roles and Maudsley Pain Score, SF-36, FAOS, pedobarografia
Güngör 2025	RSWT vs HILT	10	10 W, 12 J/cm2 przez 2 minuty, 7 W / 120 J/cm2 przez 7 min 8 s.	5 razy w tygodniu	VAS, FFI
Thammajaree et al. 2023	RSWT vs HILT	6	1064 nm, 6W, 5 J/cm2, 150J	2 razy w tygodniu	VAS, algometr, LDF, ultrasonografia, kwestionariusz FFI
Naruseviciute et al. 2020	HILT vs LLLT	8	1064 nm, 7W, 120 J/cm2, 3000J	3 razy w tygodniu	VAS, algometr, USG, NRS
Ordahan et al. 2018	HILT vs LLLT	9	1064 nm, 8 W 6J/cm2 przez 75s, 120-150 J/cm2 przez 30s	3 razy w tygodniu	VAS, HTI, FAOS

Skróty: VAS – Visual Analog Scale, FFI – Foot Function Index, NRS – Numerical Rating Scale, LPQ – Laitinen Pain Questionnaire, SF-36 - The Short Form (36) Health Survey, HTI - Heel Tenderness Index, LDF - Laserowa przepływometria Dopplera, FAOS - Foot and Ankle Outcome Score

7.1 Ograniczenia

Największym ograniczeniem badania jest brak obiektywnych metod oceny skuteczności prowadzonej terapii. W badaniu planowano wykonanie pedobarografii we wszystkich punktach kontrolnych obserwacji u pacjentów, jednak w związku z awarią sprzętu i brakiem możliwości naprawy aparatu badanie nie zostało wykonane. Pedobarografia jako narzędzie zostało już użyte w ocenie skuteczności terapii pacjentów z PF. Jest to nieinwazyjna i bezpieczna metoda diagnostyczna która umożliwia na obrazowanie wychyleń rzutu ogólnego środka ciężkości ciała oraz zapis zmian położenia środka nacisku. Kolejnym badaniem, które należy rozważyć w badaniach naukowych jest badanie ultrasonograficzne przed i bezpośrednio po sesji terapeutycznej w celu oceny zmian zachodzących w tkance w tym grubość RP.

Następnym ograniczeniem badania jest brak kontroli po upływie jednego oraz trzech miesięcy od zakończenia terapii, co umożliwiłoby wskazanie momentu, w którym spodziewana jest całkowita redukcja dolegliwości bólowych, która w badanej grupie utrzymała się do momentu ostatniej wizyty kontrolnej.

Istotnym z punktu widzenia biomechaniki chodu ograniczeniem jest brak analizy obuwia, w którym badani poruszali się w dniu codziennym. W badaniach naukowych zidentyfikowano czynniki ryzyka związane z nadmierną lub zbyt małą aktywnością ruchową lub długim czasem stania w trakcie wykonywania obowiązków zawodowych, jednak brakuje dokładnej analizy obuwia, które poprzez rodzaj, grubość oraz sztywność podeszwy wpływałyby na biomechanikę chodu u ludzi.

Nie uwzględniono w badaniu rodzaju stosowanego obuwia oraz aktywności fizycznej pacjentów. Oba te parametry mogą w sposób istotny wpływać na epidemiologię PF.

Innym ograniczeniem jest zastosowanie kwestionariusza funkcjonalnego opracowanego na założeniach kwestionariusza WOMAC ze względu na brak możliwości dokładnego porównania uzyskanych rezultatów terapeutycznych w zakresie sprawności funkcjonalnej w subiektywnej ocenie pacjenta.

8. Wnioski

1. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można wnioskować, iż zastosowanie RSWT w leczeniu pacjentów z objawową entezopatią rozciągną podeszwowego istotnie wpływa na redukcję odczuwanego bólu.
2. W oparciu o uzyskane wyniki badań można także wnioskować o istotnym wpływie HILT na redukcję odczuwanego nasilenia bólu w leczeniu pacjentów z objawową entezopatią rozciągną podeszwowego.
3. Na podstawie wyników badania można stwierdzić brak istotnej różnicy w zakresie redukcji nasilenia dolegliwości bólowych u pacjentów z objawową entezopatią rozciągną podeszwowego pomiędzy terapią łączącą HILT z RSWT a monoterapią HILT i RSWT.
4. Na podstawie przeprowadzonej obserwacji można stwierdzić pozytywny wpływ terapii HILT, RSWT oraz terapii łączonej RSWT + HILT na możliwości funkcjonalne pacjentów z objawową entezopatią rozciągną podeszwowego w ich subiektywnej ocenie.
5. Uzyskane wyniki sugerują podobną skuteczność działania terapeutycznego HILT i RSWT w leczeniu pacjentów z rozpoznaną, objawową entezopatią rozciągną podeszwowego.
6. Wyniki w pracy własnej oraz innych badaczy wskazują na większe ryzyko powstawania entezopatii rozciągną podeszwowego w grupie kobiet, osób z nadwagą lub otyłością. Dodatkowym czynnikiem etiologicznym tej entezopatii jest wiek > 50 r.ż.
7. Analiza uzyskanych w badaniu wyników wykazała korelację pomiędzy kwestionariuszem funkcjonalnym a skalami VAS i NRS.
8. Wskaźnik masy ciała pacjentów nie wpływał w istotny sposób na uzyskane krótko i długoterminowe efekty terapeutyczne u pacjentów z objawową entezopatią rozciągną podeszwowego.
9. Występowanie bólu okolicy pięty, u osób z rozpoznaną entezopatią rozciągną podeszwowego, w sposób istotny obniża ich możliwości funkcjonalne, obniżając zapewne jakość życia w tej części populacji.
10. Należy przeprowadzić badanie na większej grupie pacjentów z objawami objawowej entezopatii rozciągną podeszwowego, uwzględniając inne, prawdopodobne czynniki etiologiczne powstawania tego schorzenia np. charakter wykonywanej pracy zawodowej, poziom aktywności fizycznej.

11. Należy rozważyć stosowanie zarówno HILT jak i RSWT w leczeniu pacjentów z objawową entezopatią rozciągnięta podeszwowego, jednak w celu potwierdzenia skuteczności terapeutycznej HILT i RSWT wymagane jest przeprowadzanie dalszych badań z użyciem obiektywnych metod oceny w tym z podwójnie zaślepioną próbą.

9. Bibliografia

1. Czyrny Z. Sonographic and histological appearance of heel enthesopathy, what the “heel spurs” really are and what are their consequences. *Journal of Orthopaedics Trauma Surgery and Related Research*. 2010;5(2):23-36.
2. Lemont H, Ammirati KM, Usen N. Plantar fasciitis: a degenerative process (fasciosis) without inflammation. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2003;93(3):234-7. doi: 10.7547/87507315-93-3-234. PubMed PMID: 12756315.
3. Riddle DL, Schappert SM. Volume of ambulatory care visits and patterns of care for patients diagnosed with plantar fasciitis: a national study of medical doctors. *Foot Ankle Int*. 2004;25(5):303-10. doi: 10.1177/107110070402500505. PubMed PMID: 15134610.
4. Tong KB, Furia J. Economic burden of plantar fasciitis treatment in the United States. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2010;39(5):227-31. PubMed PMID: 20567740.
5. David JA, Sankarapandian V, Christopher PR, Chatterjee A, Macaden AS. Injected corticosteroids for treating plantar heel pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;6(6):Cd009348. Epub 20170611. doi: 10.1002/14651858.CD009348.pub2. PubMed PMID: 28602048; PubMed Central PMCID: PMC6481652.
6. de la Barra Ortiz HA, Jélvez F, Parraguez D, Pérez F, Vargas C. Effectiveness of high-intensity laser therapy in patients with plantar fasciitis: a systematic review with meta-analysis of randomized clinical trials. *Advances in Rehabilitation*. 2023;37(3):34-51. doi: 10.5114/areh.2023.131577.
7. Lippi L, Folli A, Moalli S, Turco A, Ammendolia A, de Sire A, et al. Efficacy and tolerability of extracorporeal shock wave therapy in patients with plantar fasciopathy: a systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2024;60(5):832-46. Epub 20240911. doi: 10.23736/s1973-9087.24.08136-x. PubMed PMID: 39257331; PubMed Central PMCID: PMC11561739.
8. Wang YC, Chen SJ, Huang PJ, Huang HT, Cheng YM, Shih CL. Efficacy of Different Energy Levels Used in Focused and Radial Extracorporeal Shockwave Therapy in the Treatment of Plantar Fasciitis: A Meta-Analysis of Randomized Placebo-Controlled Trials. *J Clin Med*. 2019;8(9). Epub 20190919. doi: 10.3390/jcm8091497. PubMed PMID: 31546912; PubMed Central PMCID: PMC6780733.
9. Stecco C, Corradin M, Macchi V, Morra A, Porzionato A, Biz C, et al. Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon. *J Anat*. 2013;223(6):665-76. Epub

20130912. doi: 10.1111/joa.12111. PubMed PMID: 24028383; PubMed Central PMCID: PMC3842207.

10. Singh A, Zwirner J, Templer F, Kieser D, Klima S, Hammer N. On the morphological relations of the Achilles tendon and plantar fascia via the calcaneus: a cadaveric study. *Sci Rep*. 2021;11(1):5986. Epub 20210316. doi: 10.1038/s41598-021-85251-0. PubMed PMID: 33727610; PubMed Central PMCID: PMC7966405.

11. Cheng H-YK, Lin C-L, Wang H-W, Chou S-W. Finite element analysis of plantar fascia under stretch—The relative contribution of windlass mechanism and Achilles tendon force. *Journal of Biomechanics*. 2008;41(9):1937-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.03.028>.

12. Cheung JT-M, Zhang M, An K-N. Effect of Achilles tendon loading on plantar fascia tension in the standing foot. *Clinical Biomechanics*. 2006;21(2):194-203. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2005.09.016.

13. Shiotani H, Takahashi K, Honma Y, Tomari K, Hayashi H, Sado N, et al. Mechanical Linkage between Achilles Tendon and Plantar Fascia Accounts for Range of Motion of Human Ankle-Foot Complex. *Med Sci Sports Exerc*. 2023;55(1):66-73. Epub 20220812. doi: 10.1249/mss.0000000000003020. PubMed PMID: 35977106; PubMed Central PMCID: PMC9770132.

14. Holowka NB, Lieberman DE. Rethinking the evolution of the human foot: insights from experimental research. *Journal of Experimental Biology*. 2018;221(17):jeb174425. doi: 10.1242/jeb.174425.

15. Hicks JH. The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. *J Anat*. 1954;88(1):25-30. PubMed PMID: 13129168; PubMed Central PMCID: PMC1244640.

16. Piarulli L, Mathew R, Siegler S. Contribution of the plantar fascia and long plantar ligaments to the stability of the longitudinal arch of the foot. *J Biomech*. 2024;176:112373. Epub 20241019. doi: 10.1016/j.jbiomech.2024.112373. PubMed PMID: 39447520.

17. Stearne SM, McDonald KA, Alderson JA, North I, Oxnard CE, Rubenson J. The Foot's Arch and the Energetics of Human Locomotion. *Scientific Reports*. 2016;6(1):19403. doi: 10.1038/srep19403.

18. Ker RF, Bennett MB, Bibby SR, Kester RC, Alexander RM. The spring in the arch of the human foot. *Nature*. 1987;325(7000):147-9. doi: 10.1038/325147a0. PubMed PMID: 3808070.

19. Chen DW, Li B, Aubeeluck A, Yang YF, Huang YG, Zhou JQ, et al. Anatomy and biomechanical properties of the plantar aponeurosis: a cadaveric study. *PLoS One*.

- 2014;9(1):e84347. Epub 20140102. doi: 10.1371/journal.pone.0084347. PubMed PMID: 24392127; PubMed Central PMCID: PMC3879302.
20. Aquino A, Payne C. Function of the plantar fascia. *The Foot*. 1999;9(2):73-8. doi: <https://doi.org/10.1054/foot.1999.0520>.
21. Muth CC. Plantar Fasciitis. *Jama*. 2017;318(4):400. doi: 10.1001/jama.2017.5806. PubMed PMID: 28742914.
22. Latt LD, Jaffe DE, Tang Y, Taljanovic MS. Evaluation and Treatment of Chronic Plantar Fasciitis. *Foot Ankle Orthop*. 2020;5(1):2473011419896763. Epub 20200213. doi: 10.1177/2473011419896763. PubMed PMID: 35097359; PubMed Central PMCID: PMC8564931.
23. Barreto Rabelo D, Coelho Figueira Freire AP, Colen Milagres Brandão F, Oliveira Melo S, Ocarino JM, Saldanha dos Anjos MT, et al. Myofascial stiffness of plantar fascia and Achilles tendon in individuals with plantar fasciopathy: An observational cross-sectional study. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2023;66:102781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2023.102781>.
24. De Garceau D, Dean D, Requejo SM, Thordarson DB. The association between diagnosis of plantar fasciitis and Windlass test results. *Foot Ankle Int*. 2003;24(3):251-5. doi: 10.1177/107110070302400309. PubMed PMID: 12793489.
25. Buchanan BK, Sina RE, Kushner D. Plantar Fasciitis. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.
26. Kirkpatrick J, Yassaie O, Mirjalili SA. The plantar calcaneal spur: a review of anatomy, histology, etiology and key associations. *J Anat*. 2017;230(6):743-51. Epub 20170329. doi: 10.1111/joa.12607. PubMed PMID: 28369929; PubMed Central PMCID: PMC5442149.
27. Beytemür O, Öncü M. The age dependent change in the incidence of calcaneal spur. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2018;52(5):367-71. Epub 20180828. doi: 10.1016/j.aott.2018.06.013. PubMed PMID: 30170885; PubMed Central PMCID: PMC6204473.
28. Velagala VR, Velagala NR, Kumar T, Singh A, Mehendale AM. Calcaneal Spurs: A Potentially Debilitating Disorder. *Cureus*. 2022;14(8):e28497. Epub 20220828. doi: 10.7759/cureus.28497. PubMed PMID: 36185871; PubMed Central PMCID: PMC9514376.
29. Cho BW, Choi JH, Han HS, Choi WY, Lee KM. Age, Body Mass Index, and Spur Size Associated with Patients' Symptoms in Plantar Fasciitis. *Clin Orthop Surg*. 2022;14(3):458-65. Epub 20220725. doi: 10.4055/cios21263. PubMed PMID: 36061842; PubMed Central PMCID: PMC9393285.

30. Okçu M, Tuncay F, Koçak FA, Erden Y, Ayhan MY, Kaya SS. Do the presence, size, and shape of plantar calcaneal spurs have any significance in terms of pain and treatment outcomes in patients with plantar fasciitis? *Turk J Med Sci.* 2023;53(1):413-9. Epub 20230222. doi: 10.55730/1300-0144.5598. PubMed PMID: 36945957; PubMed Central PMCID: PMC10387834.
31. Ahmad J, Karim A, Daniel JN. Relationship and Classification of Plantar Heel Spurs in Patients With Plantar Fasciitis. *Foot Ankle Int.* 2016;37(9):994-1000. Epub 20160513. doi: 10.1177/1071100716649925. PubMed PMID: 27177888.
32. Karabay N, Toros T, Hurel C. Ultrasonographic Evaluation in Plantar Fasciitis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2007;46(6):442-6. doi: <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2007.08.006>.
33. Salehi S, Shadmehr A, Olyaei G, Bashardoust Tajali S, Mir SM, Sobhani V. Ultrasonographic measurements of plantar fascia thickness and echogenicity in individuals with and without plantar fasciitis: Reliability and group differences. *The Foot.* 2021;49:101849. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foot.2021.101849>.
34. Thanwisate T, Siriwanarangsun P, Piyaselakul S, Tharmviboonsri T, Chuckpaiwong B. Plantar Fascia Thickness and Stiffness in Healthy Individuals vs Patients With Plantar Fasciitis. *Foot & ankle international.* 2024;45:10711007241274765. doi: 10.1177/10711007241274765.
35. Aggarwal P, Jirankali V, Garg SK. Evaluation of plantar fascia using high-resolution ultrasonography in clinically diagnosed cases of plantar fasciitis. *Pol J Radiol.* 2020;85:e375-e80. Epub 20200724. doi: 10.5114/pjr.2020.97955. PubMed PMID: 32817771; PubMed Central PMCID: PMC7425221.
36. Park SY, Park DJ. Comparison of Foot Structure, Function, Plantar Pressure and Balance Ability According to the Body Mass Index of Young Adults. *Osong Public Health Res Perspect.* 2019;10(2):102-7. doi: 10.24171/j.phrp.2019.10.2.09. PubMed PMID: 31065537; PubMed Central PMCID: PMC6481571.
37. Jha DK, Wongkaewpotong J, Chuckpaiwong B. Effect of Age and BMI on Sonographic Findings of Plantar Fascia. *J Foot Ankle Surg.* 2023;62(1):125-8. Epub 20220523. doi: 10.1053/j.jfas.2022.05.010. PubMed PMID: 35764475.
38. Johannsen F, Magnusson SP. The relationship between ultrasonography with or without contrast and the clinical outcome in plantar fasciitis. *Scand J Med Sci Sports.* 2022;32(11):1660-7. Epub 20220809. doi: 10.1111/sms.14221. PubMed PMID: 35908203.
39. Broholm R, Pingel J, Simonsen L, Bülow J, Johannsen F. Applicability of contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of plantar fasciitis. *Scand J Med Sci Sports.* 2017;27(12):2048-58. Epub 20170419. doi: 10.1111/sms.12865. PubMed PMID: 28241395.

40. Maki M, Ikoma K, Kido M, Hara Y, Sawada K, Ohashi S, et al. Magnetic resonance imaging findings of chronic plantar fasciitis before and after extracorporeal shock wave therapy. *The Foot*. 2017;33:25-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foot.2017.10.002>.
41. Fazal MA, Tsekes D, Baloch I. Is There a Role for MRI in Plantar Heel Pain. *Foot Ankle Spec*. 2018;11(3):242-5. Epub 20170906. doi: 10.1177/1938640017729493. PubMed PMID: 28877593.
42. Liu P, Chen Q, Yang K, Cai F. Prevalence, characteristics, and associated risk factors of plantar heel pain in americans : The cross-sectional NHANES study. *J Orthop Surg Res*. 2024;19(1):805. Epub 20241128. doi: 10.1186/s13018-024-05300-y. PubMed PMID: 39609875; PubMed Central PMCID: PMC11604014.
43. Nahin RL. Prevalence and Pharmaceutical Treatment of Plantar Fasciitis in United States Adults. *J Pain*. 2018;19(8):885-96. Epub 20180326. doi: 10.1016/j.jpain.2018.03.003. PubMed PMID: 29597082; PubMed Central PMCID: PMC6066406.
44. Lim AT, How CH, Tan B. Management of plantar fasciitis in the outpatient setting. *Singapore Med J*. 2016;57(4):168-70; quiz 71. doi: 10.11622/smedj.2016069. PubMed PMID: 27075037; PubMed Central PMCID: PMC4853481.
45. Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, Johnson RE. Risk factors for Plantar fasciitis: a matched case-control study. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(5):872-7. doi: 10.2106/00004623-200305000-00015. PubMed PMID: 12728038.
46. Sung KC, Chung JY, Feng IJ, Yang SH, Hsu CC, Lin HJ, et al. Plantar fasciitis in physicians and nurses: a nationwide population-based study. *Ind Health*. 2020;58(2):153-60. Epub 20190920. doi: 10.2486/indhealth.2019-0069. PubMed PMID: 31548445; PubMed Central PMCID: PMC7118066.
47. Richer L, Fortin E, Gagnon G, Ngomo S, Fernandes KBP, Cortis C, et al. Impact of plantar fasciitis on postural control and walking in young middle-aged adults. *Foot (Edinb)*. 2022;53:101951. Epub 20221104. doi: 10.1016/j.foot.2022.101951. PubMed PMID: 36463613.
48. Dudoniene V, Balnytė M, Kuisma R. Comparison of static balance and gait between subjects with plantar fasciitis and age-matched controls. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2023;36(2):477-84. doi: 10.3233/bmr-220092. PubMed PMID: 36404530.
49. Petrofsky J, Donatelli R, Laymon M, Lee H. Greater Postural Sway and Tremor during Balance Tasks in Patients with Plantar Fasciitis Compared to Age-Matched Controls. *Healthcare (Basel)*. 2020;8(3). Epub 20200720. doi: 10.3390/healthcare8030219. PubMed PMID: 32698455; PubMed Central PMCID: PMC7551341.

50. Ağırman M. Evaluation of Balance and Fall Risk in Patients with Plantar Fasciitis Syndrome. *Sisli Etfal Hastan Tip Bul.* 2019;53(4):426-9. Epub 20191119. doi: 10.14744/semb.2018.68736. PubMed PMID: 32377120; PubMed Central PMCID: PMC7192286.
51. Palomo-López P, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, Rodríguez-Sanz D, Calvo-Lobo C, López-López D. Impact of plantar fasciitis on the quality of life of male and female patients according to the Foot Health Status Questionnaire. *J Pain Res.* 2018;11:875-80. Epub 20180427. doi: 10.2147/jpr.S159918. PubMed PMID: 29740215; PubMed Central PMCID: PMC5931202.
52. Alshammari SA, Alshwieer MA, Dammas SS, Alrasheed AM, Alasmari MA, Alahmari MM. Impact of Plantar Fasciitis on Foot-Specific and Generic Health-Related Quality of Life in King Khalid University Hospital, Saudi Arabia. *Cureus.* 2023;15(7):e41912. Epub 20230715. doi: 10.7759/cureus.41912. PubMed PMID: 37583733; PubMed Central PMCID: PMC10423962.
53. Drake C, Mallows A, Littlewood C. Psychosocial variables and presence, severity and prognosis of plantar heel pain: A systematic review of cross-sectional and prognostic associations. *Musculoskeletal Care.* 2018;16(3):329-38. Epub 20180515. doi: 10.1002/msc.1246. PubMed PMID: 29766646.
54. Cotchett M, Frescos N, Whittaker GA, Bonanno DR. Psychological factors associated with foot and ankle pain: a mixed methods systematic review. *J Foot Ankle Res.* 2022;15(1):10. Epub 20220203. doi: 10.1186/s13047-021-00506-3. PubMed PMID: 35115024; PubMed Central PMCID: PMC8812226.
55. Landorf KB, Kaminski MR, Munteanu SE, Zammit GV, Menz HB. Health-related quality of life is substantially worse in individuals with plantar heel pain. *Sci Rep.* 2022;12(1):15652. Epub 20220919. doi: 10.1038/s41598-022-19588-5. PubMed PMID: 36123358; PubMed Central PMCID: PMC9485111.
56. Cortés-Pérez I, Moreno-Montilla L, Ibáñez-Vera AJ, Díaz-Fernández Á, Obrero-Gaitán E, Lomas-Vega R. Efficacy of extracorporeal shockwave therapy, compared to corticosteroid injections, on pain, plantar fascia thickness and foot function in patients with plantar fasciitis: A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2024;38(8):1023-43. Epub 20240513. doi: 10.1177/02692155241253779. PubMed PMID: 38738305.
57. Peña-Martínez VM, Acosta-Olivo C, Simental-Mendía LE, Sánchez-García A, Jamialahmadi T, Sahebkar A, et al. Effect of corticosteroids over plantar fascia thickness in

- plantar fasciitis: a systematic review and meta-analysis. *Phys Sportsmed*. 2024;52(3):217-28. Epub 20230613. doi: 10.1080/00913847.2023.2223673. PubMed PMID: 37293970.
58. Herber A, Covarrubias O, Daher M, Tung WS, Gianakos AL. Platelet rich plasma therapy versus other modalities for treatment of plantar fasciitis: A systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Surg*. 2024;30(4):285-93. Epub 20240215. doi: 10.1016/j.fas.2024.02.004. PubMed PMID: 38395675.
59. Ogden JA, Tóth-Kischkat A, Schultheiss R. Principles of Shock Wave Therapy. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2001;387.
60. Rola P, Włodarczak A, Barycki M, Doroszko A. Use of the Shock Wave Therapy in Basic Research and Clinical Applications-From Bench to Bedside. *Biomedicines*. 2022;10(3). Epub 20220228. doi: 10.3390/biomedicines10030568. PubMed PMID: 35327369; PubMed Central PMCID: PMC8944950.
61. Lohrer H, Nauck T, Korakakis V, Malliaropoulos N. Historical ESWT Paradigms Are Overcome: A Narrative Review. *Biomed Res Int*. 2016;2016:3850461. Epub 20160717. doi: 10.1155/2016/3850461. PubMed PMID: 27493955; PubMed Central PMCID: PMC4967434.
62. Chaussy CG. Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy: Past, Present, and Future. In: Lingeman JE, Newman DM, editors. *Shock Wave Lithotripsy: State of the Art*. Boston, MA: Springer US; 1988. p. 1-9.
63. Jaśko M. Jeden z pierwszych ESWL w Polsce – doświadczenie z użytkowania 2014; 48(2):[18 p.].
64. Karpman RR, Magee FP, Gruen TW, Mobley T. Work-in-progress #1. The lithotripter and its potential use in the revision of total hip arthroplasty. *Orthop Rev*. 1987;16(1):38-42. PubMed PMID: 3453956.
65. Graff J, Richter KD, Pastor J. Effect of High-Energy Shock Waves on Bony Tissue. In: Walker VR, Sutton RAL, Cameron ECB, Pak CYC, Robertson WG, editors. *Urolithiasis*. Boston, MA: Springer US; 1989. p. 997-8.
66. Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Küllmer K, Schwitalle M, Krischek O. Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achillis. A sonographic and histological study. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(3):546-52. doi: 10.1302/0301-620x.80b3.8434. PubMed PMID: 9619954.
67. Valchanou VD, Michailov P. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. *Int Orthop*. 1991;15(3):181-4. doi: 10.1007/bf00192289. PubMed PMID: 1743828.
68. Bürger RA WU, Haist J, Karnosky V. Extrakorporale Stosswellenbehandlung bei Pseudarthrose und aseptischer Knochennekrose. *Urologe A*. 1991;30(A48).

69. Schleberger R, Seng T. Non-invasive treatment of long-bone pseudarthrosis by shock waves (ESWLR). *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 1992;111(4):224-7. doi: 10.1007/BF00571482.
70. Loske AM. Brief Historical Background. In: Loske AM, editor. *Medical and Biomedical Applications of Shock Waves*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 5-18.
71. Rompe JD, Rumler F, Hopf C, Nafe B, Heine J. Extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*. 1995(321):196-201. PubMed PMID: 7497669.
72. Denstedt JD, Eberwein PM, Singh RR. The Swiss Lithoclast: a new device for intracorporeal lithotripsy. *J Urol*. 1992;148(3 Pt 2):1088-90. doi: 10.1016/s0022-5347(17)36827-1. PubMed PMID: 1507340.
73. Gerdesmeyer L, Gollwitzer H, Diehl P, Wagner K. Radial extracorporeal shockwave therapy (rESWT) in orthopaedics. *J Miner Stoffwechs*. 2004;11.
74. Rompe JD, Hopf C, Nafe B, Burger R. Low-energy extracorporeal shock wave therapy for painful heel: a prospective controlled single-blind study. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1996;115(2):75-9. doi: 10.1007/bf00573445. PubMed PMID: 9063856.
75. Dahmen G, Franke R, Gonchars V, Poppe K, Lentrodt S, Lichtenberger S, et al. Die Behandlung knochenaher Weichteilschmerzen mit Extrakorporaler Stoßwellentherapie (ESWT), Indikation, Technik und bisherige Ergebnisse. *Die Stoßwelle—Forschung und Klinik*. 1995;2.
76. SUMMARY OF SAFETY AND EFFECTIVENESS: Food and Drug Agency. Available from: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf5/p050004b.pdf.
77. Rompe JD, Hopf C, Küllmer K, witzsch U, Nafe B. [Extracorporeal shockwave therapy of radiohumeral epicondylopathy-- an alternative treatment concept]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1996;134(1):63-6. doi: 10.1055/s-2008-1037418. PubMed PMID: 8650997.
78. Rompe JD, Krischek O, Eysel P, Hopf C, Jage J. [Results of extracorporeal shock-wave application in lateral elbow tendopathy]. *Schmerz*. 1998;12(2):105-11. doi: 10.1007/s004829800048. PubMed PMID: 12799977.
79. Rompe JD. "Extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis--a double blind randomized controlled trial" by C.A. Speed et al., *J Orthop Res* 2002;20:895-8. *J Orthop Res*. 2003;21(5):958-9; author reply 61. doi: 10.1016/s0736-0266(03)00044-5. PubMed PMID: 12919887.

80. Rompe JD, Eysel P, Hopf C, Krischek O, Vogel J, Bürger R, et al. [Extracorporeal shockwave therapy in orthopedics. Positive results in tennis elbow and tendinosis calcarea of the shoulder]. *Fortschr Med.* 1997;115(18):26, 9-33. PubMed PMID: 9324482.
81. Rompe JD, Rosendahl T, Schöllner C, Theis C. High-energy extracorporeal shock wave treatment of nonunions. *Clin Orthop Relat Res.* 2001(387):102-11. doi: 10.1097/00003086-200106000-00014. PubMed PMID: 11400870.
82. Furia JP, Rompe JD, Cacchio A, Maffulli N. Shock wave therapy as a treatment of nonunions, avascular necrosis, and delayed healing of stress fractures. *Foot Ankle Clin.* 2010;15(4):651-62. doi: 10.1016/j.fcl.2010.07.002. PubMed PMID: 21056863.
83. Vogel J, Rompe JD, Hopf C, Heine J, Bürger R. [High-energy extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of pseudarthrosis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1997;135(2):145-9. doi: 10.1055/s-2008-1039571. PubMed PMID: 9214173.
84. Krischek O, Rompe JD, Herbsthofer B, Nafe B. [Symptomatic low-energy shockwave therapy in heel pain and radiologically detected plantar heel spur]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1998;136(2):169-74. doi: 10.1055/s-2008-1051301. PubMed PMID: 9615981.
85. Rompe JD, Schoellner C, Nafe B. Evaluation of low-energy extracorporeal shock-wave application for treatment of chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(3):335-41. doi: 10.2106/00004623-200203000-00001. PubMed PMID: 11886900.
86. Rompe JD. Shock-wave therapy for plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(3):681-2; author reply 2-3. doi: 10.2106/00004623-200503000-00044. PubMed PMID: 15786568.
87. Rompe JD, Furia J, Cacchio A, Schmitz C, Maffulli N. Radial shock wave treatment alone is less efficient than radial shock wave treatment combined with tissue-specific plantar fascia-stretching in patients with chronic plantar heel pain. *Int J Surg.* 2015;24(Pt B):135-42. Epub 20150501. doi: 10.1016/j.ijssu.2015.04.082. PubMed PMID: 25940060.
88. Rompe JD, Furia J, Maffulli N. Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(1):52-61. doi: 10.2106/jbjs.F.01494. PubMed PMID: 18171957.
89. Rompe JD, Furia J, Maffulli N. Eccentric loading versus eccentric loading plus shock-wave treatment for midportion achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2009;37(3):463-70. Epub 20081215. doi: 10.1177/0363546508326983. PubMed PMID: 19088057.
90. Furia JP, Rompe JD, Maffulli N, Cacchio A, Schmitz C. Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy Is Effective and Safe in Chronic Distal Biceps Tendinopathy. *Clin J Sport Med.* 2017;27(5):430-7. doi: 10.1097/jsm.0000000000000399. PubMed PMID: 27893487.

91. Rompe JD, Bürger R, Hopf C, Eysel P. Shoulder function after extracorporeal shock wave therapy for calcific tendinitis. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;7(5):505-9. doi: 10.1016/s1058-2746(98)90203-8. PubMed PMID: 9814931.
92. Rompe JD, Zoellner J, Nafe B. Shock wave therapy versus conventional surgery in the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* 2001(387):72-82. doi: 10.1097/00003086-200106000-00010. PubMed PMID: 11400897.
93. Novak P. Physical Basics. *Myofascial Syndromes & Trigger Points.* Brackenheim-Hausen, Germany: Level 10; 2019.
94. Dymarek R, Halski T, Ptaszkowski K, Slupska L, Rosinczuk J, Taradaj J. Extracorporeal shock wave therapy as an adjunct wound treatment: a systematic review of the literature. *Ostomy Wound Manage.* 2014;60(7):26-39. PubMed PMID: 25019247.
95. Cleveland RO, Chitnis PV, McClure SR. Acoustic Field of a Ballistic Shock Wave Therapy Device. *Ultrasound in Medicine & Biology.* 2007;33(8):1327-35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2007.02.014>.
96. Guo J, Hai H, Ma Y. Application of extracorporeal shock wave therapy in nervous system diseases: A review. *Front Neurol.* 2022;13:963849. Epub 20220817. doi: 10.3389/fneur.2022.963849. PubMed PMID: 36062022; PubMed Central PMCID: PMC9428455.
97. Śniegucka K, Soroko-Dubrovina M, Zielińska P, Dudek K, Žuffová K. The Effect of Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy (rESWT) on the Skin Surface Temperature of the Longissimus Dorsi Muscle in Clinically Healthy Racing Thoroughbreds: A Preliminary Study. *Animals [Internet].* 2023; 13(12).
98. Yang F, Guo J, Kang N, Yu X, Ma Y. rESWT promoted angiogenesis via Bach1/Wnt/ β -catenin signaling pathway. *Scientific Reports.* 2024;14(1):11733. doi: 10.1038/s41598-024-62582-2.
99. Contaldo C, Högger DC, Khorrami Borozadi M, Stotz M, Platz U, Forster N, et al. Radial pressure waves mediate apoptosis and functional angiogenesis during wound repair in ApoE deficient mice. *Microvascular Research.* 2012;84(1):24-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2012.03.006>.
100. Zhang H, Li Z-L, Yang F, Zhang Q, Su X-Z, Li J, et al. Radial shockwave treatment promotes human mesenchymal stem cell self-renewal and enhances cartilage healing. *Stem Cell Research & Therapy.* 2018;9(1):54. doi: 10.1186/s13287-018-0805-5.
101. Wang S, Yin C, Han X, Guo A, Chen X, Liu S, et al. Improved Healing of Diabetic Foot Ulcer upon Oxygenation Therapeutics through Oxygen-Loading Nanoperfluorocarbon

Triggered by Radial Extracorporeal Shock Wave. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2019;2019(1):5738368. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/5738368>.

102. DeLisser HM, Christofidou-Solomidou M, Strieter RM, Burdick MD, Robinson CS, Wexler RS, et al. Involvement of endothelial PECAM-1/CD31 in angiogenesis. *Am J Pathol*. 1997;151(3):671-7. PubMed PMID: 9284815; PubMed Central PMCID: PMC1857836.

103. Langendorf EK, Klein A, Drees P, Rommens PM, Mattyasovszky SG, Ritz U. Exposure to radial extracorporeal shockwaves induces muscle regeneration after muscle injury in a surgical rat model. *Journal of Orthopaedic Research*. 2020;38(6):1386-97. doi: <https://doi.org/10.1002/jor.24564>.

104. Kenmoku T, Ochiai N, Ohtori S, Saisu T, Sasho T, Nakagawa K, et al. Degeneration and recovery of the neuromuscular junction after application of extracorporeal shock wave therapy. *Journal of Orthopaedic Research*. 2012;30(10):1660-5. doi: <https://doi.org/10.1002/jor.22111>.

105. Kenmoku T, Iwakura N, Ochiai N, Saisu T, Ohtori S, Takahashi K, et al. Influence of different energy patterns on efficacy of radial shock wave therapy. *Journal of Orthopaedic Science*. 2020;26. doi: 10.1016/j.jos.2020.07.009.

106. Kenmoku T, Nemoto N, Iwakura N, Ochiai N, Uchida K, Saisu T, et al. Extracorporeal shock wave treatment can selectively destroy end plates in neuromuscular junctions. *Muscle & Nerve*. 2018;57(3):466-72. doi: <https://doi.org/10.1002/mus.25754>.

107. Zhang H-L, Jin R-J, Guan L, Zhong D-L, Li Y-X, Liu X-B, et al. Extracorporeal Shock Wave Therapy on Spasticity After Upper Motor Neuron Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2022;101(7).

108. Dedes V, Stergioulas A, Kipreos G, Dede AM, Mitseas A, Panoutsopoulos GI. Effectiveness and Safety of Shockwave Therapy in Tendinopathies. *Mater Sociomed*. 2018;30(2):131-46. doi: 10.5455/msm.2018.30.141-146. PubMed PMID: 30061805; PubMed Central PMCID: PMC6029898.

109. Kaplan S, Sah V, Ozkan S, Adanas C, Delen V. Comparative Effects of Focused and Radial Extracorporeal Shock Wave Therapies on Lateral Epicondylitis: A Randomised Sham-controlled Trial. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2023;33(5):554-9. doi: 10.29271/jcpsp.2023.05.554. PubMed PMID: 37190692.

110. Xue X, Song Q, Yang X, Kuati A, Fu H, Liu Y, et al. Effect of extracorporeal shockwave therapy for rotator cuff tendinopathy: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2024;25(1):357. doi: 10.1186/s12891-024-07445-7.

111. Song Y, Che X, Wang Z, Li M, Zhang R, Wang D, et al. A randomized trial of treatment for anterior cruciate ligament reconstruction by radial extracorporeal shock wave therapy.

112. Shao H, Zhang S, Chen J, Wen A, Wu Z, Huang M, et al. Radial extracorporeal shockwave therapy reduces pain and promotes proximal tendon healing after rotator cuff repair: Randomized clinical trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2023;66(4):101730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2023.101730>.
113. Kim JY, Lee JS, Park CW. Extracorporeal shock wave therapy is not useful after arthroscopic rotator cuff repair. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2012;20(12):2567-72. doi: 10.1007/s00167-012-1923-8.
114. Kang N, Yu X, Ma Y. Radial extracorporeal shock wave therapy in a patient with decubitus ulcer after spinal cord injury: a case report. *Am J Transl Res*. 2020;12(5):2093-8. Epub 20200515. PubMed PMID: 32509203; PubMed Central PMCID: PMC7270024.
115. Dymarek R, Kuberka I, Rosińczuk J, Walewicz K, Taradaj J, Sopel M. The Immediate Clinical Effects Following a Single Radial Shock Wave Therapy in Pressure Ulcers: A Preliminary Randomized Controlled Trial of The SHOWN Project. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2023;12(8):440-52. Epub 20221006. doi: 10.1089/wound.2021.0015. PubMed PMID: 35996355.
116. Brunelli S, Gentileschi N, Spanò B, Pratesi L, Calvani A, Mucci R, et al. Effect of Early Radial Shock Wave Treatment on Spasticity in Subacute Stroke Patients: A Pilot Study. *Biomed Res Int*. 2022;2022:8064548. Epub 20220720. doi: 10.1155/2022/8064548. PubMed PMID: 35909493; PubMed Central PMCID: PMC9328978.
117. Li G, Yuan W, Liu G, Qiao L, Zhang Y, Wang Y, et al. Effects of radial extracorporeal shockwave therapy on spasticity of upper-limb agonist/antagonist muscles in patients affected by stroke: a randomized, single-blind clinical trial. *Age and Ageing*. 2020;49(2):246-52. doi: 10.1093/ageing/afz159.
118. Gonkova MI, Ilieva EM, Ferriero G, Chavdarov I. Effect of radial shock wave therapy on muscle spasticity in children with cerebral palsy. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2013;36(3).
119. Troncati F, Paci M, Myftari T, Lombardi B. Extracorporeal Shock Wave Therapy reduces upper limb spasticity and improves motricity in patients with chronic hemiplegia: a case series. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(3):399-405. doi: 10.3233/nre-130970. PubMed PMID: 23949081.
120. Lin Y, Wang G, Wang B. Rehabilitation treatment of spastic cerebral palsy with radial extracorporeal shock wave therapy and rehabilitation therapy. *Medicine*. 2018;97(51).
121. Biedermann Villagra T, Tur Segura M, Gimeno Esteve F, Jimenez Redondo J, García Rodríguez N, Milà Villarroel R. EFFECTIVENESS OF RADIAL EXTRACORPOREAL

SHOCKWAVE THERAPY IN THE LOCAL MANAGEMENT OF HYPERTONIA (SPASTICITY AND DYSTONIA) IN PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY. *J Rehabil Med Clin Commun.* 2024;7:41084. Epub 20241030. doi: 10.2340/jrm-cc.v7.41084. PubMed PMID: 39512483; PubMed Central PMCID: PMC11541800.

122. Yamaçake KGR, Carneiro F, Cury J, Lourenço R, Françolin PC, Piovesan AC, et al. Low-intensity shockwave therapy for erectile dysfunction in kidney transplant recipients. A prospective, randomized, double blinded, sham-controlled study with evaluation by penile Doppler ultrasonography. *International Journal of Impotence Research.* 2019;31(3):195-203. doi: 10.1038/s41443-018-0062-2.

123. Sandoval-Salinas C, Saffon JP, Martínez JM, Corredor HA, Gallego A. Are Radial Pressure Waves Effective for the Treatment of Moderate or Mild to Moderate Erectile Dysfunction? A Randomized Sham Therapy Controlled Clinical Trial. *J Sex Med.* 2022;19(5):738-44. Epub 20220324. doi: 10.1016/j.jsxm.2022.02.010. PubMed PMID: 35341724.

124. Wu SS, Ericson KJ, Shoskes DA. Retrospective comparison of focused shockwave therapy and radial wave therapy for men with erectile dysfunction. *Transl Androl Urol.* 2020;9(5):2122-8. doi: 10.21037/tau-20-911. PubMed PMID: 33209675; PubMed Central PMCID: PMC7658170.

125. Michael R. Hamblin YH. *Handbook of Photomedicine.* 1st ed. Boca Raton: CRC Press; 2013.

126. Michael R. Hamblin TA, Marcelo de Sousa. *Handbook of Low-Level Laser Therapy.* 1st ed. New York: Jenny Stanford Publishing; 2016 2016.

127. Cotler HB, Chow RT, Hamblin MR, Carroll J. The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain. *MOJ Orthop Rheumatol.* 2015;2(5). Epub 20150609. doi: 10.15406/mojor.2015.02.00068. PubMed PMID: 26858986; PubMed Central PMCID: PMC4743666.

128. Eichler HJ, Eichler J, Lux O. Medical Applications and Biophotonics. In: Eichler HJ, Eichler J, Lux O, editors. *Lasers: Basics, Advances and Applications.* Cham: Springer International Publishing; 2018. p. 423-58.

129. Gill K, Ospanova A. RUBY LASER. *Science & Education.* 2022;12:3939-40. doi: 10.15680/IJRSET.2022.1104138.

130. Medicine Io, Medicine CoTti, Dawkins H, Gelijns AC, Rosenberg N. *Sources of Medical Technology: Universities and Industry:* National Academies Press; 1995.

131. Mester A. Laser Biostimulation. *Photomedicine and laser surgery.* 2013;31:237-9. doi: 10.1089/pho.2013.9876.

132. Mester A, Mester A. The History of Photobiomodulation: Endre Mester (1903-1984). *Photomed Laser Surg.* 2017;35(8):393-4. doi: 10.1089/pho.2017.4332. PubMed PMID: 28783466.
133. Mester A. Laser biostimulation. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(6):237-9. doi: 10.1089/pho.2013.9876. PubMed PMID: 23741992.
134. Prouza O, Jeníček J, Procházka M. Class 4. non-invasive laser therapy in clinical rehabilitation. *Rehabil fyz Lék.* 2013;20(2):113-9.
135. Robertson V, Ward A, Low J, Ann Reed BAMDTP. *Electrotherapy Explained: Principles and Practice*: Elsevier Health Sciences; 2006.
136. Kasprzak WMA. *Fizykoterapia, medycyna uzdrowiskowa i SPA*. Warszawa: PZWL; 2017. 406 p.
137. Mansouri V, Arjmand B, Rezaei Tavirani M, Razzaghi M, Rostami-Nejad M, Hamdiah M. Evaluation of Efficacy of Low-Level Laser Therapy. *J Lasers Med Sci.* 2020;11(4):369-80. Epub 20201003. doi: 10.34172/jlms.2020.60. PubMed PMID: 33425286; PubMed Central PMCID: PMC7736953.
138. Chung H, Dai T, Sharma SK, Huang YY, Carroll JD, Hamblin MR. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.* 2012;40(2):516-33. Epub 20111102. doi: 10.1007/s10439-011-0454-7. PubMed PMID: 22045511; PubMed Central PMCID: PMC3288797.
139. Zhao R, Qiao J, Lv X, Fang X. Efficacy analysis of high-intensity laser therapy for post lumbar surgery syndrome. *Sci Rep.* 2025;15(1):29069. Epub 20250808. doi: 10.1038/s41598-025-14986-x. PubMed PMID: 40781134; PubMed Central PMCID: PMC12334732.
140. Ravera S, Ferrando S, Agas D, De Angelis N, Raffetto M, Sabbieti MG, et al. 1064 nm Nd:YAG laser light affects transmembrane mitochondria respiratory chain complexes. *J Biophotonics.* 2019;12(9):e201900101. Epub 20190619. doi: 10.1002/jbio.201900101. PubMed PMID: 31033186.
141. Starzec-Proserpio M, Grigol Bardin M, Fradette J, Tu LM, Bérubè-Lauzière Y, Paré J, et al. High-Intensity Laser Therapy (HILT) as an Emerging Treatment for Vulvodynia and Chronic Musculoskeletal Pain Disorders: A Systematic Review of Treatment Efficacy. *J Clin Med.* 2022;11(13). Epub 20220627. doi: 10.3390/jcm11133701. PubMed PMID: 35806984; PubMed Central PMCID: PMC9267539.
142. Arroyo-Fernández R, Aceituno-Gómez J, Serrano-Muñoz D, Avendaño-Coy J. High-Intensity Laser Therapy for Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review and Meta-

- Analysis of Randomized Clinical Trials. *J Clin Med*. 2023;12(4). Epub 20230213. doi: 10.3390/jcm12041479. PubMed PMID: 36836014; PubMed Central PMCID: PMC9963402.
143. Poenaru D, Sandulescu MI, Potcovaru CG, Cinteza D. High-Intensity Laser Therapy in Pain Management of Knee Osteoarthritis. *Biomedicines*. 2024;12(8):1679. PubMed PMID: doi:10.3390/biomedicines12081679.
144. Wu M, Luan L, Pranata A, Witchalls J, Adams R, Bousie J, et al. Is high intensity laser therapy more effective than other physical therapy modalities for treating knee osteoarthritis? A systematic review and network meta-analysis. *Frontiers in Medicine*. 2022;Volume 9 - 2022. doi: 10.3389/fmed.2022.956188.
145. Abdildin Y, Tapinova K, Jyeniskhan N, Viderman D. High-intensity laser therapy in low back pain management: a systematic review with meta-analysis. *Lasers in Medical Science*. 2023;38(1):166. doi: 10.1007/s10103-023-03827-w.
146. Chauhan D, Sharma S. Adjunctive Approach to Therapeutic Laser and Exercise Therapies in Alleviating Pain and Disability in Patients with Low Back Pain: A Systematic Review. *J Lifestyle Med*. 2024;14(2):69-79. doi: 10.15280/jlm.2024.14.2.69. PubMed PMID: 39280939; PubMed Central PMCID: PMC11391339.
147. Yoon SH, Huh BK, Abdi S, Javed S. The efficacy of high-intensity laser therapy in wound healing: a narrative review. *Lasers in Medical Science*. 2024;39(1):208. doi: 10.1007/s10103-024-04146-4.
148. ElMeligie MM, Ismail MM, Gomaa YS, Yehia AM, Sakr HR, ElGendy OM. Effect of High-Intensity Laser Therapy on Carpal Tunnel Syndrome Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil*. 2024;103(11):979-85. Epub 20240106. doi: 10.1097/phm.0000000000002427. PubMed PMID: 38207201.
149. Yiğit F, Ordahan B. Effects of high-intensity laser therapy on pain, functional status, hand grip strength, and median nerve cross-sectional area by ultrasonography in patients with carpal tunnel syndrome. *Lasers Med Sci*. 2023;38(1):248. Epub 20231031. doi: 10.1007/s10103-023-03913-z. PubMed PMID: 37906312.
150. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39(2):175-91. doi: 10.3758/bf03193146. PubMed PMID: 17695343.
151. Jensen MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain*. 1986;27(1):117-26. doi: 10.1016/0304-3959(86)90228-9. PubMed PMID: 3785962.

152. Bird SB, Dickson EW. Clinically significant changes in pain along the visual analog scale. *Ann Emerg Med.* 2001;38(6):639-43. doi: 10.1067/mem.2001.118012. PubMed PMID: 11719742.
153. Kapusta J, Domzalski M. Long Term Effectiveness of ESWT in Plantar Fasciitis in Amateur Runners. *J Clin Med.* 2022;11(23). Epub 20221124. doi: 10.3390/jcm11236926. PubMed PMID: 36498501; PubMed Central PMCID: PMC9737564.
154. Laitinen J. Acupuncture and transcutaneous electric stimulation in the treatment of chronic sacrolumbalgia and ischialgia. *Am J Chin Med (Gard City N Y).* 1976;4(2):169-75. doi: 10.1142/s0192415x76000214. PubMed PMID: 132863.
155. Alrashidi Y, Alsaygh EF, Khoshhal MS, Alsaedi OF, Dwmlou BA, Alandijani HA, et al. Prevalence of Plantar Heel Pain Among School Teachers in Medina Region, Saudi Arabia: A Cross-Sectional Study. *Cureus.* 2022;14(11):e31821. Epub 20221123. doi: 10.7759/cureus.31821. PubMed PMID: 36579271; PubMed Central PMCID: PMC9784590.
156. Rasenberg N, Bierma-Zeinstra SM, Bindels PJ, van der Lei J, van Middelkoop M. Incidence, prevalence, and management of plantar heel pain: a retrospective cohort study in Dutch primary care. *Br J Gen Pract.* 2019;69(688):e801-e8. Epub 20191031. doi: 10.3399/bjgp19X706061. PubMed PMID: 31636128; PubMed Central PMCID: PMC6805165.
157. Akinoglu B, Köse N, Kirdi N, Yakut Y. Comparison of the Acute Effect of Radial Shock Wave Therapy and Ultrasound Therapy in the Treatment of Plantar Fasciitis: A Randomized Controlled Study. *Pain Med.* 2017;18(12):2443-52. doi: 10.1093/pm/pnx113. PubMed PMID: 28575496.
158. Eslamian F, Shakouri SK, Jahanjoo F, Hajialiloo M, Notghi F. Extra Corporeal Shock Wave Therapy Versus Local Corticosteroid Injection in the Treatment of Chronic Plantar Fasciitis, a Single Blinded Randomized Clinical Trial. *Pain Med.* 2016;17(9):1722-31. Epub 20160608. doi: 10.1093/pm/pnw113. PubMed PMID: 27282594.
159. Thammajaree C, Theapthong M, Palee P, Pakpakorn P, Sitti T, Sakulsriprasert P, et al. Effects of radial extracorporeal shockwave therapy versus high intensity laser therapy in individuals with plantar fasciitis: A randomised clinical trial. *Lasers in Medical Science.* 2023;38(1):127. doi: 10.1007/s10103-023-03791-5.
160. Zare Bidoki M, Vafaei Nasab MR, Khatibi Aghda A. Comparison of High-intensity Laser Therapy with Extracorporeal Shock Wave Therapy in the Treatment of Patients with Plantar Fasciitis: A Double-blind Randomized Clinical Trial. *Iran J Med Sci.* 2024;49(3):147-55. Epub 20240301. doi: 10.30476/ijms.2023.98042.2991. PubMed PMID: 38584653; PubMed Central PMCID: PMC10997849.

161. Karakuzu Güngör Z. Comparison of extracorporeal shock wave therapy and high-intensity laser therapy in the treatment of calcaneal spur-related symptoms: clinical outcomes and functional improvement. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2025;20(1):393. doi: 10.1186/s13018-025-05812-1.
162. Mishra BN, Poudel RR, Banskota B, Shrestha BK, Banskota AK. Effectiveness of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) vs methylprednisolone injections in plantar fasciitis. *J Clin Orthop Trauma*. 2019;10(2):401-5. Epub 20180223. doi: 10.1016/j.jcot.2018.02.011. PubMed PMID: 30828215; PubMed Central PMCID: PMC6383071.
163. Szajkowski S, Pasek J, Cieślars G. Dose Escalation Can Enhance the Therapeutic Potential of Radial Extracorporeal Shock-Wave Therapy in the Treatment of Plantar Fasciitis in Runners. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(5). Epub 20240506. doi: 10.3390/medicina60050766. PubMed PMID: 38792948; PubMed Central PMCID: PMC11123367.
164. Narin S, Unver B, Demirkiran ND, Erduran M. Comparison of Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy in Plantar Fasciitis Treatment Using Two Different Frequencies. *Cureus*. 2020;12(5):e8284. Epub 20200526. doi: 10.7759/cureus.8284. PubMed PMID: 32601560; PubMed Central PMCID: PMC7317142.
165. Grecco MV, Brech GC, Greve JM. One-year treatment follow-up of plantar fasciitis: radial shockwaves vs. conventional physiotherapy. *Clinics (Sao Paulo)*. 2013;68(8):1089-95. doi: 10.6061/clinics/2013(08)05. PubMed PMID: 24037003; PubMed Central PMCID: PMC3752632.
166. Li X, Zhang L, Gu S, Sun J, Qin Z, Yue J, et al. Comparative effectiveness of extracorporeal shock wave, ultrasound, low-level laser therapy, noninvasive interactive neurostimulation, and pulsed radiofrequency treatment for treating plantar fasciitis: A systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(43):e12819. doi: 10.1097/md.00000000000012819. PubMed PMID: 30412072; PubMed Central PMCID: PMC6221608.
167. Dedes V, Tzirogiannis K, Polikandrioti M, Dede AM, Nikolaidis C, Mitseas A, et al. Radial Extra Corporeal Shockwave Therapy Versus Ultrasound Therapy in the Treatment of Plantar Fasciitis. *Acta Inform Med*. 2019;27(1):45-9. doi: 10.5455/aim.2019.27.45-49. PubMed PMID: 31213743; PubMed Central PMCID: PMC6511272.
168. Fouda KZ, Ali ZA, Elshorbagy RT, Eladl HM. Effect of radial shock wave and ultrasound therapy combined with traditional physical therapy exercises on foot function and dorsiflexion range in plantar fasciitis: a prospective randomized clinical trial. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2023;27(9):3823-32. doi: 10.26355/eurrev_202305_32287. PubMed PMID: 37203806.

169. Tezen Ö, Bilir EE, Arslan HB, Adıgüzel E, Yaşar E. Investigation of The Effectiveness of Extracorporeal Shock Wave Therapy in Patients Diagnosed with Plantar Fasciitis: Comparison of Radial and Focus Applications. *J Foot Ankle Surg.* 2025;64(1):36-41. Epub 20240901. doi: 10.1053/j.jfas.2024.08.012. PubMed PMID: 39222874.
170. Şah V, Kaplan ş, Ozkan S, Adanaş C, Toprak M. Comparison between radial and focused types of extracorporeal shock-wave therapy in plantar calcaneal spur: A randomised sham-controlled trial. *The Physician and Sportsmedicine.* 2022;51. doi: 10.1080/00913847.2022.2091413.
171. Heide M, Røe C, Mørk M, Myhre K, Brunborg C, Brox JI, et al. Is radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT), sham-rESWT or a standardised exercise programme in combination with advice plus customised foot orthoses more effective than advice plus customised foot orthoses alone in the treatment of plantar fasciopathy? A double-blind, randomised, sham-controlled trial. *Br J Sports Med.* 2024;58(16):910-8. Epub 20240731. doi: 10.1136/bjsports-2024-108139. PubMed PMID: 38904119; PubMed Central PMCID: PMC11347971.
172. Yesil H, Dundar U, Toktas H, Eyvaz N, Yeşil M. The effect of high intensity laser therapy in the management of painful calcaneal spur: a double blind, placebo-controlled study. *Lasers in Medical Science.* 2020;35(4):841-52. doi: 10.1007/s10103-019-02870-w.
173. Tkocz P, Matusz T, Kosowski Ł, Walewicz K, Argier Ł, Kuszewski M, et al. A Randomised-Controlled Clinical Study Examining the Effect of High-Intensity Laser Therapy (HILT) on the Management of Painful Calcaneal Spur with Plantar Fasciitis. *J Clin Med.* 2021;10(21). Epub 20211023. doi: 10.3390/jcm10214891. PubMed PMID: 34768411; PubMed Central PMCID: PMC8584509.
174. Ordahan B, Karahan AY, Kaydok E. The effect of high-intensity versus low-level laser therapy in the management of plantar fasciitis: a randomized clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2018;33(6):1363-9. Epub 20180407. doi: 10.1007/s10103-018-2497-6. PubMed PMID: 29627888.
175. Naruseviciute D, Kubilius R. The effect of high-intensity versus low-level laser therapy in the management of plantar fasciitis: randomized participant blind controlled trial. *Clin Rehabil.* 2020;34(8):1072-82. Epub 20200608. doi: 10.1177/0269215520929073. PubMed PMID: 32513018; PubMed Central PMCID: PMC7372589.
176. Yadav S, Sharma S, Chatterjee S, Sharma A, Thakur S. Effect of LASER therapy on plantar fasciitis pain: illuminating a promising treatment approach - a systematic review. *Lasers in Medical Science.* 2025;40(1):18. doi: 10.1007/s10103-025-04289-y.

10. Wykaz rycin

Rycina 1. Obustronne, dolne ostrogi piętowe w obrazie rtg.....	15
Rycina 2. Współwystępowanie bezobjawowej ostrogi górnej wraz z objawową dolną ostrogą kości piętowej w obrazie rtg.....	16
Rycina 3. Ossatron (HMT) do terapii ESWT u pacjentów z schorzeniami układu mięśniowo-szkieletowego. Na zdjęciu przedstawiony jest model z roku 1996 o wadze 300kg. Cena aparatu wynosiła wtedy 200.000,- €	22
Rycina 4. Aparat do terapii radialną falą uderzeniową Swiss DolorClast®	23
Rycina 5. Mechanizm generowania fali radialnej.	25
Rycina 6. Charakterystyka kształtu fali zogniskowanej (FSWT) oraz fali radialnej (RSWT).26	
Rycina 7. Głębokość penetracji światła przez skórę człowieka	34
Rycina 8. Wykonanie zabiegu HILT na okolicę podszwowej pięty.....	42
Rycina 9. Wykonanie zabiegu RSWT na okolicę podszwowej pięty	42
Rycina 10. Schemat badania opracowany na podstawie wytycznych CONSORT.....	48
Rycina 11. Rozkład BMI u pacjentów zrekrutowanych do badania.....	50
Rycina 12. Rozkład wieku w badanej populacji.....	51
Rycina 13. Nasilenie dolegliwości bólowych w skali VAS w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	52
Rycina 14. Nasilenie dolegliwości bólowych w skali NRS w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	53
Rycina 15. Procentowy udział pacjentów w kategoriach zmiany nasilenia bólu (VAS) po zakończeniu obserwacji względem stanu wyjściowego (T3 vs T1) — porównanie trzech grup (RSWT, HILT, RSWT+HILT).....	55
Rycina 16. Nasilenie dolegliwości bólowych w LPQ w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	57
Rycina 17. Częstotliwość występowania dolegliwości bólowych w LPQ trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	57
Rycina 18. Częstotliwość stosowania leków przeciwbólowych w LPQ trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	58
Rycina 19. Ograniczenie aktywności dnia codziennego w LPQ w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	59

Rycina 20. Nasilenie dolegliwości bólowych w trakcie wykonywania określonych czynności dnia codziennego w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	62
Rycina 21. Nasilenie uczucia sztywności w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych.....	64
Rycina 22. Sumaryczna ocena sprawności funkcjonalnej w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych	66
Rycina 23. Sumaryczna ocena w kwestionariuszu funkcjonalnym w trzech grupach badanych w trzech punktach czasowych	68

11. Wykaz tabel

Tabela 1. Charakterystyka wstępna grupy badanej	49
Tabela 2. Analiza międzygrupowa wyjściowych parametrów	50
Tabela 3. Zmiany nasilenia dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej - VAS	51
Tabela 4. Zmiany nasilenia dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej - NRS.....	52
Tabela 5. Redukcja nasilenia bólu w skali VAS względem wartości wyjściowej: struktura procentowa po obserwacji w trzech grupach	54
Tabela 6. Zmiany nasilenia dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej – LPQ	56
Tabela 7. Zmiany częstotliwości występowania dolegliwości bólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej – LPQ	56
Tabela 8. Zmiany częstotliwości stosowania leków przeciwbólowych w czasie z uwzględnieniem grupy badanej – LPQ	56
Tabela 9. Zmiany ograniczenia aktywności fizycznej w LPQ w czasie z uwzględnieniem grupy badanej	59
Tabela 10. Zmiany sumarycznej oceny nasilenia dolegliwości bólowych w trakcie wykonywania określonych czynności dnia codziennego w kwestionariuszu funkcjonalnym w czasie z uwzględnieniem grupy badanej	60
Tabela 11. Nasilenie dolegliwości bólowych podczas wykonywania czynności dnia codziennego w kolejnych punktach czasowych w trzech grupach badanych.....	61
Tabela 12. Zmiany sumarycznej oceny nasilenia uczucia sztywności w kwestionariuszu funkcjonalnym w czasie z uwzględnieniem grupy badanej	63
Tabela 13. Nasilenie sztywności odczuwane przez pacjentów rano oraz w ciągu dnia w kolejnych punktach czasowych w trzech grupach badanych	63
Tabela 14. Zmiany sumarycznej oceny sprawności funkcjonalnej w kwestionariuszu funkcjonalnym w czasie z uwzględnieniem grupy badanej	65
Tabela 15. Ocena trudności wykonywania poszczególnych czynności dnia codziennego w kolejnych punktach czasowych w trzech grupach badanych	65
Tabela 16. Zmiany sumarycznej oceny kwestionariusza funkcjonalnego w czasie z uwzględnieniem grupy badanej.....	67
Tabela 17. Porównanie wybranych wyjściowych danych demograficznych z innymi badaniami	71

Tabela 18. Dawkowanie RSWT w literaturze naukowej.....	75
Tabela 19. Dawkowanie HILT w literaturze naukowej.	78

12.Załączniki

Załącznik 1. Opinia Komisji Bioetycznej



Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym

Tel.: 022/ 57 - 20 -303
Fax: 022/ 57 - 20 -165

ul. Żwirki i Wigury nr 61
02-091 Warszawa

e-mail: komisja.bioetyczna@wum.edu.pl
www.komisja-bioetyczna.wum.edu.pl

KB/...../2018

Komisja Bioetyczna przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym
w dniu 14 marca 2018 r. po zapoznaniu się z wnioskiem:

Prof.dr hab.Witold Rongies,
Zakład Rehabilitacji,
ul.Banacha 1a, 02-097 Warszawa

dotyczącym: wyrażenia opinii w sprawie badania pt :„ Ocena skuteczności terapii falami uderzeniowymi (SWT), lasera wysokoenergetycznego (HIL) oraz połączonej terapii falami uderzeniowymi z laserem wysokoenergetycznym, w wybranych schorzeniach i chorobach narządu ruchu.”

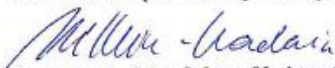
wyraża następującą opinię

- stwierdza, że jest ono dopuszczalne i zgodne z zasadami naukowo-etycznymi*.
- stwierdza, że jest ono niedopuszczalne i niezgodne z zasadami naukowo-etycznymi.*

Uwagi Komisji – *verte*

Komisja działa na podstawie art.29 ustawy z dnia 5.12.1996r. o zawodzie lekarza /Dz.U.nr 28/97 poz.152 wraz z późn.zm./, zarządzenia MZiOS z dn.11.05.1999r. w sprawie szczegółowych zasad powoływania i finansowania oraz trybu działania komisji bioetycznych /Dz.U.nr 47 poz.480/, Ustawy prawo farmaceutyczne z dnia 6 września 2001r. (Dz.U.Nr 126, poz. 1381 z późn. zm.) oraz Zarządzenie nr 56/2007 z dnia 15 października 2007r. w sprawie działania Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym /Regulamin Komisji Bioetycznej przy Warszawskim Uniwersytecie Medycznym/.
Komisja działa zgodnie z zasadami GCP .
W załączeniu: skład komisji oraz lista obecności

Przewodnicząca Komisji Bioetycznej


Dr hab. n. med. Magdalena Kuźma-Kozakiewicz

*niepotrzebne skreślić

Załącznik 2. Kwestionariusz Funkcjonalny z skalą VAS

1-6

Formularz WOMAC- rozcięgno piętowe i okolica Data.....

Nr chorego:

Imię i Nazwisko: nr telefonu:.....

Nr badania: **1**

Dokładna lokalizacja bólu:

Badanie kwestionariuszowe - Proszę ocenić aktualny stan zdrowia

<i>Proszę postawić X w kratce z wybraną odpowiedzią:</i>	brak	niewielkie	średnie	duże	b. duże
Przykład:	☐	☒	☐	☐	☐

I Jak ocenia Pan(i) dolegliwości bólowe występujące podczas wykonywania następujących czynności:

1. Chodzenia po płaskiej powierzchni	☐	☐	☐	☐	☐
2. Chodzenia po nierównych nawierzchniach (np. trawnik)	☐	☐	☐	☐	☐
3. Biegania	☐	☐	☐	☐	☐
4. Prowadzenia samochodu	☐	☐	☐	☐	☐
5. Podczas pierwszych kroków po odpoczynku nocnym	☐	☐	☐	☐	☐
6. Podczas wykonywania pierwszych kroków, po >30 min. pozostawania w pozycji siedzącej, leżącej	☐	☐	☐	☐	☐
7. Występowanie bólu w warunkach spoczynkowych	☐	☐	☐	☐	☐

II. Jak ocenia Pan(i) szytywność ocenianego stawu:

	brak	niewielka	średnia	duża	b. duża
8. Szytywność poranna	☐	☐	☐	☐	☐
9. Szytywność w ciągu reszty dnia	☐	☐	☐	☐	☐

III. Jak duży problem ma Pan(i) z:

	brak	niewielki	średni	duży	b. duży
10. Wstawaniem z pozycji siedzącej (>30 min. siedzenia)	☐	☐	☐	☐	☐
11. Wstawaniem z łóżka po odpoczynku nocnym	☐	☐	☐	☐	☐
12. Staniem	☐	☐	☐	☐	☐
13. Chodzeniem po płaskiej powierzchni	☐	☐	☐	☐	☐
14. Chodzeniem po nierównej nawierzchni	☐	☐	☐	☐	☐
15. Bieganiem	☐	☐	☐	☐	☐
16. Występowaniem bólu w warunkach spoczynkowych	☐	☐	☐	☐	☐

1. Płeć: K; M; Wiek:lat; Waga:kg; Wzrost:cm BMI:.....
2. Badania obrazowe: Rtg; USG; TK;MRI; 3. Kiedy pojawił się pierwszy, oceniany ból:
4. Czas trwania dolegliwości bólowych: a) < 1 miesiąca; b) >1 ale < 3 miesiące;
c) > 3 ale < 6 miesięcy; d) > 6 miesięcy;

Brak bólu I.....I **Ból nie do zniesienia**

Załącznik 3. Kwestionariusz Laitinen'a z skalą NRS

Wskaźnik:	Ocena problemu:	Liczba punktów:
Nasilenie bólu	Bez bólu	0
	Łagodny	1
	Silny	2
	Bardzo silny	3
	Nie do wytrzymania	4
Częstotliwość występowania bólu	Nie występuje	0
	Okresowo	1
	Często	2
	Bardzo często	3
	Ból ciągły	4
Częstotliwość zażywania środków przeciwbólowych:	Brak środków przeciwbólowych	0
	Doraźnie	1
	Ciągle – małe dawki	2
	Ciągle – duże dawki	3
	Ciągle – bardzo duże dawki	4
Ograniczenie aktywności ruchowej	Żadne	0
	Częściowe	1
	Utrudniające pracę	2
	Uniemożliwiające pracę	3
	Uniemożliwiające samodzielne funkcjonowanie	4

brak bólu ból umiarkowany najsilniejszy wyobrażalny ból

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10