

WYKORZYSTANIE PIEZOELEKTRYCZNEJ FALI UDERZENIOWEJ W FIZYKOTERAPII

UTILIZATION OF PIEZOELECTRIC SHOCK WAVE IN PHYSIOTHERAPY

¹Instytut Ochrony Zdrowia

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Staszica w Pile

Kierownik: prof. dr hab. Feliks Jaroszyk

²Katedra Biofizyki

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Kierownik: prof. dr hab. Feliks Jaroszyk

Streszczenie

Podstawą generowania piezoelektrycznej fali uderzeniowej jest spontaniczne rozszerzanie się cząsteczek materiału ceramicznego, wywołane przez krótki impuls wysokiego napięcia. Precyzyjnie określona strefa ogniskowania umożliwia dokładne leczenie, przy jednoczesnym zapewnieniu najlepszej możliwej ochrony sąsiadujących obszarów. Fale uderzeniowe skierowane na powierzchnię ciała mają pozytywny wpływ w procesie terapeutycznym. Terapię tę można zastosować po przebytych świeżym urazie i kontuzji, gdyż poprzez odprowadzenie limfy przeciwdziała się powstawaniu dużych obrzęków. Najlepsze efekty uzyskuje się do 6 godzin od wystąpienia incydentu urazowego. Im wcześniej przeprowadzona terapia, tym lepsze efekty. Jest to proces nieinwazyjny stosowany po to, aby zapobiegać konieczności przeprowadzania zabiegu operacyjnego. Fala uderzeniowa zrewolucjonizowała zabiegi ortopedii, urologii i jest określana jako „skalpel akustyczny”. Celem pracy było przedstawienie podstawowych zagadnień z zakresu terapii falą uderzeniową oraz praktyczne zastosowanie nowej metody rehabilitacji w fizykoterapii.

SŁOWA KLUCZOWE: fizykoterapia, punkt spustowy, kolano skoczka – zapalenie ścięgna rzepki, fala uderzeniowa, piezoelektryczna fala uderzeniowa.

Summary

The piezoelectric shock wave is generated by spontaneous expansion of the ceramic material caused by a short pulse of high voltage. Clearly delineated focal area enables accurate treatment, while providing the best possible protection of adjacent areas. Shock waves on the targeted areas of the body have a positive therapeutic impact in treatment of certain diseases. This therapy can be applied after fresh injury or wound as the drainage of lymph prevents formation of large swellings. For best results, the procedure should be applied in up to 6 hours after the traumatic incident. The earlier the therapy, the better the results. This is a non-invasive process used in order to prevent the need for surgery. Shockwave has revolutionized the modes of treatment in orthopaedics and urology and is referred to as "the acoustic scalpel." The purpose of the study was to present the basic issues related to the shock wave therapy and practical application of the new method in physical rehabilitation.

KEY WORDS: physiotherapy, trigger point, jumper knee – patellar tendinitis, shockwave, piezoelectric shockwave.

Wstęp

Postęp wiedzy w naukach podstawowych, a także fizjologii i fizjopatologii człowieka pozwala z jednej strony zrozumieć istotę wpływu czynników fizycznych na organizm, z drugiej zaś w optymalny sposób wykorzystać możliwości techniki w profilaktyce, terapii i rehabilitacji [1].

Fizykoterapia jest działem współczesnej medycyny klinicznej, w którym wykorzystuje się różne formy energii, szczególnie fizycznej i stosuje się ją jako uzupełnienie farmakoterapii, leczenia operacyjnego oraz jako jeden z ważnych elementów w rehabilitacji medycznej i profilaktyce chorób.

Metody wykorzystywane w terapii pobudzają i usprawniają fizjologiczne i naturalne mechanizmy zdrowienia, nie działają bezpośrednio na przyczyny choroby, lecz stymulują i aktywizują organizm do walki z nią.

Polegają one m.in. na wywołaniu fizjologicznych reakcji tkanek za pomocą bodźców, np.:

- osmotycznych
- elektrycznych
- magnetycznych
- termicznych
- fotoaktywnych
- mechanicznych
- chemicznych – pochodzących od naturalnych tworzyw uzdrowiskowych (wód mineralnych, gazów, peloidów) [2].

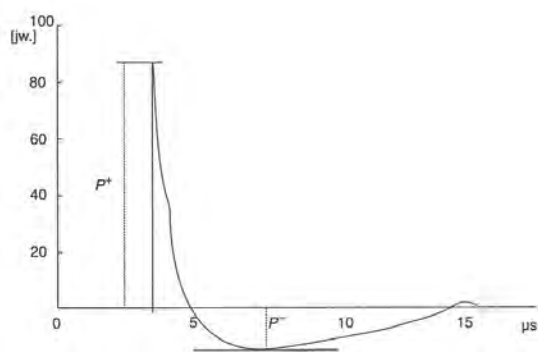
Celem pracy jest przedstawienie nieinwazyjnej metody leczenia i regeneracji organizmu w wybranych przypadkach: zapalenie ścięgna rzepki – tzw. kolano skoczka oraz terapii punktów spustowych z wykorzystaniem piezoelektrycznej fali uderzeniowej.

Rodzaje fali uderzeniowej, zasady powstawania

Fala uderzeniowa definiowana jest jako fala mechaniczna, której ciśnienie rośnie od wartości ciśnienia otoczenia do wartości maksymalnej (100 MPa) w czasie

poniżej 10 ns. Następnie ciśnienie maleje wykładniczo, osiągając wartość mniejszą od wartości wyjściowej (otoczenia), po czym wzrasta do wartości początkowej, cały cykl trwa ok. 10 ms. Częstotliwość generowanej fali zawiera się w przedziale od 16 Hz do 20 MHz [3].

Prędkość rozchodzenia się fali uderzeniowej jest większa od prędkości rozchodzenia się fali akustycznej w materiale. Fala uderzeniowa może ulec odbiciu i/lub rozproszeniu, w zależności od właściwości ośrodka, w którym się przemieszcza. Jej energia może oddziaływać poprzez siłę mechaniczną wytworzoną bezpośrednio lub pośrednio (kawitacja). Zjawisko kawitacji polega na gwałtownej zmianie fazy ciekłej materii w fazę gazową w środowisku, w którym doszło do nagłego i dużego wzrostu ciśnienia (ciśnienie statyczne płynu maleje). Lokalny spadek ciśnienia statycznego może prowadzić do wrzenia cieczy i pojawienia się jamek wypełnionych gazem. Jamki, zapadając się wytwarzają falę uderzeniową (ryc. 1.) [4].



Rycina 1. Kształt ciśnienia akustycznego fali uderzeniowej generowanej przez litotrypter elektrohydrauliczny; P^+ – szczytowa wartość ciśnienia dodatniego, P^- – szczytowa wartość ciśnienia ujemnego, [jw.] – jednostki względne.

Figure 1. The shape of the sound pressure shock wave generated by an electrohydraulic lithotripter; P^+ – positive pressure peak, P^- – the peak of negative pressure, [jw] – relative units.

Istotą fali uderzeniowej jest też bardzo szybki wzrost ciśnienia w obrębie tkanki aż do 100 MPa, a następnie jego gwałtowny spadek i pojawienie się ciśnienia ujemnego (ryc. 2.) [4].

Istotnym parametrem fali uderzeniowej jest ilość energii skoncentrowanej w jednostce powierzchni – [mJ/mm^2]; którą określa się jako gęstość strumienia energii.

Ze względu na rodzaj generowanej energii falę uderzeniową dzieli się na:

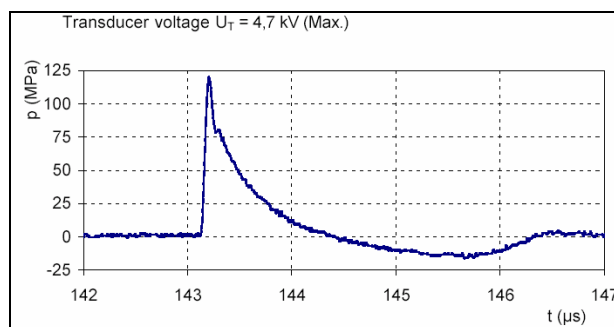
- niskoenergetyczną – $< 0,2 \text{ mJ}/\text{mm}^2$ (LESWT – low energy shock – wave therapy)
- wysokoenergetyczną $> 0,2 \text{ mJ}/\text{mm}^2$ (HESWT – high energy shock – wave therapy).

Ze względu na sposób generowania fali uderzeniowej oraz ilości generowanej energii, terapia dzieli się na:

- terapię zogniskowaną falą uderzeniową (EWST – extracorporeal shock – wave therapy), w której wykorzystuje się urządzenia skupiające falę we wnętrzu ciała człowieka, w obrębie miejsca pod-

danego leczeniu, a poza tym obszarem energia fali jest mała. Umożliwia precyzyjnie skoncentrowanie fali w miejscu zmienionym chorobowo. Ciśnienie generowane w trakcie wyzwalania tej fali waha się od 10 MPa do 100 MPa, a średni obszar działania na organizm wynosi ok. 12,5 cm z maksymalnym wnikaniem na głębokość w przybliżeniu 6 cm, częstotliwość generowania impulsów wynosi od 1 Hz do 8 Hz.

- terapię falą uderzeniową rozchodzącą się promieniście (RSWT – radial shock – wave therapy), fala uderzeniowa skupiona jest na wierzchołku aplikatora (głowicy) i rozchodzi się promieniście w tkankach. Ciśnienie generowane w trakcie wyzwalania fali wynosi najczęściej 12,3 MPa, wnika na głębokość ok. 3,5 cm, a częstotliwość generowania impulsów wynosi od 1 Hz do 21 Hz [5].



Rycina 2. Gwałtowny wzrost ciśnienia w obrębie tkanki oraz jego gwałtowny spadek wraz z pojawieniem się ciśnienia ujemnego.

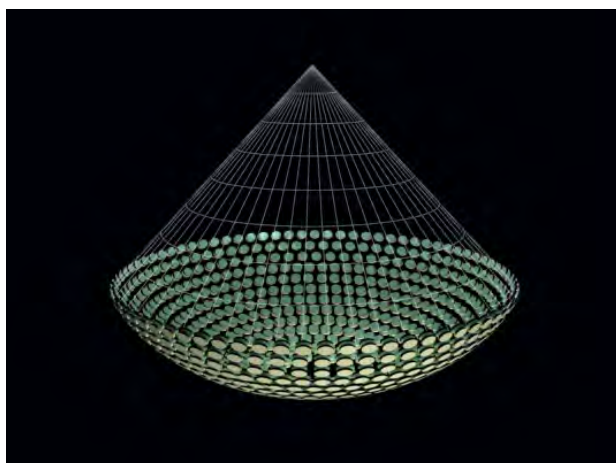
Figure 2. The sharp increase in pressure within the targeted tissue and its rapid decline upon the appearance of negative pressure.

Metody generowania fali piezoelektrycznej

Do wyzwalania fali generatory piezoelektryczne wykorzystują kryształy, w których szybkie wyładowanie elektryczne indukuje falę uderzeniową. Generowanie piezoelektrycznej fali udarowej następuje poprzez spontaniczne rozszerzanie się cząsteczek materiału ceramicznego, wywołane przez krótki impuls wysokiego napięcia.

Elementy piezoelektryczne ustawione są jak mozaika w kolistym kielichu i są one aktywowane jednocześnie przez generator impulsów. Kulista budowa z dużą powierzchnią aktywną i dużym otworem w kolistym kielichu pozwala dokładnie określić strefę ogniskowania z dużym ciśnieniem akustycznym w ognisku (ryc. 3.).

Okno wejściowe energii o dużej powierzchni zmniejsza gęstość energii na powierzchni i znacznie ogranicza ból – co jest szczególnie ważne w przypadkach, gdy wymagana jest płytka penetracja. Precyzyjnie określona strefa ogniskowania umożliwia dokładne leczenie, przy jednoczesnym zapewnieniu najlepszej, możliwej ochrony sąsiadujących obszarów.

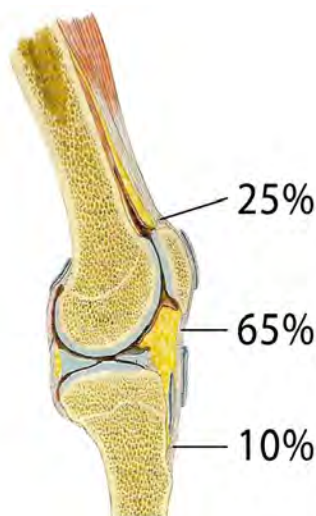


Rycina 3. Mozaiczne ustawienie elementów piezoelektrycznych w kulistej obudowie ze strefą ogniskowania.

Figure 3. Mosaic set of piezoelectric elements in a round housing with a zone of focus.

Wyniki

Zastosowanie piezoelektrycznej fali uderzeniowej – zogniskowanej (ESWT) w terapii zapalenia ścięgna rzepki – tzw. kolano skoczka



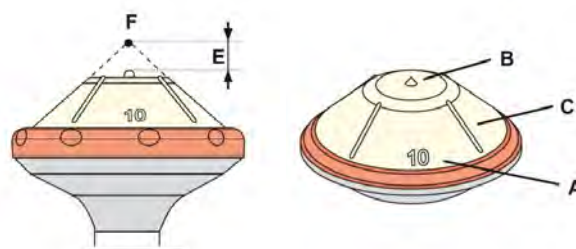
Rycina 4. Lokalizacja bólu w przypadku zapalenia rzepki.
Figure 4. Location of pain in chronic patellar inflammation.

Kolano skoczka – to tzw. zespół nadmiernego przeciążenia aparatu wyprostnego, którego przyczyną jest zapalenie ścięgna rzepki objawiające się bólem w pobliżu przyczepu dalszego ścięgna na dolnym biegunie rzepki.

Zapalenie tego ścięgna rozpoczyna się od wystąpienia bólu z przodu kolana, zlokalizowanego w miejscu zmiany, a pojawiającego się podczas wielokrotnych treningów biegowych lub skokowych bądź wkrótce po nich (ryc. 4.) [6].

Przed przystąpieniem do zabiegu zaznaczano miejsce terapii (flamastrem) oraz układano pacjenta na stole

leczytym lub krześle, zapewniając mu stabilne i komfortowe usytuowanie z łatwym dostępem do leczonego miejsca. Następnie wybierano odpowiednią nakładkę żelową pamiętając o tym, że im wyższa podkładka tym mniejsza jest głębokość penetracji (ryc. 5.).



Rycina 5. Głowica terapeutyczna i nakładka żelowa: A – głębokości penetracji fali – numeryczne oznaczenie głębokości wnikania, B – końcówka centrująca, C – linie prowadzące, E – głębokość penetracji fali, F – ognisko leczenia.

Figure 5. The therapeutic head and gel overlay: A – penetration depth of the wave determined by numerical method, B – the centering tip, C – leading lines, E – wave penetration depth, F – focus of treatment.

W terapii bólu ścięgna rzepki proponuje się następujące wartości terapeutyczne fali uderzeniowej (tabela 1.).

Tabela 1. Proponowane wartości terapeutyczne w terapii bólu ścięgna rzepki

Table 1. The proposed therapeutic values in the treatment of patellar tendon pain

Intensywność	Częstotliwość [Hz]	Ilość fal dla jednej sesji	Ilość sesji
1–3	2	2000–2500	3

Po wykonanych zabiegach, średnio trzy serie, stwierdzono znaczną poprawę stanu zdrowia i bezbolesnej ruchomości (powyżej 90% pacjentów). Mimo późniejszego wysiłku fizycznego, uprawiania sportów, ból tej okolicy nie występował.

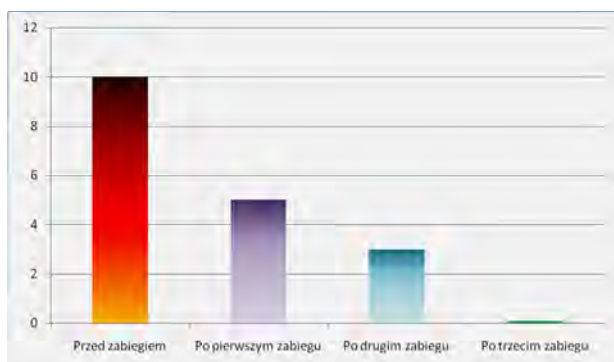
Stwierdzono, że metoda ta jest nieinwazyjna, bezpieczna, cechuje ją krótki czas trwania zabiegu. Daje szybki i długotrwały efekt terapeutyczny potwierdzony badaniami klinicznymi, jak również wynika to z relacji pacjentów cierpiących na ten typ schorzenia.

Zastosowanie fali uderzeniowej w terapii punktów spustowych

Punkt spustowy to kliniczny objaw przeciążenia układu mięśniowo-powięziowego [7]. Istnieją różne typy punktów spustowych, lecz największe znaczenie kliniczne posiadają tzw. punkty spustowe, wywołujące dolegliwości znane pacjentowi. Są one silnie wrażliwymi obszarami ciała powstającymi w przebiegu procesów

adaptacyjnych lub będącymi wynikiem załamania adaptacji. Dolegliwości ciała pochodzące z ich obszarów mogą zostać w łatwy sposób zaostrzone przez różnorodne, lokalne i uogólnione czynniki stresogenne (biomechaniczne, klimatyczne, psychosocjalne i biochemiczne). Zarówno czynne, jak i utajone punkty spustowe pod wpływem stymulacji wywołują dolegliwości bólowe, lecz tylko ból pochodzący z tzw. punktów aktywnych jest rozpoznawany przez pacjenta jako symptom bólowy. Znajdują się one w różnych miejscach i wykazują odmienne charakterystyki czuciowo-bólowe [8].

Terapia falą uderzeniową TPST punktów spustowych powoduje normalizację napięcia mięśniowego co zarazem poprawia komfort życiowy pacjenta i zmniejsza dolegliwości bólowe. Pozaustrojowa, zogniskowana fala uderzeniowa umożliwia zarówno terapię, jak i precyzyjną lokalizację aktywnych i utajonych punktów spustowych, z wykorzystaniem częstotliwości pulsowania 8 Hz i głębokiej penetracji tej fali – do 40 mm; istnieje niskie ryzyko powstania krwiaka po terapii (ryc. 6.).



Rycina 6. Próg odczucia bólu w terapii punktów spustowych z wykorzystaniem piezoelektrycznej fali uderzeniowej.
Figure 6. Threshold of pain sensation in the treatment of trigger points using piezoelectric shock wave.

Wykorzystanie piezoelektrycznej fali uderzeniowej w leczeniu punktów spustowych daje ogromne szanse na precyzyjne oznaczenie ogniska tego punktu, jak również daje szanse na dowolną głębokość penetracji fali uderzeniowej, co umożliwia dokładne dotarcie do głębokich części mięśni, a ta cecha oznacza maksymalną wydajność terapii.

Prowadząc terapię punktów spustowych z wykorzystaniem fali uderzeniowej, można efektywnie i bezpiecznie przynieść pacjentom znaczną ulgę w dokuczliwych dolegliwościach bólowych oraz zapewnić im lepsze samopoczucie zarówno psychiczne, jak i fizyczne [9].

Wnioski

Terapia falą uderzeniową jest nową i bardzo efektywną metodą w fizykoterapii, mającą swój początek w urologii, jej pozytywne oddziaływania terapeutyczne potwierdzone jest w schorzeniach ortopedycznych i innych dziedzinach medycyny. Zastosowanie jej w medycynie sportowej bardzo skraca czas powrotu do pełnej sprawności fizycznej.

Metoda ta daje 60–80% gwarancji poprawy, jest to porównywalne ze skutecznością zabiegu operacyjnego. Najistotniejszy jest fakt, że jest zupełnie nieinwazyjną metodą rehabilitacji. Pacjent może kontynuować pracę lub trening już następnego dnia. Biorąc pod uwagę znaczące skrócenie ograniczenia aktywności i krótki czas leczenia, terapia falą uderzeniową jest nie tylko porównywalna do zabiegu chirurgicznego, a w ogólnym rozrachunku zdecydowanie tańszym sposobem terapii niż kilku miesięczne leczenie zachowawcze.

Terapię tę można zastosować po przebytym świeżym urazie i kontuzji, gdyż poprzez odprowadzenie limfy przeciwdziała się powstawaniu dużych obrzęków. Najlepsze efekty osiąga się do 6 godzin od wystąpienia incydentu urazowego. Im wcześniej przeprowadzona terapia, tym lepsze efekty. Generalnie z badań wynika, że pozytywne rezultaty szacują się od dobrych do bardzo dobrych (60–80%).

Skutek po zastosowaniu tej metody w leczeniu jest trwały, a efekt terapeutyczny natychmiastowy. Zwykle jeden zabieg wystarcza, aby poczuć pozytywne działanie, co w znakomity sposób wpływa na poprawę stanu psychicznego pacjentów, zwłaszcza przy bólu przewlekłym.

Zastosowanie terapii falą uderzeniową przynosi rezultaty w zakresie satysfakcji pacjentów, jak również powoduje powrót do aktywności i codziennego funkcjonowania. Badania wykazują także dużą skuteczność jako alternatywa zabiegu operacyjnego.

Piśmiennictwo

1. Kasprzak W., Mańkowska A.: Fizykoterapia, medycyna uzdrowiskowa i SPA. PZWL, Warszawa 2008, 5.
2. Straburzyńska-Lupa A., Straburzyński G.: Fizjoterapia, PZWL, Warszawa 2007, 1-5.
3. Gawda H.: Wpływ czynników mechanicznych na żywy organizm człowieka. Biofizyka Podręcznik dla studentów, Jaroszyk F.(red.), PZWL Warszawa 2006, 638.
4. Stokłosa K.: Fala uderzeniowa – podstawy teoretyczne i zastosowanie kliniczne. w: Fizykoterapia w praktyce, Taradaj J., Sieroń A., Jarzębski M., Elamed 2010, 237.
5. Stokłosa K.: Fala uderzeniowa – podstawy teoretyczne i zastosowanie kliniczne. *Rehab. Prakt.*, 2009, 1, 35-37.
6. Brotzman S.B.: Choroby stawu Rzepkowo-udowego. w: Rehabilitacja ortopedyczna. Brotzman S.B., Wilk K.. Elsevier Urban & Partner Wrocław 2009, 489.
7. Zębaty A.: Ćwiczenia i metody kinezyterapeutyczne. Kasper Kraków 2003, 324.
8. Chaito L., Fritz S.: Masaż leczniczy, badanie i leczenie mięśniowo-powięziowych punktów spustowych, Elsevier Urban & Partner Wrocław 2010, 6-16.
9. Green W.B.: Ortopedia Nettera, Elsevier Urban & Partner Wrocław 2007, 373.

Adres do korespondencji:

Dr Dorota Hojan-Jezierska
Katedra Biofizyki UM w Poznaniu
Fredry 10
Tel. 501-287-633