

Nieskończona sieć – powięź

Początki naukowej znajomości budowy ciała ludzkiego zawdzięczamy badaczom greckim. W starożytnym Egipcie krajanie zwłok uważano za profanację. Rzemieślnik, który otwierał brzuch podczas balsamowania ciała, po zrobieniu ciecia uciekał, a obecni rzucali w niego kamieniami [1]. W 1543 roku w Padwie doktorem medycyny został Andreas Vesalius, twórca nowożytnej anatomii [2], który jako pierwszy odważył się dokładnie zbadać zwłoki ludzkie. Pierwszym polskim profesorem anatomii wraz z fizyką tj. naukami przyrodniczymi był Jan Ursinus. Z książki *Anatomii człowieka* A. Bochenka [1], wydanej po raz pierwszy w 1957 roku, o tkance łącznej dowiadujemy się:

Nazwą tkanki łącznej obejmujemy wiele tkanek, różniących się nieraz znacznie budową i czynnością. Pochodzenie ich jest jednak wspólne, powstaje, bowiem z tkanki łącznej zarodkowej, czyli mezenchymy, łączy je ponadto wspólna im wszystkim zdolność wytwarzania włóknistej substancji międzykomórkowej. Włókna tkanki łącznej luźnej to cienkie nitki, które łączy się w siateczki. Włókna klejodajne są najczęściej występującym rodzajem włókien w tkance łącznej. Budowa tych włókienek, oglądana w mikroskopie zwykłym, wydaje się jednorodna; duże powiększenia mikroskopu elektronowego wykazują, że włókienka te zbudowane są z włókienek jeszcze cieńszych zw. elementarnymi; w mikroskopie polaryzacyjnym ujawniają one zdolność podwójnego łamania światła.

C. Stecco w atlasie funkcjonalnym układu powięziowego człowieka [3], tkankę łączną określa jako utrzymującą kształt całego ciała oraz poszczególnych narządów. Zapewnia ona spójność oraz odpowiada za strukturalne wsparcie dla innych tkanek i narządów. Tkanka łączna wywodzi swoją nazwę od funkcji jaką pełni – łączy, czy też wiąże ze sobą tkanki. Jest wszechobecna w naszym ciele i może być uważana za rodzaj „kleju”, który utrzymuje poszczególne części ciała razem. Określenie „pozakomórkowa istota podstawowa” odnosi się do pozakomórkowych komponentów tkanki łącznej oraz wspierających ją tkanek. Zbudowana jest z wody, pozakomórkowych protein, glikozoaminoglikanów i proteoglikanów. Jest przejrzysta, bezbarwna oraz lepka. Zarówno kolagen jak i wodne molekuły mają właściwości elektrycznego prze-

wodzenia oraz polaryzacji. Cechą charakterystyczną układu nerwowo-powięziowego jest to, że ma on zdolność przekazywania informacji niezależnie od centralnego układu nerwowego. W układzie powięziowym informacje przepływają znacznie szybciej niż w układzie nerwowym [3, 4, 5]. W ludzkim ciele mięśnie powinny swobodnie się ślizgać względem siebie. Ten ruch ślizgowy odbywa się za pośrednictwem powięzi.

Wyróżniamy trzy zasadnicze rodzaje powięzi: powięź powierzchowną, powięź głęboką oraz namięsną. Powięź powierzchowna zbudowana jest z tkanki łącznej luźnej, bogatej w włókna kolagenowe i elastyny. Zapewnia ona ochronę mechaniczną i termiczną oraz pozwala skórze przesuwac się nad powięzią głęboką. Powięź głęboka jest łącznotkankową błoną otaczającą wszystkie mięśnie. Tworzy pochewki naczyń i nerwów, buduje i wzmacnia ścięgna, otacza liczne organy oraz łączy wszystkie struktury w jedną całość. Namięсна obejmuje powięź, która otacza poszczególne mięśnie. Stanowi ciągłość anatomiczną z omięsną i śródmięsną. Jest bezpośrednio zaangażowana w regulację napięć pomiędzy wrzecionami mięśniowymi, a organami ścięgnistymi Golgiego. W budowie mikroskopowej w powięzi powierzchownej występują liczne komórki tłuszczowe wraz z siecią włókien kolagenowych. W powięzi głębokiej znajdują się ułożone w różnych kierunkach włókna kolagenowe z dodatkiem elastyny. Namięсна utworzona jest podobnie jak powięź głęboka z falistych włókien kolagenowych i elastyny.

Powięź łączy ze sobą wszystkie elementy układu mięśniowo-szkieletowego. Jest pewną ciągłością ze ścięgnami, torebkami stawowymi oraz zewnętrzną warstwą okostnej.

Tkanka łączna zbudowana jest z włókien kolagenowych i elastyny. Włókna kolagenowe są wytrzymałe i odporne na rozciąganie, dzielą się na przypominające nitki podjednostki zwane fibrylami kolagenowymi. Fibryle połączone są ze sobą trwałymi, a także nietrwałymi wiązaniami. Pojedyncze włókna ustawiają się zgodnie z liniami obciążeń mechanicznych. W patologii zbliżają się do siebie i tworzą nieprawidłowe połączenia. Włókna elastyczne są cieńsze od kolagenowych i układają się w trójwymiarowe wzory tworzące sieć.

Po kilku dekadach burzliwych wytrwałych obrad i sporów naukowych, system powięziowy zajął główne miejsce na scenie wielu nauk związanych z organizmem człowieka. Tę traktowaną przez wielu anatomów, jako zbędny odpad, bezbarwna tkanekę, uważano wcześniej wyłącznie za opakowanie innych struktur. Istniało kilka przyczyn takiego stanu rzeczy. Jedną z nich stanowił brak możliwości czytelnego odróżnienia powięzi od mięśni i innych organów, w połączeniu z jej uderzającą wszechobecnością. Innym, ważniejszym powodem niezauważenia struktur powięziowych przez świat naukowy był brak odpowiednich narzędzi służących do dokonywania pomiarów na powięzi. W sytuacji gdzie badania radiologiczne (RTG) pozwalały dokładnie studio-

wać tkankę kostną, a elektromiografia (EMG) – naturę mięśni, zmiany zachodzące w obrębie systemu powięziowego pozostawały trudne do oceny [6].

Tysiące lat doświadczeń wykazały, że istnieją w ludzkim ciele punkty, które podczas stymulacji reagują bólem silniejszym niż ich okolice. Właściwe leczenie tych miejsc przynosi korzystne rezultaty. Punkty te noszą różne nazwy (w zależności od szkoły i tradycji), ale ich umiejscowienie jest takie samo. Dlaczego te punkty są jednakowo rozmieszczone u wszystkich ludzi? Istotne jest zrozumienie tego w obrębie jakich tkanek się znajdują, ponieważ różne szkoły i tradycje różnie je umiejscawiają np. w mięśniach, tkance łącznej luźnej, okostnej, ścięgnach, naczyniach krwionośnych, nerwach). Jednak powięź, jako jedyna spośród tych tkanek, modyfikuje swoją konsystencję pod wpływem zewnętrznego działania. Jest plastyczna i poddaje się manipulacji, reagując zmianą konsystencji. Wszystko to wystarczająco uzasadnia wybór powięzi jako idealnego umiejscowienia tych punktów, a dodatkowym potwierdzeniem tej hipotezy jest fizjologia jednostki mięśniowo-powięziowej (mp) [7]. W każdej jednostce (mp) istnieje centrum koordynacji (cc), które kieruje siłami mięśniowymi oraz centrum percepcji (cp), które odbiera ruchy stawu. Koordynacja sił mięśniowych w obrębie jednostki (mp) determinowana jest przez ciągłość powięzi. Rzeczywiście przenoszenie sił z głębszych warstw mięśnia ku punktowi na powierzchni odbywa się dzięki ciągłości śródmięśnej z omięsną i namięsną [7]. Lokalizacja obszaru odruchowego albo bólu rzutowanego nie zawsze jest łatwa do określenia. W rzeczywistości obok głównych stref bólu rzutowanego występują prawie zawsze strefy wtórne. Trudności diagnostyczne wynikają z wielu kierunków, w jakich radiacja bólu może zachodzić w powięzi. Promieniowanie wywołane densyfikacją (cc) może obejmować np. (cp) tej samej jednostki (mp), (cp) jednostki antagonistycznej lub całą sekwencję, bądź spiralę, która przebiega przez określone (cc) [7].

Pod koniec lat 80. XX wieku po raz pierwszy odkryto, że neurotransmiter w postaci glutaminianu (anionu kwasu glutaminowego) może uruchamiać kaskadę wapniową w komórkach glejowych (Cornell-Bell i in., 1990) [8]. Wywołało to intensyfikację badań nad komórkami glejowymi mózgu. Glej określa się często tkanką łączną mózgu. Mamy trzy rodzaje komórek glejowych w ośrodkowym układzie nerwowym: oligodendrocyty, astrocyty i mikroglej. W układzie obwodowym występują komórki Schwanna. Ich funkcje są różne. Najbardziej połączone z powięzią wydają się okołosynaptyczne komórki Schwanna, występujące w połączeniach nerwowo-mięśniowych. W tym miejscu narządy ścięgniste Golgiego i ciała Pacciniego przekazują wiadomości o napięciu i wibracji na całą sieć powięziową.

Narządy wewnętrzne, znajdujące się w jamach ciała, podtrzymywane są przez powięź trzewną. Narządy zawierają się w dwóch warstwach powięzi. Zewnętrzna warstwa nazywana jest blaszką ścienną, a wewnętrzna blaszką trzewną. Przestrzeń pomiędzy nimi wypełniona jest błoną surowiczą. Istotny jest odpowiedni tonus mię-

śniowy powięzi trzewnej. Zbyt duże napięcie może ograniczyć motorykę – naturalny ruch narządów wewnętrznych i upośledzić ich właściwe funkcjonowanie.

Nie wypada już dłużej postrzegać ciała jako istoty maszynopodobnej, stworzonej z oddzielnych części z organami wewnętrznymi, które scala ze sobą tkanka łączna.

Biotensegracja i fraktalizacja

Biotensegracja to termin sformułowany przez Stephena Levina, jest zastosowaniem zasady tensegracji w stosunku do żywej materii. Jest modelem organizacji żywej tkanki, która znajduje się albo w naprężeniu, albo poddawana jest kompresji. Zapewnia to idealną równowagę jej struktury oraz zdolność opierania się siłom grawitacji.

Żywa materia składa się z komórek i włókien tworzących trójwymiarowe mikroprzestrzenie, znajdujące się w stałym naprężeniu. W żywej materii nie ma pustych przestrzeni. Sieć włókienek splata się, tworząc trójwymiarowe mikrowakule, swoiste rusztowania, uznawane za podstawową architektoniczną jednostkę ciała. Istnieje totalna ciągłość włókienek pomiędzy skórą a jądrem komórki. „Tkanka łączna, sieć włókien, powięź” – tak naprawdę jest tkanką konstytuującą. Nie jest już postrzegana jako pasywne wypełnienie przestrzeni między organami ciała. To ona – tkanka konstytuująca – tworzy architekturę [9]. Rozpatrując przestrzenną aranżację powięzi, można zauważyć, że fraktalizacja (czyli samopodobieństwo) dodaje do chaotycznego charakteru żywej materii pewną regularność w nieregularności. Koncepcja dynamicznej fraktalizacji opisuje zdolność do reakcji i adaptacji na mechaniczne wymogi poprzez powtarzalne fraktalne podzielenie komponentów włókienka [9].

Sport i rekreacja

Powięź odgrywa rolę szeregowego bufora elastycznego, wyrównującego naprężenia w poszczególnych włóknach mięśniowych czy jednostkach ruchowych. Tak jest w przypadku mięśnia o dużym przekroju fizjologicznym, w którym włókna mięśniowe z racji usytuowania mogą znacznie się różnić, a dostają to samo pobudzenie nerwowe z motoneuronu alfa. Napięta powięź wydłuża się – akumuluje i gromadzi w niej energię. Energia ta jest oddawana do otoczenia w momencie zmniejszenia siły rozciągającej [10].

Udowodniono, że mięsień transmituje do 40% siły swojego skurczu nie na własne ścięgno, ale na łącznotkankowe połączenia z dalej położonymi mięśniami.

Do najważniejszych linii przekazu siły mechanicznych z udziałem połączeń powięziowych należą: połączenia mięśni najszerzego grzbietu i kontrlateralnego pośladkowego wielkiego udziałem powięzi piersiowo-lędźwiowej, połączenia mięśnia dwugłowego uda z powięzią prostownika grzbietu poprzez więzadło krzyżowo-guzowe, połączenia mięśnia dwugłowego ramienia ze zginaczami nadgarstka poprzez

rozciągnąć mięśnia dwugłowego oraz połączenie mięśnia pośladowego wielkiego z mięśniami podudzia poprzez powieź szeroką uda [11].

Właściwie wykonane ćwiczenia fizyczne tonują i wydłużają tkankę łączną, a niektóre formy ćwiczeń, takie jak Hata-Joga, Tai Chi Quan i pływanie, mogą działać jako aktywatory tonusu powięzi [12], a sama powieź hipotetycznie może „przechowywać” wspomnienia [13] – co potwierdzają także fizjoterapeuci pracujący na powięzi.

Dodatkowo w metodach terapeutycznych traum czy stresu pourazowego PTSD (*Posttraumatic Stress Disorder*), w przeciwieństwie do zachodniej wiary w leki i terapię rozmową, gdzie niewiele uwagi poświęca się samoleczeniu, w innych kulturach świata polega się na uważności (*mindfulness*), rytmach, ruchach i działaniu. W Indiach jest to Joga, w Chinach – Tai Chi i Qigong, w Afryce – rytmiczne bębnienie [14], w Tybecie misy dźwiękowe, a w innych krajach (zwłaszcza azjatyckich: Japonia, Korea, Wietnam) czy Brazylii są to różne sztuki walki. Wszystkie te działania w różnym stopniu kładą nacisk na: technikę ruchu, oddech i medytację. Wymienione formy ćwiczeń fizycznych mają wspólny mianownik – są globalnym sposobem oddziaływania na organizm. Warto zauważyć, że w starożytnej Grecji uprawiano pływanie w trosce o harmonijny rozwój swojego ciała [15].

Tai Chi Chuan, jest różny od metody nauczania innych chińskich sztuk walki. Duża część technik wykonywana jest bardzo wolno, uznaje się, że wpływa korzystnie na narządy wewnętrzne, układ trawienny, wzmacniając jednocześnie mięśnie, stawy, kości, redukując stany zapalne i dolegliwości bólowe. Tai Chi Chuan jest więc samo w sobie praktyką totalną jak hatha-joga [16].

Spirale i meridiany

Na podstawie różnych sposobów i rozchodzenia się bólu, starożytni specjaliści zajmujący się akupunkturą opisali dwa (podstawowe) różne szlaki meridianów (kanałów, którymi przemieszcza się życiowa hipotetyczna „energia *qi (chi)*”): meridiany główne – o przebiegu podłużnym oraz meridiany ścięgnisto mięśniowe TMM (*tendinomuscular meridians*), które przebiegają spiralnie. Fizjologię spiral mięśniowo-powieziowych w odniesieniu do akupunkturowych meridian przedstawił m.in. Luigi Stecco [7].

Warto zauważyć, że w Tai Chi głównym ruchem jest ruch spiralny, a wynikiem takiej pracy ciała jest spójna technika „uderzenia bezmięśniowego”, która polega na generowaniu energii z rozluźnionego ciała prowadzące do uzyskania wybuchowego uderzenia *fa jin* [17]. Przy skomplikowanych i złożonych czynnościach (jak zadanie ciosu pięścią), właściwy ruch poprzedza ruch przeciwstawny, który służy akumulacji energii sprężystej. Jest ona największa, gdy energia kinetyczna oraz potencjalna ma wartość maksymalną. Wykorzystując obliczenia bazujące na elastyczności ścięgien, udowodniono, że dzięki temu wysiłek mięśni może zostać zredukowany o 40% [7].

Hipoteza transmisji informacji przez powieź – solitony

Istnieje szereg hipotez dotyczących sposobu i możliwości sposobu komunikacji między komórkami i tkankami. Wśród wymienianych metod są m.in. wykorzystanie pól elektromagnetycznych, biofotonów [18], fononów i solitonów [13] np. „soliton Davidova” [5, 19].

Według definicji z *Encyklopedii PWN*: „soliton (łac.) fiz. odosobniona fala biegnąca, której kształt i prędkość nie zmieniają się wraz z przebywaną odległością oraz po zderzeniach z innymi solitonami” [27]. Nazwa zjawiska pochodzi od słowa *solitary* czyli odosobniony. Już w 1834 roku John Scott Russel na kanale wodnym koło Edynburga (Union Canal) zaobserwował w momencie gwałtownego zatrzymania łodzi pojedynczą samotną falę (*solitary wave*) na kształt pojedynczego grzbietu wodnego, która nie zmieniając ani kształtu ani prędkości (nie ulegała rozproszeniu) pokonywała kilka kolejnych mil.

Teoria matematyczna [20] dotycząca tego zjawiska (ruch fali w płytkiej wodzie w długim kanale) z rozwiązaniem solitonowym została po raz pierwszy zaprezentowana przez J. V. Boussinesqua w 1877 roku, finalnie opisana w 1895 roku, a znane jest jako równanie Kortewega-de Vries (KdV). Jest to nieliniowe równanie różniczkowe cząstkowe:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + 6u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = 0.$$

Rozwiązaniem powyższego równania jest soliton poruszający się ze stałą prędkością v , o niezmiennym kształcie kwadratu funkcji sekansa hiperbolicznego:

$$u(x, t) = \frac{1}{2} v \operatorname{sech}^2 \left[\frac{\sqrt{v}}{2} (x - vt) \right].$$

W 1973 roku Akira Hasegawa i Frederick Tapert przedstawili zastosowanie impulsów solitonowych (o obwiedni sekansa hiperbolicznego) w telekomunikacji światłowodowej, jako rozwiązanie przeciwdziałające szkodliwym zjawiskom nieliniowości i dyspersji [21]. Występowanie fali solitonowej jest właśnie efektem kompensacji dyspersji ośrodka przez jego nieliniowość. Punktem wyjścia do analizy omawianych zjawisk jest nieliniowe równanie Schrödingera [21].

Warto zwrócić uwagę na fakt, że biologiczne pośredniki w ciele są także nieliniowe i dyspersyjne, co tworzy idealne warunki do propagacji solitonu [5].

Rozwiązania równań solitonowych (w tym KdV) można uzyskać wykorzystując tzw. transformację rozpraszania wstecznego IST (*inverse scattering transform method*) [20]. Metoda IST jest w pewnym sensie nieliniową analogią do transformaty Fouriera używanej do rozwiązywania problemów liniowych [22]. Została ona przedstawiona

w 1967 roku, a autorami są: Clifford S. Gardner, John M. Green, Robert M. Miura i Martin D. Kruskal.

Dynamiczny model solitonów wykorzystano do opisania najczęściej występującej dysfunkcji ludzkiej powięzi znanej jako *fascia's fuzz*, polegającej na sklejeniu się warstw powięzi. Dzieje się to podczas snu, a niwelowane jest porannym przeciągnięciem [23].

Powyższe zjawisko opisano [23] równaniem (2+1)D Sine-Gordon:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + a \sin(\omega u)$$

Które ma rozwiązanie:

$$u(x, y, t) = 4 \arctan \exp [y - f(x \pm t)],$$

gdzie: f , reprezentuje dowolną funkcję określoną na zbiorze liczb rzeczywistych [23].

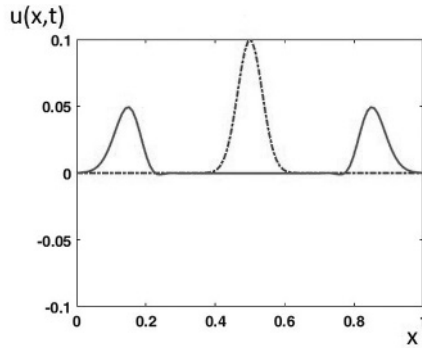
Solitony zaczęto odkrywać w wielu układach fizycznych – wspomniane fale na wodzie, plazma słoneczna, kondensat Bosego-Einsteina, cyklony, tornada, fale tsunami, fale akustyczne w ciele stałym, w strukturach białkowych, w DNA oraz wspomniane wcześniej solitony optyczne w liniach światłowodowych. Fale solitonowe znalazły także zastosowanie w modelowaniu działania neuronu. Alan Hodgkin i Andrew Huxley opracowali swój model (HH), za który otrzymali (z Johnem Carew Ecclesem) nagrodę Nobla w dziedzinie medycyny i fizjologii (1963 r.). Wspomniani autorzy swój model oparli na zjawisku przepływu jonów (impulsów elektrycznych) przez błonę komórkową. Model ten jednak nie w pełni tłumaczy kilka zjawisk (m.in. brak wytwarzania ciepła), dlatego Andrew D. Jackson i Thomas Heimburg w 2005 roku zaproponowali nieliniowe równanie (1+1)D fali wyjaśniające te zjawiska, które można przekształcić do dobrze znanego równania Sine-Gordon, które posiada różne rozwiązania solitonowe [23].

Rozwiązanie równania (1+1)D Sine-Gordon:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a \sin(\omega u)$$

przedstawiono na rysunku 1., które uzyskano z zastosowaniem metody różnic skończonych.

Warto także zauważyć, że różne równania solitonowe posiadają dodatkowo także inne rozwiązania. Takimi przykładami rozwiązań są solitony: kink (supeł, zgięcie), antykinks, breather (oddychający), vortex (wir), monopol magnetyczny czy Q-ball (Q-kula).



Rys. 1. Rozwiązanie równania (1+1)D Sine-Gordon dla $\omega = 0,1$ i $\alpha = 15$ (24)

Techniki badawcze

Techniki badawcze powięzi i tkanki mięśniowej [11, 25, 26] można zestawić w kilku kategoriach:

- podstawowe i kliniczne badania naukowe (m.in. biologia molekularna i biochemia);
- techniki obrazowania diagnostycznego: ultrasonografia USG, rezonans magnetyczny MRI, tomografia komputerowa CT;
- indentometria;
- bioimpedancja elektryczna;
- czujniki ruchu;
- badania elektrofizjologiczne;
- elektromiografia EMG i mechanomiografia MMG;
- modelowanie matematyczne.

Podsumowanie

System powięziowy stanowi ważną i do końca niezbadaną nieskończoną sieć powięzi. Sieć ta, mimo że nieprzerwanie oplata i łączy nasze ciało a także nadaje mu wiele fizycznych własności jest badawczą zagadką. Dysfunkcje układu powięziowego są podłożem wielu schorzeń, dlatego są polem dociekań nauk medycznych. Przeszkody stające na drodze do zbadania tej sieci wynikają ze stopnia jej skomplikowania oraz trudności, jakie to niesie w obiektywnym pomiarze jej parametrów i odgrywanej funkcji.

Bibliografia

1. A. Bochenek, *Anatomia człowieka I*, wyd. XIII, Warszawa 2019.
2. K. Jędrzejewski *Andreas Vesalius i jego wielkie dzieło. De humani corporis fabrica* „Folia Medica Lodziensia” 2013, t. 40.
3. C. Stecco, *Atlas funkcjonalny układu powięziowego człowieka*, red. wyd. pol. M. Chochowska, M. Wytrążek, przeł. A. Nieboj, Poznań 2016.
4. K. M. Gabler, *Ciało doskonała konstrukcja*, przeł. I. Piątkowska, Łódź 2017.
5. J. L. Oschman, *Medycyna energii w terapiach i życiu człowieka*, red. wyd. pol. A. Kuźdzał, J. Jasięga, przeł. M. Kurkowski. Poznań 2015.
6. R. Schleip, W. Klinger, *Powięź jako system tensegracyjny ciała człowieka: Anatomia, biomechanika i fizjologia*, [w:] *Powięź. Sport i aktywność ruchowa*, red. R. Schleip, red. nauk. wyd. pol. i przeł. R. Gnat, Wrocław 2017.
7. L. Stecco, *Manipulacja powięzi w zespołach bólowych układu ruchu*, przeł. P. Poncyłjusz, Szczecin 2010.
8. D. Lesondak, *Powięź bez tajemnic. Czym jest i jakie jest jej znaczenie*, przeł. D. Pisula, Łódź 2018.
9. J. C. Guimberteau, C. Armstrong, *Architektura żywej powięzi człowieka Pozakomórkowa matryca i komórki przedstawione poprzez endoskopię*, przeł. M. Kurkowski, Edynburg 2016.
10. J. W. Błaszczak, *Biomechanika kliniczna*, Warszawa 2014.
11. *Powięź. Sport i aktywność ruchowa*, red. R. Schleip, red. nauk. wyd. pol. i przeł. R. Gnat, Wrocław 2017.
12. R. L. Schultz, R. Feitis, *Nieskończona sieć*, wyd. 3, przeł. A. Polański, Warszawa 2011.
13. P. Tozzi, *Does fascia hold memories?*, „Journal of Bodywork & Movement Therapies” 2014, 18.
14. B. Van der Kolk, *Strach ucieleśniony Mózg, umysł, ciało w terapii traumy*, przeł. M. Załoga, Warszawa 2019.
15. R. Karpiński, *Pływanie*, Katowice 2003.
16. S. Tokarski, *Sztuki walki. Ruchowe formy ekspresji filozofii Wschodu*, Szczecin 1989.
17. K. Brzozowski, *Jin w Kung Fu – podstawy fizyczne*, „Gdańskie Studia Azji Wschodniej” 2017, 12.
18. F. A. Popp, K. H. Li, Q. Gu, *Recent advances in biophotons research and its applications*. Singapore 1992.
19. A. S. Davydov, *Solitons and energy transfer along protein molecules*, „Journal of Theoretical Biology” 1977, Tom 66, 2.
20. A. Sym, *O solitonach elementarnie*, „Rocznik Polskiego Towarzystwa Matematycznego Seria III Matematyka Stosowana” 1985, XXVI.
21. J. Siuzdak, *Wstęp do współczesnej telekomunikacji światłowodowej*, Warszawa 1999.
22. G. W. Griffiths, W. E. Schiesser, *Linear and Nonlinear Waves*, „Scholarpedia” 2009, 4(7): 4308.

23. T. Ivancevic, *The evolved Athlete: A Gude for Elite Sport Enhancement*, New York Springer 2017.
24. X.-S. Yang, *An introduction to computational engineering with Matlab*, Cambridge 2006.
25. R. Schleip, T. W. Findley, L. Chaitow, *Powięź Badanie profilaktyka i terapia dysfunkcji sieci powięziowej*, red. wyd. pol. E. Saulicz, przeł. M. Kuszewski, P. Linek, M. Plewa Wrocław 2014.
26. J. J. Debroux, *Spontaniczne rozluźnianie mięśniowo-powięziowe i punkty wrażliwości*, przeł. E. Michałek-Ciechomska, Poznań 2014.
27. <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/soliton;3977481.html>

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z powięzią w ciele człowieka. Poruszono tematykę opisującą: czym jest powięź i jaką pełni rolę w ciele człowieka. Przedstawiono hipotezy opisujące funkcjonowanie powięzi: biotensegrację, fraktalizację i teorię solitonową. Przedstawiono odniesienia do sporu i innych aktywności holistycznie oddziałujących na człowieka. Zaprezentowano także najważniejsze kierunki badań w układzie mięśniowo-powięziowym.

Słowa kluczowe: powięź, biotensegracja, fraktalizacja, model solitonowy, Joga, Tai Chi

Abstract

The article presents issues related to the fascia in the human body. Topics were discussed: what fascia is and what role it plays in the human body. Hypotheses describing the functioning fascia were presented as: biotensegration, fractalisation and soliton theory. References to activities having a holistic impact on humans have been presented. The most important research directions in the myofascial system were also presented.

Keywords: fascia, biotensegration, fractalization, solition model, Joga, Tai Chi