

Katarzyna Bobak-Powroźnik<sup>1,2</sup>, Jolanta Jaworek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, Instytut Fizjoterapii, Zakład Fizjologii Medycznej

<sup>2</sup> Gabinet fizjoterapii „Pani Stópka”

---

## Zjawisko tensegracji w układzie ruchu

The phenomenon of tensegration in the musculoskeletal system

---

### STRESZCZENIE

W ostatnim czasie w świecie medycyny, a szczególnie w środowisku fizjoterapeutów coraz głośniejsze mówi się o powięzi, która pełni szereg ważnych funkcji. Co więcej, coraz popularniejsze staje się zjawisko tensegracji, które pomaga wyjaśnić powiązania pomiędzy oddalonymi od siebie rejonami ciała oraz strukturami, które nie posiadają ze sobą bezpośredniego powiązania nerwowego. Na zjawisku tensegracji opiera się wiele nowoczesnych terapii holistycznych. Biotensegracja stanowi bowiem krok milowy w sposobie opisywania ciała człowieka. Racjonalnie tłumaczy ona, jak w przypadku człowieka działa geometria euklidesowa oraz pięć podstawowych brył Platona. Zjawisko to występuje na licznych poziomach organizacji ciała człowieka, w tym także w obszarze układu ruchu.

**Słowa kluczowe:** tensegracja, łańcuchy mięśniowo-powięziowe, powięź

### SUMMARY

For several years, the topic of fascia, which has a number of significant functions, has been more and more popular in physiotherapy. In addition, the phenomenon of tensegration is becoming more and more popular, which helps to explain the connections between distant body regions and structures that do not have a direct nervous connection with each other. Many modern holistic therapies are based on the phenomenon of tensegration. Biotensegration is a milestone in the way of describing the human body. It rationally explains how Euclidean geometry and Plato's five basic solids work in the case of humans, a phenomenon that occurs at many levels of the organization of the human body, including the area of the motor system.

**Keywords:** tensegration, myofascial chains, fascia

---

Address for correspondence / Adres do korespondencji: katie.bobak@interia.eu

ORCID: Katarzyna Bobak-Powroźnik – 0000-0001-9972-1120; Jolanta Jaworek – 0000-0001-5897-7330

Brak źródeł finansowania / No sources of financing

## WPROWADZENIE

Od kilku lat coraz głośniej mówi się w fizjoterapii o ogromnej roli, jaką w organizmie człowieka pełni powięź (Kwong, 2014). Przystano ją traktować jako łącznotkankowe opakowanie narządów, a zaczęto dostrzegać jej niebagatelny wpływ w prawidłowe funkcjonowanie całego organizmu, szczególnie układu ruchu. Ponadto coraz popularniejsze staje się zjawisko tensegracji, które pomaga wyjaśnić powiązania pomiędzy oddalonymi od siebie rejonami ciała, strukturami, które nie posiadają ze sobą bezpośredniego powiązania nerwowego (Kurkowski, 2016). Biotensegracja tłumaczy zastosowanie zasad tensegracji w przypadku żywej materii i znajduje odzwierciedlenie na każdym poziomie organizacji organizmu: od pojedynczej komórki aż do kolumny kręgosłupa. Należy ją rozumieć jako strukturę żywej tkanki, utworzoną przez sieć elementów, które znajdują się w naprężeniu lub są poddawane kompresji. Taka organizacja zapewnia idealną równowagę pomiędzy poszczególnymi strukturami oraz zdolność przeciwstawiania się sile grawitacji. Wedle założeń biotensegracji ciało stanowi całość, a jego poszczególne elementy są od siebie zależne. Są one bowiem zatopione w sieci tkanek miękkich, które poprzez kompresję lub rozciąganie oddziałują na siebie (Guimberteau, 2016).

## CEL PRACY

Celem pracy jest przedstawienie zjawiska tensegracji oraz roli, jaką odgrywa w układzie mięśniowo-szkieletowym człowieka.

## ROZWINIĘCIE

### Budowa powięzi

Według najnowszej definicji powięź „jest powłoką, arkuszem bądź dowolną liczbą dających się oddzielić skupisk tkanki łącznej, formujących się pod skórą i mających na celu umocowanie, osłonięcie i oddzielenie mięśni oraz innych narządów wewnętrznych” (Lesondak, 2018 s. 1). Jest ona miękotkankową czę-

ścią tkanki łącznej, która wypełnia całe ciało, tworząc nieprzerwaną, trójwymiarową sieć. Przenika ona oraz otacza narządy wewnętrzne, mięśnie, kości oraz struktury nerwowe. Podstawowymi elementami, z których zbudowana jest powięź, są komórki: przede wszystkim fibroblasty oraz macierz pozakomórkowa, która składa się z włókien oraz wodnistej istoty podstawowej. Fibroblasty są odpowiedzialne za wytworzenie oraz utrzymanie całej macierzy pozakomórkowej, produkcję węglowodanów złożonych wchodzących w skład istoty podstawowej, a także syntezę oraz przebudowę kolagenu w zależności od napięcia pomiędzy komórką a macierzą pozakomórkową.

Produkcja włókien kolagenowych jest uzależniona od napięcia, które generowane jest poza granicami komórek. Jeśli jest ono niskie – produkcja kolagenu jest niewielka, natomiast w wyniku zwiększonego napięcia tkanek fibroblasty zwiększają intensywność produkcji kolagenu (Lesondak, 2018). Co najważniejsze, fibroblasty wchodzą w skład grupy komórek kierunkowrażliwych, co oznacza, iż sposób ich organizacji jest zależny od kierunku pociągania występującej poniżej macierzy pozakomórkowej. Otóż otrzymywane impulsy mechaniczne (tj. wibracje, nacisk) powodują zwiększenie syntezy kolagenu w miejscach przeciążonych. Natomiast w miejscach, gdzie kolagenu jest zbyt dużo – powodują jego eliminację poprzez wydzielanie ksyntezy czy oligonazy (Krikwood, 2009).

Z kolei macierz pozakomórkowa stanowi „ogół substancji pozakomórkowej w obrębie tkanki łącznej” (Lesondak, 2018 s. 7). Jest siecią otaczającą komórki w poszczególnych tkankach. Jej złożony skład obejmuje glikoproteiny, które zanurzone są w uwodnionym polisacharydowym żelu. Jej głównym budulcem są białka kolagenowe (Aumailley, 1998). Część włóknista macierzy międzykomórkowej tworzy charakterystyczne rusztowanie, które zapewnia mechaniczne połączenia między poszczególnymi komórkami. Jej niewiarygodna wytrzymałość na rozciąganie jest wynikiem budowy macierzy, której włókna tworzą potrójnie splecioną helisę, umożliwiającą

plastyczną oraz elastyczną deformację. W dodatku kolagen działa zgodnie z prawem Wolfa, przystosowując się do regularnych obciążeń, przez co wraz z upływem czasu struktura ta staje się coraz silniejsza.

Poza kolagenem we włóknistej części macierzy pozakomórkowej znajduje się również elastyna, która dzięki dużej zdolności do rozciągania nadaje tkance łącznej dodatkową sprężystość (Lesondak, 2018). Płynnym komponentem wypełniającym przestrzenie między komórkami macierzy pozakomórkowej jest bezkształtna, galaretowata istota podstawowa. Jest ona ciekłym, lepkiem środowiskiem, w którym zachodzi wymiana składników pomiędzy komórkami a ich otoczeniem w obrębie całego organizmu, a także wymiana składników między krwią, limfą oraz komórkami. Jej obecność zapewnia odpowiedni ślizg włóknom powięziowym (Lesondak, 2018).

Początkowo macierz pozakomórkowa była postrzegana jako statyczny szkielet, który był odpowiedzialny za utrzymanie właściwej struktury tkanki, a także stanowił miejsce, w którym zakotwiczone są dojrzwiałe komórki. Obecne badania dowodzą, iż jest to struktura bardzo dynamiczna, bowiem jej składniki są bardzo elastyczne i ulegają ciągłemu przemieszczaniu oraz odkształcaniu. Oddziałują one wzajemnie ze sobą, utrzymując zwartą oraz elastyczną strukturę tkanki, a także kontrolując funkcjonowanie komórek poprzez regulowanie oddziaływań komórka-macierz, magazynowanie różnych substancji (Sivakumar, 2006). Ponadto macierz pozakomórkowa stanowi sieć komunikacyjną wewnątrz organizmu, przekazując sygnały mechaniczne (tj. naprężenie, wibracje) w obrębie całego ciała za pomocą sieci powięziowej (Oschman, 2003).

Rodzaje powięzi

Wyróżnić można kilka rodzajów powięzi:

**Powięź powierzchowna** to warstwa powierzchniowa, często opisywana jako włóknista część tkanki łącznej. Leży ona bezpośrednio pod warstwą tkanki tłuszczowej zlokalizowanej pod skórą, stąd często nazywana jest

powięzią tłuszczową. Powięź powierzchowna, mimo iż jest włóknista, jest również bardzo elastyczna. Zawiera ona znaczącą ilość tłuszczu, oddziela skórę od mięśni, zapewniając właściwy ślizg pomiędzy tymi strukturami. Jest ona zaangażowana zarówno w termoregulację, jak i krążenie oraz przepływ limfatyczny. Powięź powierzchowna jest również łączona z powięzią głęboką (Lesondak, 2018).

**Powięź głęboka** jest gęstą, pozbawioną komórek tłuszczowych, dobrze zorganizowaną warstwą włóknistą pokrywającą całe ciało. Jej rozwarstwiająca się warstwa wewnętrzna tworzy oddzielne kieszonki wokół każdego z mięśni, nazywane namięsną, oraz okrywające całe grupy mięśni szerokie, płaskie pasma, nazywane rozciągami. Gwarantuje to rozdzielnie wszystkich mięśni od siebie, a jednocześnie zachowane zostają ich wzajemne połączenia (Kwong, 2014). Namięsna obejmuje pojedyncze mięśnie lub ich głowy, a także przedłuża się w pochewki ścięgna oraz ościęgna. Stanowi ona ciągłość z omięsną, która z kolei odizolowuje pęczki włókien mięśniowych od siebie oraz pozostaje w ciągłości ze śródmięsną, która izoluje od siebie włókienka mięśniowe (Stecco, 2019). Omięsna tworzy ciągłość ze ścięgnami. Powięź głęboka jest szczególnie istotna, bowiem to właśnie w niej ma miejsce przeniesienie siły mięśniowo-powięziowej. Następuje ono w mięśniach, które ze sobą sąsiadują, nawet tych, które są antagonistami. Szacuje się, iż blisko 30% całkowitego napięcia powięziowego jest przekazywane w ten sposób (Lesondak, 2018). Zależność ta sprzyja wzajemnym reakcjom mięśniowo-powięziowym, zapewnia lepszą regulację napięcia i rozciągnięcia, a także wyjaśnia, dlaczego skurcze mięśni odczuwane są nawet w odległych częściach ciała (Kwong, 2014).

**Powięź oponowa** otacza struktury układu nerwowego (Lesondak, 2018).

**Powięź trzewna** otacza narządy wewnętrzne klatki piersiowej oraz jamy brzusznej. Odpowiada za zawieszenie narządów w ich jamach, a także umożliwia im fizjologiczny ruch (Lesondak, 2018).

Rola powięzi i łańcuchów mięśniowo-powięziowych

Powięź to „sieć, która wypełnia całe ciało na poziomie komórkowym, tkankowym oraz narządowym. Z tego powodu zarówno każdy ruch wpływa na funkcjonowanie wszystkich struktur ciała, jak i każda patologia na którymś z poziomów organizacji struktur narządu ruchu będzie stanowić źródło dysfunkcji na innych poziomach” (Schultz, 1996 s. 31-49).

Powięź pełni szereg znaczących funkcji. Jest to organ równocześnie scalający i integrujący całe ciało, jednocześnie rozdzielając je na poszczególne przedziały i przegrody (Kurkowski, 2017). Odgrywa ona ważną rolę mechaniczną, gdyż to w jej strukturach dochodzi do przenoszenia napięć z jednej struktury na inną, czasami nawet bardzo odległą (Mikołajczyk, 2014). Ponadto ma ona funkcję receptorową. Jak donoszą badania Schleipa, jest ona największym organem odpowiedzialnym za czucie. W niej bowiem znajdują się mechanoreceptory, które przekazują informacje do ośrodkowego układu nerwowego zarówno o propriocepcji, jak i sile odczuwanego nacisku (Schleip, 2017). Dodatkowo pełni ona funkcję ochronną oraz morfogenetyczną polegającą na organizowaniu, stymulacji wzrostu i różnicowaniu otaczających tkanek (Churchill, 1995). Powięź stanowi układ samoregulujący się. Samoczynnie reguluje swoje napięcie na zasadzie sprzężenia zwrotnego. Odbywa się to dzięki utworzonym przez nią taśmom mięśniowo-powięziowym, które tworzą swoiste drogi oplatające nasze ciało. Są one utworzone przez kilka-kilkanaście mięśni leżących wzdłuż jednej linii, które wzajemnie oddziałują ze sobą poprzez powięź. Przesyłane są nimi np. obciążenia, napięcia czy kompensacje posturalne (Richter, 2014).

#### Zjawisko tensegracji

Na zjawisku tensegracji opiera się wiele nowoczesnych terapii holistycznych. Biotensegracja stanowi bowiem krok milowy w sposobie opisywania ciała człowieka (Lesondak, 2021). Racjonalnie tłumaczy ona, jak w przypadku człowieka działa geometria euklidesowa oraz

pięć podstawowych brył Platona (Kurkowski, 2017).

Pojęcie tensegracji wprowadził w latach 60. ubiegłego wieku architekt B. Fuller, łącząc dwa angielskie słowa *tension* (naprężenie) oraz *integrity* (spójność), co pozwala na rozumienie jej jako spójność poprzez naprężenie, a mówiąc jeszcze prościej: jako integrację strukturalną.

Tensegracja obejmuje struktury, których stabilizacja uzyskiwana jest poprzez wstępne naprężenie. Twórca tego pojęcia twierdził, iż „tensegracja opisuje zasady związków strukturalnych, których kształt strukturalny jest gwarantowany przez skończenie zamknięte, całkowicie ciągle napięciowe zachowania systemu, a nie przez nieciągłe i wyłącznie lokalne wzorce kompresyjne poszczególnych elementów” (Mikołajczyk, 2014, s. 62).

Sytuacja taka polega na tym, że sztywne elementy są poddawane stałemu, niewielkiemu ścisnaniu poprzez napięcie giętkich elementów, które są rozpięte między nimi. W ten sposób napięcie jest w sposób ciągły przenoszone na wszystkie elementy układu. Skutkuje to tym, iż wzrost napięcia w jednym elemencie spowoduje wzrost napięcia we wszystkich elementach będących w wzajemnym kontakcie strukturalnym (Kassolik, 2010; Yamada, 2000; Ingber, 1998).

Model tensegracyjny zakłada, iż siły nie są lokalizowane, a przenoszone. Odbywa się to najkrótszą drogą. Wymusza to takie ustawienie elastycznych elementów tensegracyjnych, aby w jak największym stopniu przeciwdziałały one obciążeniom. Stanowi to gwarant dużej wytrzymałości przy użyciu małej ilości materiału. Źródłem sił tego układu są elementy kompresyjne, które zawieszono w układach stałych napięć. Działające na taki układ obciążenie jest przenoszone równomiernie, czasami na odległe elementy, wzdłuż linii napięcia (Mikołajczyk, 2014).

#### Tensegracja w układzie ruchu

Zjawisko to występuje na licznych poziomach organizacji ciała człowieka, w tym także w obszarze układu ruchu (Kassolik, 2007a; b; 2009). W takim rozumieniu kości stanowić

będą elementy kompresyjne, układ mięśniowo-powięziowy zaś to element napięciowy. Zatem kręgosłup nie może być traktowany jako stabilna kolumna, do której przyczepiają się tkanki miękkie, ale jest on konstrukcją, w której odpowiednio zrównoważone napięcie tkanek miękkich zapewni jego właściwe ustawienie (Mikołajczyk, 2014).

Poszczególne elementy narządu ruchu (kości, mięśnie, ścięgna, więzadła) pozwalają na utrzymanie pozycji pionowej dzięki właściwemu ich napięciu, podobnie jak liny w rzeźbach Snelsona (Ingber, 2010). Co więcej, do wielu kości przyczepiają się (na małym obszarze) liczne mięśnie, które generują siły pociągania w różnych kierunkach, gdyż działają w przeciwnym sposobie. Aby zachować właściwe położenie kości, konieczne jest zachowanie właściwego tonusu spoczynkowego. Zatem jeśli w jednym z mięśni nastąpi wzrost napięcia, wówczas we wszystkich mięśniach przyczepiających się w danym miejscu kości dochodzi do wzrostu tonusu spoczynkowego. W ten sposób zrównoważone są siły działające na przyczepy mięśniowe i elementy kostne nadal utrzymywane są na tym samym miejscu. Natomiast w sytuacji kiedy podwyższenie tonusu mięśniowego staje się długotrwałe, następuje zaburzenie trofiki, zmienia się dystrybucja krwi, a z czasem rozwija się stan zapalny oraz nasila się bolesność w miejscu, w którym sumują się siły pociągania (Kassolik, 2010; Travell, 1999; Mense, 2001).

## WNIOSKI

Idea tensegracji zyskuje coraz większą popularność i stanowi dobre wytłumaczenie mechaniki ruchu. Wykorzystując geometrię przekłada podstawowe prawa fizyki, które mają odzwierciedlenie w całym ciele (Scarr, 2014) W świetle współczesnych badań tensegracja ogrywa istotną rolę dla organizmów żywych, ponieważ poprzez zrównoważone siły pociągania pozwala na utrzymywanie właściwego układu przestrzennego poszczególnych komórek, tkanek i wreszcie utworzonych z nich narządów (Ingber, 1993).

Tłumaczy to, dlaczego uszkodzenia w układzie ruchu nie muszą powstawać w odpowiedzi na lokalne przeciążenia, ale mogą być wynikiem długotrwałych przeciążeń w innych okolicach ciała. Zwykle miejscem uszkodzenia jest najsłabszy punkt konstrukcji, którego osłabienie jest wynikiem wrodzonej dysfunkcji lub wcześniejszych uszkodzeń. Ponadto zjawisko tensegracji stanowi bodziec do poszukiwania nawet mniej oczywistych powiązań między narządami czy elementami układu ruchu, bez odwoływania się do wpływu układu nerwowego, krwionośnego czy hormonalnego.

## PODSUMOWANIE

Ciało człowieka jest kompleksową strukturą biologiczną regulowaną przez wiele systemów, kontrolujących rozmaite procesy zachodzące w organizmie człowieka. Jest to możliwe m.in. dzięki istnieniu łańcuchów mięśniowo-powięziowych stanowiących swoiste autostrady w ciele człowieka, którymi wszelkie nieprawidłowości są przenoszone zgodnie z zasadami tensegracji nawet w obszar odległych części ciała, z pozoru niezwiązanych z pierwotnym miejscem dysfunkcji.

## BIBLIOGRAFIA

- Aumailley M., Gayraud B. (1998). Structure and biological activity of the extracellular matrix. *Journal of Molecular Medicine*, 76, 253–26
- Churchill W.P. (1995). *Gray's anatomy*. Edinburgh: Livingstone, 2, 413–477
- Fuller B. (1975). *Synergetics*. Macmillan, New York
- Guimberteau J.C., Armstrong C. (2016). *Architektura żywej powięzi człowieka*. Poznań: Virgo
- Ingber D. E. (1998). Architecture of life. *Scientific American*, 278, 48–57
- Ingber D. E. (1993). Cellular tensegrity: defining new rules of biological design that govern the cytoskeleton. *Journal of Cell Science*, 104, 613–627
- Kassolik K. (2007a). Anatomiczne uzasadnienie wykorzystania zasady tensegracji w masażu. *Fizjoterapia Polska*, 7, 332–343
- Kassolik K. (2007b). Role of the tensegrity rule in theoretical basis of massage therapy. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 20, 15–20

- Kassolik K. (2009): Tensegrity principle in massage demonstrated by electro- and electromyography. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 13, 164–170
- Kassolik K., Andrzejewski W. (2010). Masaż tensegracyjny. *Fizjoterapia*, 18(1), 67–72
- Kirkwood J.E., Fuller G.G. (2009). Liquid crystal collagen: A self-assembled morphology for the orientation of mammalian cells. *Langmuir*, 25 (5), 3200–3206
- Kurkowski M., Schleip R. (2016). Powięź, somatyka, propriocepcja i doskonalenie precyzji ruchu. *Praktyczna Rehabilitacja i Fizjoterapia*, 73, 6–13
- Kurkowski M., Thompson D. (2017). Biotensegracja. *Praktyczna Rehabilitacja i Fizjoterapia*, 10, 16–21.
- Kwong E.H., Findley T.W. (2014). Fascia – current knowledge and future directions in physiatry: Narrative review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 51 (6), 875–884
- Mense S., Simons D. G. (2001). *Muscle pain. Understanding its nature, diagnosis, and treatment*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins
- Lesondak D. (2018). *Powięź bez tajemnic. Czym jest i jakie jest jej znaczenie*. Łódź: Galaktyka
- Lesondak D., Maun Akei A. (2021). *Fascia, Function and medical application*. Boca Raton: CRC Press
- Mikołajczyk A., Kocięcki M., Zaklukiewicz A., Li-stewnik M., Gębska M. (2014). Zastosowanie koncepcji tensegracji strukturalnej w manipulacjach powięziowych według Stecco. *Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie*, 60(2), 59–64
- Oschman J. (2003). Connective tissue as an energetic and informational continuum. *Structural Integration*, 31 (3), 5–15.
- Richter P., Hebgen E. (2014). *Punkty spustowe i łańcuchy mięśniowo-powięziowe w osteopatii i terapii manualnej*. Łódź: Galaktyka
- Scarr G. (2014). *Biotensegracja. Strukturalna podstawa życia*. S3 Publishing UK
- Scarr G. (2020). Biotensegrity: What is the big deal? *Fascia Science and Clinical Applications: editorial*, 24 (1), 134–137
- Schleip R. (2017). Fascia as a sensory organ. *Terra Rosa E-mag*, 20, 1–7
- Schultz L., Feitis R. (1996). *The endless web*. Berkeley: North Atlantic Books, 31–49
- Sivakumar P., Czirok A., Rongish B.J., Divakara V.P., Wang Y.P., Dallas S.L. (2006). New insights into extracellular matrix assembly and reorganization from dynamic imaging of extracellular matrix proteins in living osteoblasts. *Journal of Cell Science*, 119, 1350–1360
- Stecco L., Stecco A. (2019). *Manipulacje powięzi w leczeniu dolegliwości bólowych układu ruchu*. Szczecin: Odnova-med
- Travell J. G., Simons D. G. (1999). *Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins
- Yamada T. (2000). The tensegrity model applied to the lens: a hypothesis for the presence of the fiber cell ball and sockets. *Medical Hypotheses*, 55, 36–39

Praca zgłoszona do czasopisma 20.09.2020 / praca zaakceptowana do druku: 1.04.2021

Manuscript received: 20.09.2020 / manuscript accepted: 1.04.2021