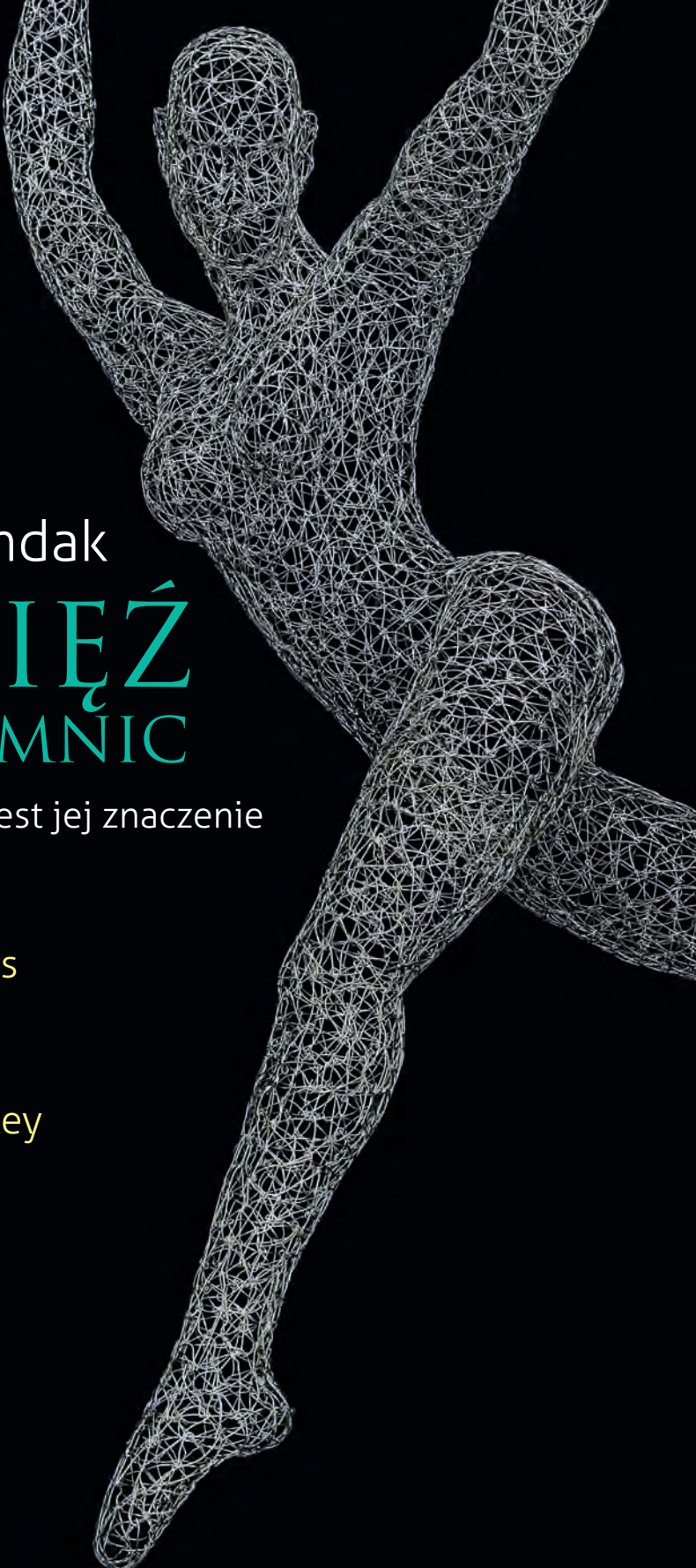


A white wireframe sculpture of a human figure in a dynamic, almost dancing pose, set against a solid black background. The figure's arms are raised, and its legs are crossed in a fluid motion.

David Lesondak

POWIĘŻ BEZ TAJEMNIC

Czym jest i jakie jest jej znaczenie

Przedmowa

Thomas W. Myers
Robert Schleip

Postłowie

Thomas W. Findley

G A L A K T Y K A

David Lesondak

POWIĘŻ BEZ TAJEMNIC

Czym jest i jakie jest jej znaczenie

Przedmowa

Thomas W. Myers
Robert Schleip

Postowie

Thomas W. Findley

Przekład

Daria Pisula

G A L A K T Y K A

Tytuł wydania oryginalnego:
Fascia. What it is and why it matters

The original English language edition has been published by:
Handspring Publishing Limited
Pencaitland, EH34 5EY, United Kingdom
Oryginalne wydanie w języku angielskim opublikowało:
Handspring Publishing Limited
Pencaitland, EH34 5EY, United Kingdom

Copyright © Handspring Publishing Ltd. 2017
All rights reserved
Wszelkie prawa zastrzeżone

The right of David Lesondak to be identified as the Author of this text has been asserted in accordance with the Copyright, Designs and Patents Act 1988.

© Copyright for the Polish edition by Galaktyka Sp. z o.o., Łódź 2018
90-644 Łódź, ul. Żeligowskiego 35/37
tel. +42 639 50 18, 639 50 19, tel.fax 639 50 17
e-mail: info@galaktyka.com.pl; sekretariat@galaktyka.com.pl
www.galaktyka.com.pl
ISBN: 978-83-7579-667-4

Redakcja naukowa wydania polskiego: *Marcin Sowa*
Redakcja: *Aneta Wieczorek*
Korekta: *Monika Ulatowska*
Redakcja techniczna: *Marta Sobczak-Proga*
Redaktor prowadzący: *Marek Janiak*

Projekt okładki (na podstawie projektu oryginalnego): *Artur Nowakowski*
Rzeźba na okładce: Michael Gard, www.michaelgard.com
Zdjęcie na okładce: Robert Strovers, www.robertstrovers.com
DTP: *Master*
Druk i oprawa: *BZGRAF*

Uwaga:

Ze względu na ciągły rozwój medycyny wszystkie informacje, zwłaszcza te dotyczące procedur diagnostycznych i terapeutycznych, mogą odzwierciedlać jedynie stan wiedzy aktualny w momencie oddania książki do druku. Zalecenia zostały opracowane z zachowaniem największej staranności, nie mają one jednak na celu zastępowania lub zmiany zaleconej przez lekarza terapii medycznej. W przypadku konkretnych problemów zdrowotnych zawsze udaj się po poradę do lekarza specjalisty.

Choć autorzy i wydawca dołożyli wszelkich starań, aby zawarte w tej książce informacje były rzetelne i kompletne, nie ponoszą oni żadnej odpowiedzialności za mogące pojawić się błędy, nieścisłości, przeoczenia lub niezgodności. Autorzy i wydawca i mieli też zamiaru nikogo obrazić ani przedstawić w złym świetle miejśc i organizacji.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Bez pisemnej zgody wydawcy książka ta nie może być powielana ani w częściach, ani w całości. Nie może też być reprodukowana, przechowywana i przetwarzana z zastosowaniem jakichkolwiek środków elektronicznych, mechanicznych, fotokopiarskich, nagrywających i innych.

Słowo wstępne	VII
Przedmowa	IX
Podziękowania	XI
1 Powieź: żywa tkanka i układ	1
Nie taka prosta definicja powięzi	1
Powieź po raz pierwszy	2
Powieź po raz drugi	7
Powieź po raz trzeci	15
Piśmiennictwo	17
Literatura uzupełniająca	19
2 Powieź, tensegracja i komórka	21
Wprowadzenie	21
Tensegracja – coś zupełnie innego	24
Pod mikroskopem	31
Z powrotem do skali makro	33
Piśmiennictwo	39
Literatura uzupełniająca	39
3 Powieź a anatomia	41
Wprowadzenie	41
Na samym początku	44
Mężczyzna z Padwy	45
Mężczyzna z Kansas	49
Układ „powięziowo-mięśniowo-szkieletowy”	50
Tak, to wszystko jest połączone	54
Inne istotne połączenia	65
Piśmiennictwo	70
Literatura uzupełniająca	71
4 Powieź a układ nerwowy	73
Wprowadzenie	73
Mężczyzna, który utracił swoje ciało	73
Anatomia nerwu	74
Mechanoreceptory powięziowe	76
Interocepcja – siódmy zmysł	81
Doskonalenie interocepcji	82
Piśmiennictwo	83
Literatura uzupełniająca	84

SPIS TREŚCI

5 Powieź a mózg	85
Wprowadzenie	85
Neuronauka na przełomie XIX i XX w.	88
Neuronauka na początku XXI w.	90
Poznajcie glej	91
Zachowali mózg Einsteina!	95
Komórki Schwanna	96
Piśmiennictwo	99
Literatura uzupełniająca	100
6 Powieź a narządy	101
Pokarmowy, drogi Watsonie!	101
Podstawy	101
Zaczynając od góry	102
Serce jako narząd powięziowy	102
Z powrotem do środka	104
Myślące jelito	105
Piśmiennictwo	106
Literatura uzupełniająca	107
7 Diagnostowanie nieprawidłowości powięziowych	109
Wprowadzenie	109
Analiza patoanatomiczna	110
Studium przypadku: Benjamin	114
Palpacja	115
Technologia w palpacji	116
Diagnostyka obrazowa	116
Piśmiennictwo	118
Literatura uzupełniająca	119
8 Terapie oparte na pracy z powięzią	121
No to co się rusza?	121
Metody terapii powięzi	122
Piśmiennictwo	133
Literatura uzupełniająca	134
Posłowie	135
Słownik	137
Indeks	149

Doświadczenie uczy, że potrzeba lat, a nawet dekad, aby nowe teorie w medycynie stały się wiedzą powszechną.

Oprócz tego każda książka naukowa, która ukazuje linearne (lub) przyczynowo-skutkowe związki, jest łatwiej rozumiana i kategoryzowana od tych, które przedstawiają związki wielopłaszczyznowe.

Gisela Draczynski

Nie taka prosta definicja powięzi

17 września 2015 r. Komitet Nomenklatury Kongresu Badań nad Powięzią (Fascia Research Congress) doszedł do porozumienia w sprawie anatomicznej definicji powięzi. Stało się to na prośbę IFAA – Międzynarodowej Federacji Zrzeszającej Anatomów (International Federation of Associations of Anatomists). To było coś.

IFAA odpowiada za opiekę nad *Terminologia Anatomica*¹, które ustala międzynarodowe standardy dla nazewnictwa w obszarze anatomii człowieka. I o ile obecnie może się to wydawać aż nazbyt oczywiste, były czasy, kiedy 5000 struktur w obrębie ciała ludzkiego określano blisko 50 tys. różnych terminów (Adstrum, 2014). Przy takiej objętości IFAA pełni nieocenioną rolę. Mając na względzie, że termin „powięź” może być i był rozumiany dość szeroko, IFAA dostrzegła potrzebę ustalenia jej nowej, ustandaryzowanej definicji i zwróciła się z tym do światowej klasy ekspertów w tej dziedzinie.

Tak więc 18 września 2015 r. w trakcie Czwartego Międzynarodowego Kongresu Badań nad Powięzią (Fourth International Fascia Research Congress) lekarz medycyny

Carla Stecco ogłosiła ponad 700 uczestnikom nową, medyczną definicję powięzi: „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” (Stecco, 2015).

Niektórzy poczuli się rozzarowani, dla innych była to pamiętna chwila, a jeszcze inni uznali to za kontrowersyjne. Dlaczego w świecie, w którym tak ciężko dojść do jakiegokolwiek konsensusu, przełom ten nie był przez wszystkich celebrowany?

Być może dlatego, że w 2007 r. w trakcie Pierwszego Międzynarodowego Kongresu Badań nad Powięzią (First International Fascia Research Congress) Robert Schleip i Thomas Findley zdefiniowali powięź następująco:

Powięź jest miękkotkankową częścią składową tkanki łącznej, która wypełnia całe ciało ludzkie, tworząc nieprzerwaną, trójwymiarową macierz wsparcia strukturalnego. Przenika ona i otacza wszelkie narządy, mięśnie, kości i włókna nerwowe, tworząc unikalne środowisko dla funkcjonowania wszystkich układów ciała. Zakres naszej definicji [wyróżnienie moje] i zainteresowanie tematem powięzi rozciąga się na wszystkie włókniste tkanki łączne, włączając w to rozciągnięta, więzadła, ścięgna,

¹ Międzynarodowy standard mianownictwa anatomicznego, który w 1998 r. zastąpił używane od 1955 r. *Nomina Anatomica*.

troczy, torebki stawowe, narządy oraz błony naczyń krwionośnych i limfatycznych [Findley i Schleip, 2007].

Teraz już rozumiecie, dlaczego część obecnych na konferencji w 2015 r. poczuła rozczarowanie. Jak można było tak integralną tkankę – niektórzy nazywają powięź „narządem kształtu” (Varela i Frenk, 1987; Garfin i in., 1981) – zamknąć w tak wąskiej definicji?

Dla kogoś, kto interesuje się powięzią z czysto histologicznego lub morfologicznego, tkankowo-strukturalnego punktu widzenia, takie zawężenie definicji ma sens. Jeśli jednak ważniejsze są dla niego kwestie funkcjonalne lub sensoryczne i jeśli ciekawi go to, jak powięź się zachowuje, wówczas szersza definicja wydaje się tu nieodzowna. Powięź jest bowiem zarówno tkanką, jak i układem, i jako taka ma określone właściwości oraz funkcje, o których nawet nie wspomniano w nowej definicji stworzonej dla IFAA.

Ogłoszono, że druga definicja – obejmująca układ powięziowy – zostanie niedługo opracowana (Stecco i Schleipp, 2016). Ma być ona inna niż definicja samej powięzi i zakładam, że będzie również bardziej zadowalająca i fascynująca dla wszystkich rozczarowanych tą z 2015 r.

W międzyczasie jednak musimy od czegoś rozpocząć. Poznajmy więc powięź – najbardziej uniwersalną i być może najmniej rozumianą tkankę w ciele.

Powięź po raz pierwszy

Przede wszystkim należy pamiętać, że sieć powięziowa jest jednolitą, nieprzerwaną strukturą rozchodzącą się po całym ciele. Profesor anatomii i rehabilitacji Andry Vleeming powiedział kiedyś: „Powięź to twój miękki szkielet” (Vleeming, 2011).

Z całą pewnością w niniejszej książce używać będę określonej terminologii i nazw struktur (takich jak krezka, mięsień naramienny), niemniej będę robił to topograficznie, abyśmy zawsze wiedzieli, w którym miejscu „mapy” właśnie się znajdujemy. W obrębie ciała powięź jest jednością – złożonym, holistycznym, samoregulującym się narządem. Oczywiście można ją podzielić na drobne części podczas sekcji, jednak nie jest ona w swej naturze ani trochę mniej pojedynczą jednostką niż narząd znany nam pod pojęciem skóry. Z ilu kawałków lub części złożona jest skóra? No właśnie, podobnie jest z powięzią.

Wszechobecność powięzi – bo znajduje się ona dosłownie wszędzie w ciele – sprawia, że trudno ją zobrazować w jakikolwiek praktyczny sposób. Niemniej innowacje w dziedzinie ultrasonografii i wspomaganej komputerowo diagnostyki obrazowej, wliczając możliwości druku 3D, świadczą, że w nie tak odległej przyszłości być może uda nam się uzyskać rzeczywisty obraz skomplikowanej sieci powięziowej.

Ta „wszędobylskość” powięzi sugeruje, że faktycznie wszystko jest połączone. Dlatego jest ona „tkanką łączną”, a nazwa ta często używana jest zamiennie z nazwą „powięź”. W języku niemieckim tkanka łączna określona jest dość sugestywnym terminem *bindgewebe*, który przychodzi mi na myśl „scalającą pajęczynę” (ang. *binding web*), stąd z kolei wzięto się stosowane przeze mnie pojęcie „pajęczyny powięziowej”. Chciałbym w tym miejscu podkreślić, że w dalszej części książki określeń „sieć powięziowa”, „pajęczyna powięziowa” i „układ powięziowy” będę używał zamiennie, aby uniknąć terminologicznego zmęczenia.

Wyobraźcie więc sobie srebrzystobiały materiał (ryc. 1.1), w równej mierze elastyczny,



Ryc. 1.1. Zbliżenie na powieź otaczającą mięsień w niezabalsamowanych zwłokach. (Zdjęcie wykonane przez autora, wykorzystane za zgodą Thomasa Myersa)

co wytrzymały, substancję, która otacza i penetruje każdy mięsień, powleka każdą kość, okrywa każdy narząd i spowija każdy nerw. Powieź sprawia, że wszystko jest oddzielone, a jednocześnie połączone. To tkanka, która do niedawna uważana była za bierną i pozbawioną życia (Schleip, 2005; Schleip i in., 2006). Witajcie w świecie powięzi i pajęczyny powięziowej.

Skoro więc mamy już obraz jedności powięzi wyraźnie nakreślony w naszych głowach, zróbmy to, co ludzie robić uwielbiają: wyjmijmy ją i rozbierzmy na kawałki, żeby zobaczyć, jak to wszystko działa! Nie martwcie się – potem włożymy ją z powrotem i przy odrobinie szczęścia nie zostaną nam żadne jej fragmenty.

Było już wiele prób skategoryzowania szeroko pojmowanej powięzi. Dość częstym zabiegiem jest oddzielanie powięzi kończyn (górnych i dolnych) od powięzi pleców i całego torsu. Innym, całkiem słusznym pomysłem (Kumka i Bonar, 2012) był podział powięzi na cztery kategorie funkcjonalne: łączącą, pęczkową, kompresyjną i oddzielającą. Idea ta jednak – równie interesująca – szybko staje się tak skomplikowana, że po chwili mamy ochotę odwrócić się na pięcie i wyruszyć w drogę powrotną, a przecież dopiero rozpoczęliśmy naszą podróż.

Aby zachować logiczny ciąg, dokonamy podziału powięzi na cztery części, w zależności od jej położenia w ciele.

Powieź powierzchowna

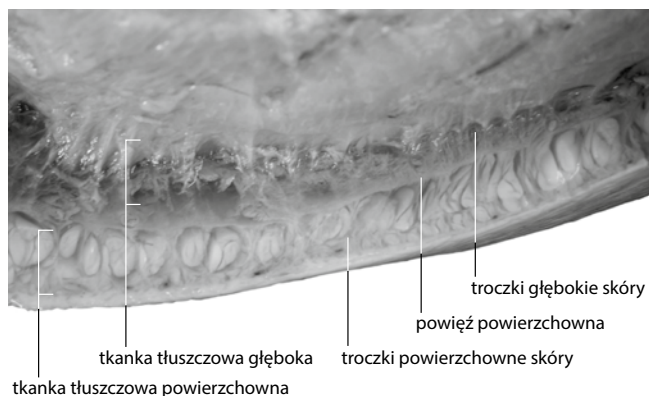
Warstwa powierzchowna opisywana jest często jako włóknista warstwa luźnej tkanki łącznej. Luźnej, ponieważ nie ma wyraźnego, regularnego wzorca. Warstwa ta nazywana jest też otoczkową lub tłuszczową. Powieź powierzchną określa się również jako powieź tłuszczową.

Powieź powierzchowna leży bezpośrednio pod warstwą tkanki tłuszczowej znajdującą się nieco wyżej pod skórą (ryc. 1.2). Jest włóknista, ale przy tym wysoce elastyczna i ma zmienną zawartość tłuszczu. Oddziela skórę od mięśni, umożliwiając prawidłowy ślizg pomiędzy jednym a drugim. Powieź powierzchowna zaangażowana jest w termoregulację, krążenie i przepływ limfatyczny. Łączy się też z powięzią głęboką.

Powieź głęboka

Powieź głęboka to gęsta, dobrze zorganizowana warstwa włóknista pokrywająca mięśnie. Właśnie ją myśliwi i rzeźnicy określają mianem „srebrnej skóry”², jak się okazuje, nie bez powodu (ryc. 1.3). Powieź głęboka to swojego rodzaju trykot albo obcisły kombinizon, pokrywający całe ciało, z rozwarstwiają-

² *Silver skin* – określenie używane w języku angielskim do opisu srebrzystobiałej błony pokrywającej mięso.



Ryc. 1.2. Warstwa powięzi powierzchownej. (Wykorzystano za zgodą Carli Stecco)

cą się warstwą wewnętrzną, której wystające fragmenty tworzą oddzielne kieszonki wokół każdego z mięśni. Służy to temu, aby wszystko było od siebie oddzielone, a jednocześnie wzajemnie połączone i – w przypadku zdrowej, prawidłowo działającej powięzi – przesunąć się po sobie. Powięź głęboka zawiera zarówno indywidualne pochewki mięśniowe, czyli namięsną, jak i okrywające całe grupy mięśni, szerokie, płaskie pasma, nazywane rozciągami (ryc. 1.4).

Użyj przeniesienia siły

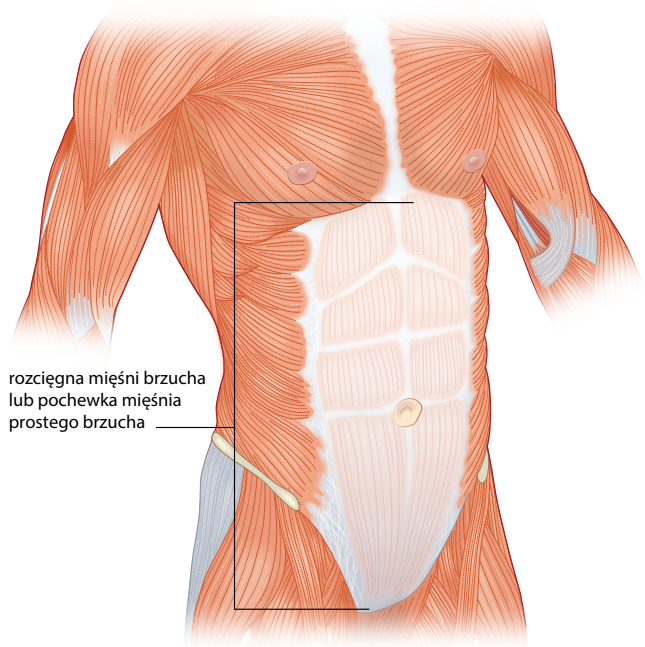
To właśnie w tej warstwie ma miejsce przeniesienie siły mięśniowo-powięziowej (Huijing, 2009). Wiadomo, że mięsień przekazuje siłę wzdłużnie, w poprzek stawu, poprzez złącze mięśniowo-ścięgniste, aby wytworzyć ruch. Podniesienie swojej kubki z kawą lub herbatą i napięcie się. Cała sekwencja przeniesienia siły w trakcie tego ruchu ma miejsce w obręczy barkowej, łokciu, nadgarstku i palcach. A powięź jest tam razem z nimi i wykonuje pracę, przekazując siłę za pośrednictwem namięsną (Maas i Sandercock; 2010, Yucosoy, 2010).

Powięziowe przeniesienie siły pomiędzy mięśniami następuje w mięśniach sąsiadujących



Ryc. 1.3. Powięziowy „kombinezon” pokrywający całe ciało. (Dzięki uprzejmości fascialnet.com)

cych, nawet tych antagonistycznych. Szacuje się, że aż 30% całkowitego napięcia mięśniowego może być przekazywane w ten sposób (Huijing i in., 2003). Zrozumienie, jak zachodzą owe interakcje, pozwoli też lepiej zrozumieć



rozciegna mięśni brzucha
lub pochewka mięśnia
prostego brzucha

Ryc. 1.4. Rozciągnięta mięśni brzucha – powięziowa powłoka dla „sześciopaka” mięśnia prostego brzucha

patologie chronicznych problemów mięśniowych, dolegliwości o charakterze przeciążeniowym itp. Tłumaczy to również powszechne zjawisko polegające na tym, że skurcz mięśnia w danym miejscu może być odczuwalny w zupełnie innej, odległej części ciała. Uważa się, że ta zależność sprzyja wzajemnym reakcjom pomiędzy mięśniami i powięzią, umożliwiając lepszą regulację napięcia i rozciągnięcia (Kwong i Findley, 2014).

Powieź oponowa

Powieź oponowa otacza układ nerwowy i mózg (patrz rozdział 4 i 5).

Powieź trzewna

Na powieź trzewną składa się powieź otaczająca płuca, serce i narządy wewnętrzne jamy brzusznej. Powieź trzewna zawiesza narządy w ich jamach i część jej stanowią więzadła,

które służą zarówno do przytwierdzenia narządów do ściany ciała, jak i do umożliwiania im fizjologicznego ruchu (patrz rozdział 6).

Lepkoelastyczność i koncepcja „zarówno/jak i”

Powieź jest koloidem. Żele i emulsje są koloidami. Koloid jest substancją, w której cząstki materiału stałego zawieszone są w cieczy. Zasadniczo jest więc zarówno włóknem, jak i cieczą.

Jako koloid powieź ma właściwość znaną jako lepkoelastyczność. Lepkoelastyczne materiały w momencie poddawania ich naciskowi są zarówno lepkie, jak i elastyczne.

Elastyczność to zdolność substancji stałych do powrotu do ich oryginalnego kształtu po tym, jak poddane zostały działaniu siły zewnętrznej. Przypomina to rozciągnięcie gumki recepturki, a następnie puszczenie jej lub – jako przykład deformacji elastycznej

większego kalibru – to, co odczuwa się tuż po wykonaniu silnego rozciągnięcia w trakcie ćwiczeń jogi.

Lepkość jest miarą oporu przepływającej cieczy. Substancje o wysokiej lepkości, takie jak miód, poruszają się bardzo powoli w porównaniu z substancjami o niskiej lepkości, takimi jak woda. Materiały o wysokiej lepkości rzadko powracają do swojego pierwotnego kształtu – nazywane jest to deformacją plastyczną. Bawiliście się kiedykolwiek zużyta gumą do żucia? To właśnie przykład deformacji plastycznej.

Syntetyczne materiały lepkoelastyczne mają zastosowanie w przemyśle, gdzie używane są do absorpcji wstrząsów i redukcji temperatury. Badania wykazały, że podgrzewanie powięzi zmniejsza jej lepkość, sprawiając, iż staje się ona bardziej płynna i daje się łatwiej przesuwac (Matteini i in., 2009). Wygląda więc na to, że rozgrzewka przed treningiem lub przykładanie czegoś ciepłego do zesztyniałego miejsca ma swoje naukowe uzasadnienie.

Zdolność powięzi do powolnej deformacji pod wpływem obciążenia nazywana jest pełzaniem. Jeśli obciążenie jest znośne, powięź stopniowo przystosuje się do niego we właściwy sobie sposób. Kiedy zostanie ono usunięte, powięź powoli powróci do swojego pierwotnego kształtu, inaczej mówiąc „odpełźnie”. To dzięki tej własności twoje pośladki nie będą odbiciem kształtu kinowego fotela po tym, jak przesiadysz na nim 2 godziny, oglądając film. Niestety jeśli obciążenie będzie zbyt duże lub będzie występować zbyt często i długo, bez równoważących je przerywników, powięź może ulec uszkodzeniu.

Powięź wykazuje więc właściwości substancji stałej i ciekłej zarazem. Zanim jednak przyjrzymy się uważnie „składnikom”, aby lepiej zrozumieć jej właściwości, przenieśmy się w czasie do momentu, kiedy, a może raczej gdzie, powięź bierze swoje początki – do łona.

Na początku: embriologia

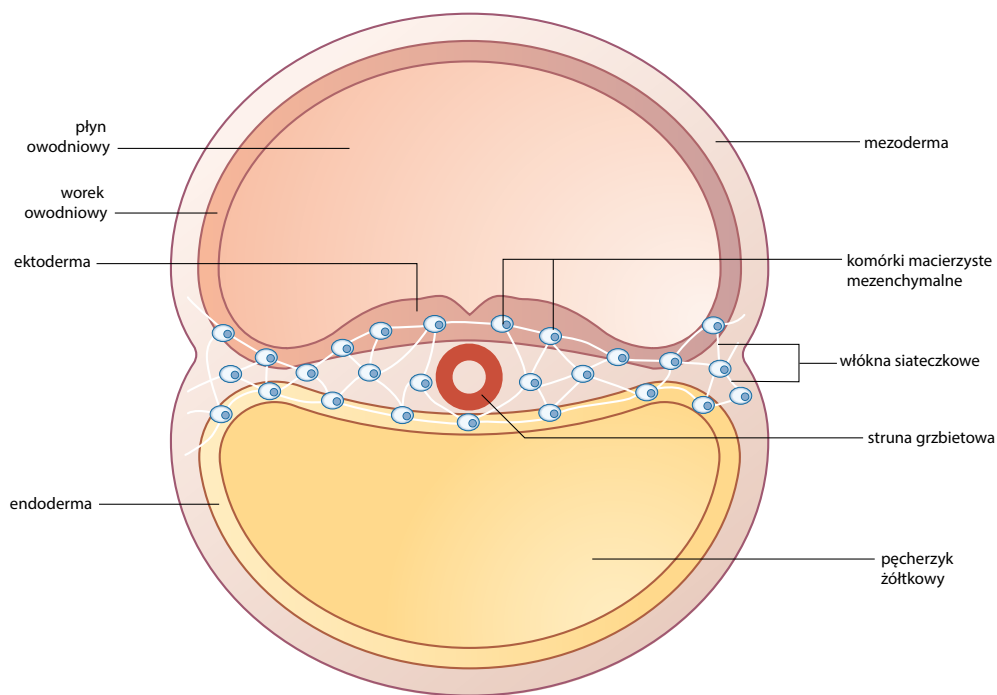
Powięź zaczyna formować się, kiedy zarodek ma około 2–3 tygodni. Na tym etapie jest on jednowarstwowym skupiskiem komórek, nazywanych blastulą. To mniej więcej w tym momencie blastula zaczyna się przebudowywać, zaginając się do środka w procesie nazywanym gastrulacją, i tworzy trzy odrębne warstwy (ryc. 1.5):

1. Ektoderma – warstwa zewnętrzna, zawierająca układ nerwowy, mózg, skórę i szkliwo zębów.
2. Mezoderma – warstwa środkowa. To tu zaczyna się powięź. Z warstwy środkowej powstają somity, czyli grupa komórek będących prekursorami specjalizacji. W kolejnych stadiach utworzą one mięśnie gładkie, szkieletowe i mięsień sercowy, kręzkę, kości, chrząstki, czerwone ciała krwi, leukocyty, oponę twardą, a także strunę grzbietową i mikroglej.

Powięź rozwija się właśnie z tej warstwy, z mezodermy, fałdującej się bez końca w procesie gastrulacji i w trakcie nieodłącznego dla rozwoju zarodkowego ruchu. Patrząc na to z nieco innego punktu widzenia, można powiedzieć, że jesteśmy najbardziej złożonym przykładem origami, jaki kiedykolwiek powstał.

3. Endoderma – warstwa wewnętrzna, z której powstaje układ pokarmowy i oddechowy, wątroba, trzustka, a także pozostałe organy (łącznie z gruczołami i narządami wchodzącymi w skład układu hormonalnego).

O ile wszystkie trzy warstwy są niezwykle istotne, to właśnie mezoderma – jako miejsce, gdzie zaczyna się akcja ukierunkowana na powięź – jest dla nas w tym momencie najważniejsza. Istnieją badacze twierdzący, że sieć tkanki łącznej można znaleźć w ektodermie, zwłaszcza w szyi (van der Wal, 2009).



Ryc. 1.5. Trzy warstwy zarodka. Warstwa środkowa, mezoderma, formuje się zarówno pomiędzy endodermą i ektodermą, jak i wokół nich. Powieź powstaje z mezodermy, zaczynając jako włókna retikuliny (kolagen typu III)

Ostatnio odkryto też most mięśniowo-oponowy – bezpośrednie połączenie powięziowe pomiędzy włóknami powięziowymi mięśnia prostego tylnego większego głowy, nerwami czuciowymi a oponą twardą mózgu (patrz rozdział 3).

No dobrze, wiemy już, gdzie zaczyna się powieź, ale z czego tak właściwie jest ona zrobiona?

Powieź po raz drugi

Macierz pozakomórkowa

Macierz pozakomórkowa (ang. *extracellular matrix*, ECM) to „ogół substancji pozako-

mórkowej w obrębie tkanki łącznej” (Williams, 1995). Trzeba przyznać, że to całkiem zgrabna definicja, ale co tak naprawdę oznacza?

W mechanice kwantowej naukowcy przyjmują teorię pola Higgsa – pola energetycznego, które przenika cały wszechświat. Zakłada się, że wszelka materia we wszechświecie powstaje właśnie z niego. A potwierdzenie istnienia cząstki bozonu Higgsa w 2012 r. przybliży tę teorię do rzeczywistości.

Gdyby spojrzeć na nocne niebo i zastanowić się nad bezkresem i różnorodnością wszechświata ze wszystkimi jego gwiazdami, planetami, księżycem, mgławicami, galaktykami itp., to pole Higgsa byłoby tam czernią kosmosu. Wszystko inne bowiem – gwiazdy,

planety, księżyce, komety, mgławice, galaktyki i pozostała materia – podtrzymuje, zawiesza i generuje niewidzialna siatka pola Higgsa.

Można by przyjąć, że macierz pozakomórkowa to takie pole Higgsa ludzkiego ciała. W tym przypadku jest ona podłożem, czy bardziej rusztowaniem, na którym jest zbudowane wszystko inne, co znajduje się w ciele. To miejsce, gdzie produkowana jest spora część materii komórkowej tworzącej ciało. To twój wewnętrzny wszechświat i nie jest on ani trochę mniej interesujący niż ten znajdujący się na zewnątrz.

Oczywiście różnica leży w tym, że w przeciwieństwie do pola Higgsa mamy pewność, iż macierz pozakomórkowa istnieje naprawdę. I ponownie pojawia się tu znajome zagadnienie – koloidalna macierz pozakomórkowa jest „zarówno/jak i” (w odróżnieniu od „albo/albo”). Jest ona bowiem zarówno włóknem, jak i cieczą (ryc. 1.6).

Włókno

Włókno macierzy międzykomórkowej zapewnia oparcie i strukturę dla wszystkiego, co znajduje się wewnątrz organizmu. Tworzy ono rusztowanie, na którym ciało jest zbudowane i które zapewnia mechaniczne połączenia pomiędzy jedną komórką a drugą.

■ Kolagen

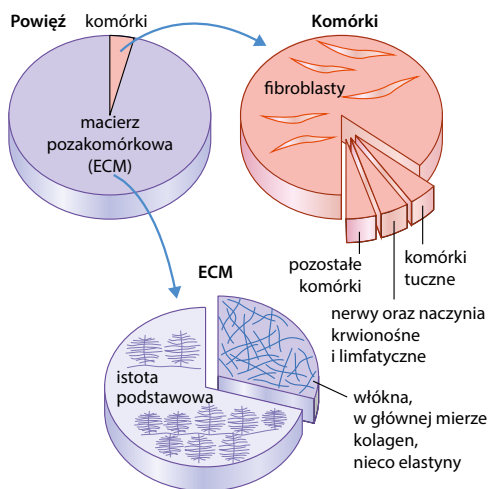
Włóknistą część powięzi w większości tworzy kolagen, który stanowi najobfitsze białko w ciele człowieka. Nie rozpuszcza się on w wodzie i wyróżniamy co najmniej 15 jego rodzajów, ale to kolagen typu I, II i III występuje głównie w tkance łącznej (Lindsay, 2008).

Najwięcej jest kolagenu typu I. Znaleźć go można w skórze, kościach, ścięgnach, więzadłach i oczywiście w powięzi właści-

wej. Stanowi około 90% całkowitego kolagenu w ciele (Vuokko, 2002). Typ II jest dużo cieńszy i znajduje się w chrząstce i dyskach międzykręgowych. Oba typy zaprojektowane są tak, aby wytrzymywały naprężenie, ale mają zdolność rozciągania się tylko do mniej więcej 10% długości spoczynkowej, zanim ulegną uszkodzeniu.

Typ III występuje również w skórze, okostnej, tkance mięśniowej gładkiej, tętnicach, narządach i komórkach Schwanna. Zapewnia on strukturalne podtrzymanie narządom rozciągliwym i gojenie się ran oraz wpływa na przyczepność ścięgien, więzadeł i okostnej do kości, co często nazywane jest połączeniem mięśniowo-ścięgnistym.

Kolagen powstaje, kiedy molekuły tropokolagenu, nieco bardziej rozpuszczalnego w wodzie i delikatnego prekursora kolagenu,



Ryc. 1.6. Części powięzi. Podstawowymi elementami składowymi są komórki (w większości fibroblasty) i macierz pozakomórkowa (ECM), która składa się z włókien i wodnistej istoty podstawowej. (Dzięki uprzejmości fascialnet.com)

owijają się wokół siebie, tworząc potrójnie splecioną helisę. Ta potrójna helisa włókien kolagenowych nadaje powięzi niewiarygodną wręcz wytrzymałość na rozciąganie, co oznacza, że może ona być rozciągnięta bez ryzyka przerwania (na ogół). Prawdę mówiąc, jeśli by porównać gram do grama, to kolagen typu I jest mocniejszy niż stal (Lodish i in., 2000). To dlatego może on wytrzymać działanie ogromnej siły, a przy tym wygina się podczas skręcania. Ta wytrzymałość na rozciąganie pozwala na plastyczną i elastyczną deformację. Musicie przyznać, że jest to całkiem przydatna cecha dla czegoś takiego jak więzadło.

Jest też przydatna drapaczom chmur (ryc. 1.7). Typ stali, jakiej używa się przy ich konstrukcji, określa się w przemyśle budowlanym mianem stali miękkiej. Ma ona najwyższy stosunek wytrzymałości do wagi ze wszystkich znanych nam materiałów budowlanych. Poza tym jest wysoce ciągliwa (plastyczna), co oznacza, że nie pęknie nagle jak porcelana lub szkło, kiedy poddamy ją działaniu ekstremalnych sił, takich jak trzęsienie ziemi. Będzie się natomiast stopniowo odginać od pierwotnego kształtu i tak już pozostanie. Jak widać, mamy więcej wspólnego z drapaczami chmur, niż mogłoby się nam wydawać.

■ Kolagen, kość, powieź

Uważa się, że kolagen działa zgodnie z prawem Wolffa. Twierdzi ono, że kość przystosowuje się do regularnych obciążeń i z czasem będzie stawać się coraz silniejsza. Oczywiście proces ten trwa przez całe życie. Na przykład u tenisisty kości ręki, którą trzyma rakietę, są silniejsze niż kości jego drugiej ręki (Taylor i in., 2009), a astronauta, ponieważ nie mają niczego, co stawiałoby im opór, wracając na Ziemię, muszą przechodzić specjalne treningi obciążeniowe, aby odzyskać gęstość kości. To

przez tę właściwość treningi z wykorzystaniem obciążeń mogą być tak korzystne np. dla osób z osteoporozą (Nelson i Wernick, 2005).

Piezoelektryczność jest zdolnością pewnych materiałów organicznych do produkowania ładunku elektrycznego w odpowiedzi na naprężenie mechaniczne. W tym przypadku sygnał piezoelektryczny informuje osteoklasty zjadające kości, aby trzymały się z daleka, dzięki czemu do działania mogą przystąpić budujące kości osteoblasty, co skutkuje formowaniem mocniejszej kości. Taki proces zmiany



Ryc. 1.7. 40 tys. ton metrycznych stali tworzy 256-metrową US-Steel Tower w Pittsburghu, w Pensylwanii – budynek byłej siedziby głównej US Steel, a obecnie biura UPMC (University of Pittsburgh Medical Center). (Zdjęcie Roberta Strovera, udostępnione za pozwoleniem autora. www.robertstrovers.com)

komórkowej wywoływanej sygnałem mechanicznym nazywany jest mechanotransdukcją (patrz strona 12).

Moje doświadczenie kliniczne bezsprzecznie pokazuje, że powieź zachowuje się zgodnie z założeniami prawa Wolffa. Idea kolagenu wykazującego właściwości piezoelektryczne natomiast – choć niezwykle nęcąca, bowiem białko to zachowuje się tak, jakby była ona prawdziwa – nadal uznawana jest za spekulatywną (Ahn i Grodzinsky, 2009).

■ Elastyna

Elastyna, jak sama nazwa sugeruje, jest elastycznym włóknem, które nadaje tkance łącznej dodatkową sprężystość.

Elastyna może rozciągnąć się aż do 230% swojej pierwotnej długości, po czym powrócić do oryginalnego kształtu. Brzmi to niewiarygodnie, ale wystarczy, że pociągnięcie za swoje uszy, a przekonacie się o tej właściwości.

Elastyna może ulegać rozkładowi wraz z wiekiem i przy zbyt dużej ekspozycji na słońce.

■ Retikulina

Retikulinę buduje dużo delikatniejszy kolagen typu III. Tworzy ona sporą część sieci kolagenowej narządów całego ciała. Występuje też w powięziowej otoczce każdego włókna mięśniowego (śródmięsna). Nadal jednak nie wiemy, dlaczego tam się znajduje.

Ciecz: istota podstawowa

Płynny komponent macierzy pozakomórkowej nazywa się istotą podstawową. Substancja ta jest lepkiem, ciekłym środowiskiem, w którym zachodzi wymiana chemiczna na poziomie całego organizmu i wymiana molekularna

pomiędzy krwią, limfą i komórkami tkanek. Stanowi ona „bezpośrednie środowisko każdej komórki twojego ciała” (Juhan, 2003).

Istota podstawowa jest bezkształtna, przezroczysta i galaretowata. Ma różną lepkoelastyczność – może mieć postać od całkiem miękkiej tkanki łącznej luźnej do twardszej, nabrzmiałej chrząstki.

Istota podstawowa wypełnia przestrzeń pomiędzy włóknami i komórkami. Nieco myląc jest też czasem nazywana macierzą pozawłóknistą, a to dlatego, że zawiera wszystkie składniki macierzy pozakomórkowej z wyjątkiem kolagenu i włókien elastyny. Istota podstawowa otacza włókna powięziowe, umożliwiając ich przesuwanie. Przecież to oczywiste, że potrzeba wody, aby się ślizgać!

■ Macierz pozakomórkowa a woda

Macierz pozakomórkowa jest nią wypełniona. Tak, wodą. 15 litrami płynu śródmiąższowego. Składamy się mniej więcej z 70% wody. O ile zastanawiamy się nad tym, co pijemy, nie za wiele myślimy o tym, co wydalamy razem z moczem, a już w ogóle o tym wszystkim, co dzieje się w międzyczasie. Powieź powierzchnia zawiera 7,5 litra płynu śródmiąższowego. Każdego dnia te 7,5 litra płynu śródmiąższowego przepływa przez nasze komórki, poza układem krwionośnym, i kończy w głównej mierze w układzie limfatycznym.

Przepływ płynu śródmiąższowego jest odpowiedzialny za transport składników odżywczych do komórek oraz odgrywa ważną rolę w przebudowie tkanek, stanie zapalnym i obrzęku limfatycznym. Taki przepływ może dać organizmowi bezpośredni znak sygnalizujący chorobę, prowadząc komórki rakowe i limfocyty prosto do węzłów chłonnych. Może też powodować przekształcanie się fibroblastów w miofibroblasty (Rutkowski i Schwarz, 2007).

Przepływ płynu śródmiąższowego jest niezbędny do utrzymania zdrowej tkanki, a mimo to nadal bardzo niewiele terapii manualnych się na nim skupia. Podejrzewa się, że skuteczność takich technik leczenia jak stawianie baniek czy akupunktura opiera się właśnie na działaniu, jaki mają one na przepływ płynu śródmiąższowego (Yao i in., 2012).

■ PG, GAG i HA

Istota podstawowa złożona jest też z hydrofilowych proteoglikanów (PG). Są to „uwielbiające wodę” białka, które służą przyciąganiu wody i zapewnieniu ochronnej poduszeczki dla kolagenowej struktury macierzy pozakomórkowej. Są one odpowiedzialne za jej żelowe właściwości. Proteoglikany złożone są z kombinacji mniejszych molekuł, nazywanych glikozaminoglikanami (GAG).

Glikozaminoglikany mogą absorbować wodę jak gąbka. Szacuje się, że około 90% macierzy pozakomórkowej składa się z wody. GAG-i, w połączeniu z wytrzymałością kolagenu, sprawiają, że macierz pozakomórkowa jest niezwykle odporna na działanie sił kompresyjnych.

Jak dotąd odkryto siedem różnych glikozaminoglikanów, w tym chondroitynę i heparynę. Glikozaminoglikanem, na którym chcę się jednak teraz skupić, jest kwas hialuronowy. Nie jest to tak naprawdę kwas, ale termin ten jest tak wszechobecny, że sytuacja raczej nie ulegnie już zmianie. Powinniśmy mieć jednak tego świadomość.

Podczas gdy kwas hialuronowy różni się nieco pod kątem chemicznym od pozostałych swoich braci i siostr GAG, najbardziej istotną klinicznie cechą tej substancji jest to, że lubrykuje ona kolagen i elastynę. Można powiedzieć, że jest swojego rodzaju płynem hydraulicznym, utrzymującym mięśnie i stawy w stanie

ciąglego przesuwania się i ślizgania (a nie zacinania się). Przeważnie HA produkowany jest w warstwach ślizgowych pomiędzy powięzią a namięsną przez komórki, nazywane fasciocyjami (Stecco i in., 2011), ale można go również znaleźć w śródmięsniej. Podejrzewa się, że miejscowe zmiany w zagęszczeniu powięzi – takie jak u osób z chronicznym bólem dolnej części pleców, u których obserwuje się nawet o 25% większą jej grubość niż u osób bez objawów bólowych (Langevin i in., 2009) – gdy występują jednocześnie ze zmianami w lepkości HA, upośledzają akcje ślizgowe pomiędzy powięzią a położonymi poniżej mięśniami, dając objawy znane jako ból mięśniowo-powięziowy.

Istota podstawowa przenika do wnętrza komórek, co umożliwia półprzepuszczalną błonę plazmatyczną każdej z nich. Błona ta pokryta jest przez wysoce wyspecjalizowane receptory znajdujące się na jej powierzchni.

Receptory komórkowe

Tak jak indywidualne kubki smakowe, z których każdy „poszukuje” określonego smaku, receptory komórkowe są glikoproteinami uszeregowanymi wzdłuż błony komórkowej, nieustannie monitorującymi macierz. Receptory komórkowe określają, które z licznych związków chemicznych, hormonów i cytokin, unoszących się nieustannie dookoła, wewnątrz macierzy, wchłonąć i metabolizować. Robią to na podstawie określonego programowania lub też (aby trzymać się użytej wcześniej metafory) wybierając ulubione smaki. Ten proces metaboliczny jest kluczowy dla zdrowia i żywotności każdej komórki.

Istnieje jeden szczególnie fascynujący receptor, znany jako integryna. Integryny są lepkie z natury i przyklejają każdą komórkę do macierzy pozakomórkowej. Co jednak sprawia, że są one tak unikalne? Fakt, że nie

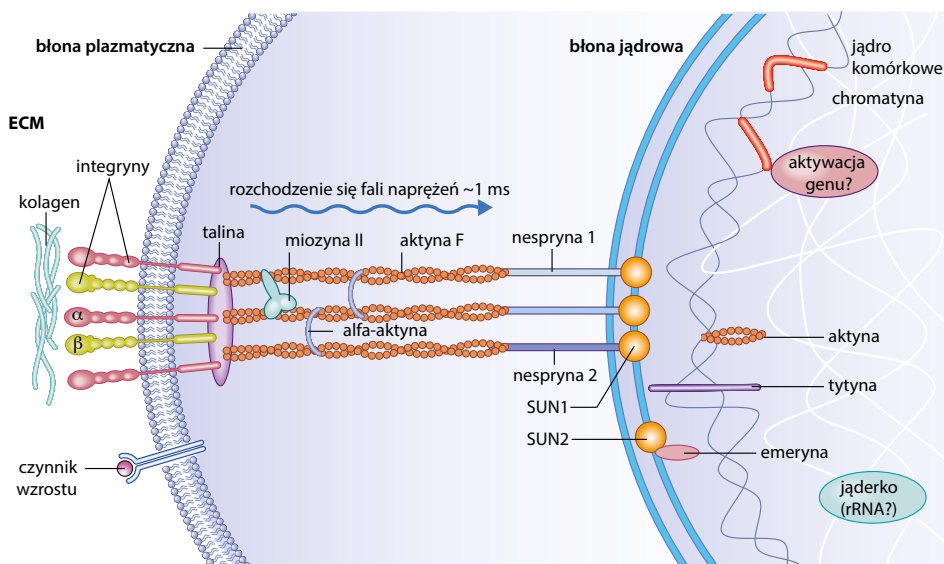
reagują na bodźce chemiczne, lecz mechaniczne. Są wrażliwe zarówno na rozciąganie, jak i wibrację. To tak, jakby każda komórka w ciele była podłączona do macierzy zewnątrzkomórkowej, dzięki czemu może monitorować środowisko również poprzez „słuchanie” jej.

Kiedy integryna jest stymulowana, odpowiada, powodując zmiany elektrochemiczne na poziomie komórkowym. Proces wywołowania zmian na poziomie komórkowym na skutek nacisku mechanicznego oraz wibracji nazywany jest mechanotransdukcją (ryc. 1.8).

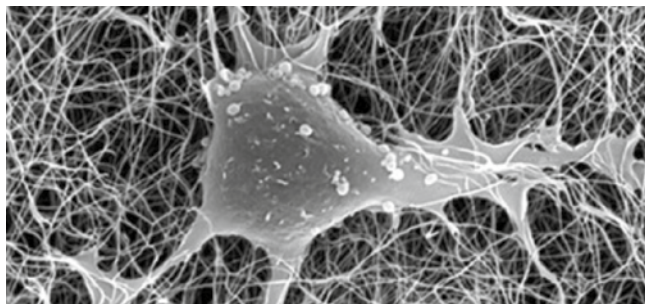
Jeśli pociągnięcie za jedną z nitek w sieci pająka, zobaczycie, że reaguje cała pajęczyna. Powieź odpowiada mniej więcej w ten sam sposób. Szarpnięcia i pociągnięcia przekazują informację do komórek poprzez integryny. To z kolei powoduje zachodzenie zmian chemicznych oraz zmian w zmysłowej percepcji, o czym przekonamy się w kolejnych rozdziałach.

Reasumując, macierz pozakomórkowa bierze udział w każdym procesie i funkcji ciała. Służy także jako cielesny intranet – prywatna, wewnętrzna sieć komunikacyjna. Macierz pozakomórkowa dba o to, aby wszystkie komórki porozumiewały się ze sobą nawzajem, tworząc sieć sygnalizacyjną, która jest rozpostarta po całym ciele (Oschman, 2003; Langevin, 2006) i transmituje sygnały mechaniczne (takie jak naprężenia i wibracje) wzdłuż całego organizmu za pomocą pajęczyny powięziowej.

Z czasem trwale napięcie doprowadzi do powstania anomalii wewnątrz tkanki. W sprzyjających okolicznościach wzmocni ona tkankę. Jednak pod wpływem nieco gorszych niż optymalne warunków naprężenie osłabi funkcjonowanie powięzi, powodując kompensacje i – z czasem – widoczne zaburzenia postawy (patrz rozdziały 7 i 8). Tylko kto lub co właściwie jest pajakiem wewnątrz



Ryc. 1.8. Mechanotransdukcja. Mechaniczna stymulacja integrzyn przez włókna kolagenowe (kolagen typu I, III i V) powoduje powstanie siły naciągu (rozchodzenie się fali naprężeń), która spływa kaskadowo przez komórkowy cytoskielet (talina) i błonę jądrową do samego jądra, gdzie następuje aktywacja i ekspresja różnych genów w odpowiedzi na zmianę napięcia



Ryc. 1.9. Fibroblast w sieci powięziowej. (Reprodukcja z Jiang&Grinnell 2005 za zgodą American Society for Cell Biology. Dostępne na <http://www.molbiolcell.org/content/16/11/5070> [7 marca 2017])

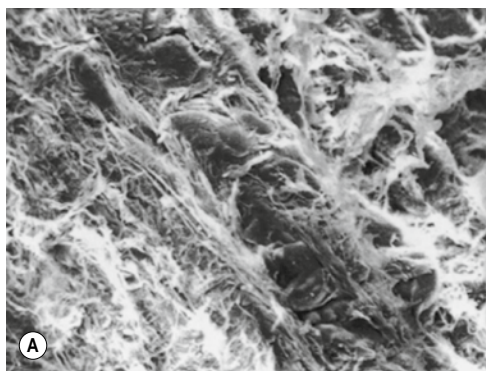
tej pajęczyny, odpowiedzialnym za utrzymanie tej całej struktury?

Fibroblast

Fibroblast (ryc. 1.9) to najliczniej występująca komórka w powięzi. Jest budowniczym, dozorcą, pracownikiem rozbiórki oraz sanitariuszem dla całej macierzy pozakomórkowej. Poza cytokinami, interleukinami i innymi komórkami o funkcji immunologicznej fibroblasty produkują wszystkie węglowodany złożone, wchodzące w skład istoty podstawowej. W zasadzie można powiedzieć, że wytwarzają one i utrzymują całą macierz pozakomórkową. Nawet teraz, kiedy siedzicie, czytając tę książkę, na poziomie komórkowym naprawdę ciężko pracujecie.

Oprócz tego fibroblasty syntetyzują i przebudowują cały kolagen w zależności od napięcia pomiędzy komórką a macierzą pozakomórkową. Kiedy napięcie poza granicami komórki jest niskie, produkcja kolagenu jest niewielka, natomiast pod wpływem wzmożonego napięcia fibroblasty zwiększają produkcję kolagenu i namnażanie komórek (Grinnell, 2007). Nasze terapie oparte na pracy z ciałem mają potencjał zmiany napięcia pomiędzy komórką a macierzą pozakomórkową, podobnie zresztą jak wszelkiego rodzaju operacje, wypadki i kontuzje.

Fibroblasty są kierunkowowrażliwe, organizując się zależnie od pociągania znajdującej się



Ryc. 1.10. (A) Obraz USG pokazujący zdrową siatkę kolagenową wewnątrz powięzi. **(B)** Ten sam obszar po trzytygodniowym unieruchomieniu. Zwróćcie uwagę na powstałe zmiany i dezorganizację włókien. Pozbawiony właściwej stymulacji mechanicznej kolagen wyrasta raczej jak „zielsko” niż zadbaną roślinność we właściwie uporządkowanym ogrodzie. (Reprodukcja z Jarvinen et al. 2002, za pozwoleniem)

poniżej macierzy pozakomórkowej (Kirkwood i Fuller, 2009). To dlatego kierunek, w jakim dzieją się rzeczy – czy mówimy o wypadkach, przewlekłym przeciążeniu, wzorcach ruchowych, czy też o naszych ingerencjach terapeutycznych – naprawdę ma znaczenie. Jeśli ktoś cierpi na chronicznie spiętą i uniesioną w górę obręcz barkową (co zresztą dotyczy wielu z nas), to czy nasze działanie terapeutyczne nie powinno zostać skierowane kaudalnie, czyli w dół, w kierunku kości krzyżowej?

I odwrotnie – brak regularnego ruchu lub całkowite unieruchomienie skutkować będzie brakiem lub niewielką tylko stymulacją fibroblastów, co negatywnie odbije się na formacji zdrowej macierzy pozakomórkowej (ryc. 1.10).

Wygłąda więc na to, że powieź reaguje na mechaniczny popyt i podaż oraz podporządkowuje się prawu Wolffa. Fibroblasty rozwijają nici kolagenu tam, gdzie jest to niezbędne, i wydzielają kolagenazę, czyli enzym „zjadający” kolagen tam, gdzie jest go za dużo. Wszystkie na podstawie otrzymywanych sygnałów nacisku i wibracji. Dokładnie jak w komórkowym wydziale robót publicznych – zajmują się budowaniem, burzeniem i uprzątnięciem macierzy kolagenowej.

W pewnych warunkach fibroblasty mogą się przekształcać w miofibroblasty. Jest to właśnie EMT (ang. *epithelial-mesenchymal transition* – przemiana nabłonkowo-mezenchymalna). Kiedy ktoś się skaleczy, miofibroblasty tłoczą się w miejscu zranienia, produkując cytokiny pogłębiające reakcję zapalną (Baum i Duffy, 2011). Miofibroblasty są również wysoce kurczliwe, dużo bardziej niż zwykłe fibroblasty. W momencie powstania otwartej rany pomagają więc w jej zamknięciu na poziomie komórkowym.

Jeszcze bardziej zaskakujący jest fakt, że fibroblasty nie są niezależnymi komórkami. Tworzą one bowiem połączoną wzajemnie

sieć – rodzaj pajęczyny wewnątrz pajęczyny (Langevin i in., 2004).

Inne komórki

Innymi komórkami wchodzącymi w skład powiezi są limfocyty T, komórki tuczne, makrofagi, limfocyty i adipocyty. Zawiera ona także odkryte niedawno telocyty (Bei i in., 2015; Cretoiu i in., 2016).

Telocyty

Wydaje się nieprawdopodobne, że w tych czasach można było jeszcze odkryć nową komórkę. A jednak. Nazwano ją telocytom, a odkrycie to zostało ogłoszone w czasie, kiedy pisałem niniejszą książkę (Cretoiu i in., 2016). Wszechobecne w całej powiezi telocyty to komórki mechanowrażliwe, które są kluczowe dla wielu procesów fizjologicznych, takich jak pielęgnacja komórek macierzystych, naprawa uszkodzonych tkanek i funkcje immunologiczne. Telocyty są komunikatorami przekazującymi informacje i materiał genetyczny za pośrednictwem pęcherzyków zewnątrzkomórkowych (egzosomów), które są bezkształtnymi plamkami komórkowymi wylaniającymi się z telocytów i przekazującymi informację do leżących w pobliżu komórek. Dzięki tej roli telocyty są niezwykle ważnymi graczami w zakresie komunikacji międzykomórkowej. Sprawia to, że idea powiezi tworzącej sieć spowijającą całe ciało, porozumiewającą się na poziomie komórkowym, jest jeszcze wiarygodniejsza (Langevin 2006, Oschman 2003).

Uważa się, że pęcherzyki zewnątrzkomórkowe odgrywają znaczącą rolę w takich chorobach, jak rak, choroby neurodegeneracyjne czy sercowo-naczyniowe. Inną ciekawą cechą charakterystyczną telocytów jest ich zdolność

adaptacji do otoczenia poprzez zmianę fenotypu w zależności od lokalizacji.

Jak w przypadku każdego nowego odkrycia, tak i tu jest jeszcze wiele danych, które należy zebrać, aby zacząć rozumieć dokładne znaczenie telocytów.

Studia nad telocytami wydają się jednak gotowe na to, by stać się awangardą współczesnych badań nad medycyną regeneracyjną.

Powieź po raz trzeci

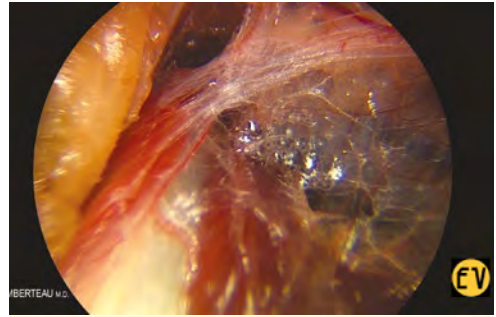
Jak dotąd to ma sens. Tak, z punktu widzenia powięzi wszystko jest jednocześnie rozdzielone i połączone ze sobą. Ale podskórna rzeczywistość nie jest tak oczywista, jak by się mogło wydawać. Tak naprawdę, to jest ona bardzo daleka od oczywistości.

Pod endoskopem

Na obrzeżach Bordeaux we Francji leży L'Institut Aquitain de la Main (Akwitański Instytut Dłoni). Jest to tak bardzo skromny i nierzucający się w oczy budynek, że minąłem go, kiedy po raz pierwszy próbowałem do niego dojechać. W sumie przejechałem jeszcze kilka razy obok w jedną i drugą stronę (były to czasy sprzed GPS-u), zanim go zauważyłem. Przez to wszystko nieomal spóźniłem się na moje pierwsze spotkanie z dr. Jeanem-Claudem Guimberteau.

Poznałem dr. Guimberteau w 2007 r. na Pierwszym Kongresie Badań nad Powiezią. Debiutował tam ze swoimi przełomowymi badaniami nad powiezią właśnie. Kiedy zobaczyłem go potem zupełnie samego w windzie, podjąłem decyzję, że dokądkolwiek on zmierza, zmierzam tam i ja.

Doktor Guimberteau, chirurg, specjalista w zakresie transplantologii ścięgien, rozpoczął badania, których celem miało być zrozumie-



Ryc. 1.11. W ciele nie ma pustych miejsc. Cała dostępna przestrzeń jest zagospodarowana (5X). (Wykorzystano za zgodą Endovivo Productions i dr. J.C. Guimberteau)

nie, w jaki sposób ścięgna ślizgają się jedno na drugim. Kameralą endoskopową o powiększeniu głównym do 25 razy, ale mogącą uzyskać powiększenie aż do 65 razy, zrobił pierwsze zdjęcia i nagrania *in vivo*, obrazujące żywy układ powięziowy (ryc. 1.11). Nie rozumiał tego, co zobaczył. W końcu w podręcznikach do anatomii oraz na zajęciach sekcyjnych wszystko było zawsze bardzo proste i uporządkowane. A to, na co patrzył dr. Guimberteau, wcale nie było uporządkowane. Wyglądało na niezorganizowane i chaotyczne. Na początku wydawało się zupełnie nielogiczne dla jego kartezjańskiego sposobu myślenia, aby ten widziany chaos i efektywność powięzi mogły tak doskonale koegzystować. Nie zniechęciło to jednak dr. Guimberteau, a wręcz przeciwnie – sprawiło, że zaprzagnął poświęcić życie dalszej eksploracji i próbie zrozumienia tego wszystkiego, co zobaczył.

Najbardziej uderzyła go ciągłość zaobserwowanych struktur:

Nie ma przerwy w ciągłości tkanek, czy to w obrębie mięśnia, ścięgien czy też wokół struktur żylnych i tętniczych oraz struktur otaczających adipocyty. Wszystkie te struktury

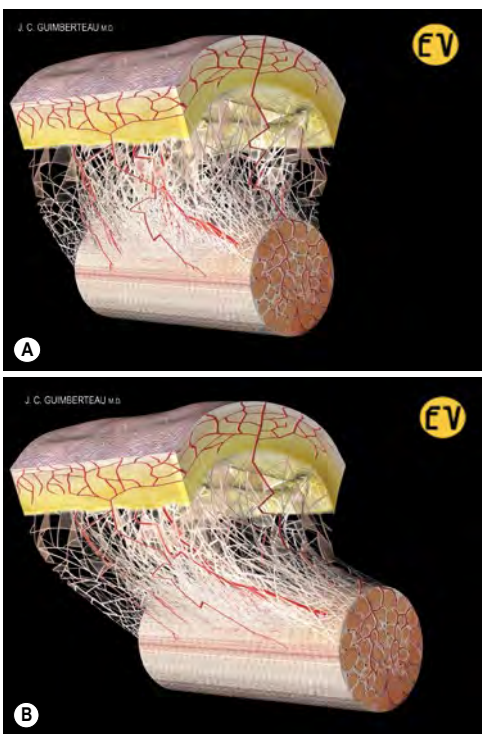


Ryc. 1.12. Świat włókien jest obecny w każdym zakamarku (65×). (Wykorzystano za zgodą Endovivo Productions i dr. J.C. Guimberteau)

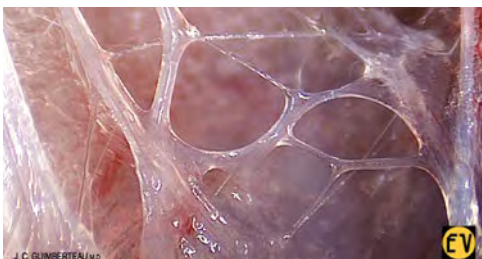
zbudowane są w jednakowy sposób i są ciągłe. Odkryliśmy tę samą ciągłość tkanek w obrębie tkanki podskórnej [...] naskórka, skóry właściwej i mięśni.

Koncepcja uporządkowania żywej materii w odrębne powłoki, hierarchiczne pokłady osłon, lameli i warstw, nie może usatysfakcjonować anatoma, który studiuje precyzyjną, endoskopową anatomię funkcjonalną. Nawet pomimo tego, że mogą być one różnego koloru, tekstury i kształtu, są wzajemnie połączone. Jest to koncepcja tkanki globalnej [Guimberteau, 2013].

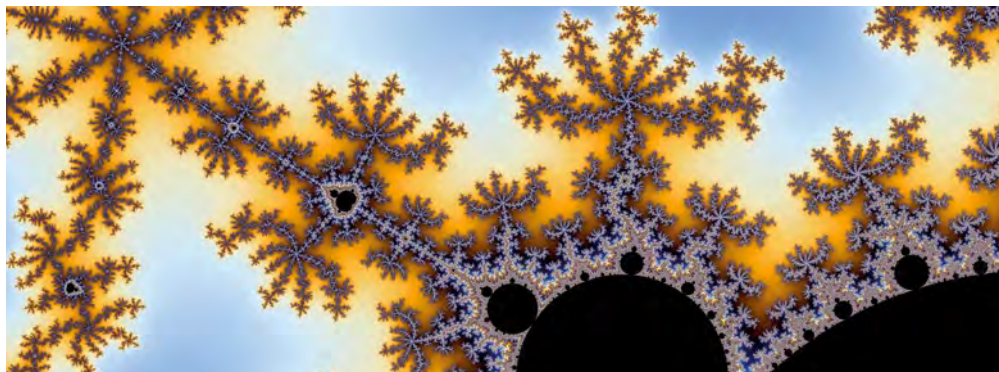
I oto pojawił się odważny, zupełnie nowy, fibrylarny świat. Niezwykle królestwo fraktalne, w którym opalizujące włókna nieustannie zmieniają się i przebudowują w oparciu o napięcie w danym momencie (ryc. 1.12). A jednak w całym tym braku spójnego porządku w obrębie powięzi nie podlegało wątpliwości, że umożliwiała ona efektywne poruszanie się i ślizganie sąsiadujących struktur (ryc. 1.13). Doktor Guimberteau nazwał ten system ślizgowy multimikrowodniczkowym kolagenowym systemem absorbującym. Mikrowodniczki są tworzone przez mikrofibrele o długości od 10 do 100 mikrometrów (pamiętajcie, że



Ryc. 1.13. Diagramy komputerowe systemu ślizgowego, przedstawiające brak przerwania ciągłości. (Wykorzystano za zgodą Endovivo Productions i dr. J.C. Guimberteau)



Ryc. 1.14. Mikrowodniczka: przekrój fibryli w trzech wymiarach, tworzących nieregularną wielościnną jednostkę objętości (130×). (Wykorzystano za zgodą Endovivo Productions i dr. J.C. Guimberteau)



Ryc. 1.15. Typowy fraktal, w którym każda mniejsza sekcja dokładnie odwzorowuje ogólny wzór pełnego obrazu. (Creative Commons, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

jeden mikrometr = jedna milionowa metra). Te małe włókienka, w głównej mierze kolagen typu I i III, tworzą wielościanny, które otaczają mikrowodniczki (ryc. 1.14), wypełnione żelazem glikozaminoglikanowym.

Podobnie jak nie znajdziemy dwóch identycznych płatków śniegu, tak nie znajdziemy dwóch identycznych mikrowodniczek. Pod względem geometrycznym są one fraktalami (ryc. 1.15). Fraktale tworzą pozornie niekończące się wzory, w których nawet najmniejsze elementy odzwierciedlają ogólny kształt całości. Ta właściwość nazywana jest samopodobieństwem. Muszle i płatki śniegu są fraktalami. Nieograniczone do samej tylko geometrii, wzory fraktalne znalezione zostały również w dźwięku, a niektórzy teoretycy uważają, że za pomocą fraktali można określić nawet procesy zachodzące w czasie.

Matematyka fraktalna jest całkiem przydatna przy tworzeniu modeli struktur, które wydają się mieć przypadkowy wzór, ale mają właściwy porządek, np. ulegające erozji wybrzeże, wzrost kryształu, turbulencja cieczy, a nawet formacja galaktyk.

Spędziliśmy tak wiele czasu na badaniu komórek, że całkowicie zignorowaliśmy środo-

wisko, które je otacza. Odkryliśmy i nazwalismy już wszystkie drzewa, ale dopiero teraz jesteśmy w stanie dostrzec cały las. A w tym lesie ukryty jest zupełnie inny wszechświat.

Być może nadszedł czas, aby przemyśleć, czy ciało ludzkie naprawdę jest zbudowane tak, jak nam się wydaje.

Piśmiennictwo

Adstrum S., *Fascial eponyms may help elucidate terminological and nomenclatural development*, J. Bodywork Mov. Ther. 2014;19(3):516–525.

Ahn A.C., Grodzinsky A.J., *Relevance of collagen piezoelectricity to “Wolff’s Law”: A critical review*, Med. Eng. Phys. 2009;31(7):733–741.

Bei Y., Wang F., Yang C., Xiaoa J., *Telocytes in regenerative medicine*, J. Cell Mol. Med. 2015;19(7):1441–1454.

Baum J., Duffy H.S., *Fibroblast and myofibroblasts: What are we talking about?*, J. Cardiovasc. Pharmacol. 2011;57(4):376–379.

Cretoi D., Xu J., Xiao J. et al., *Telocytes and their extracellular vesicles – Evidence and hypotheses*, Int. J. Mol. Sci. 2016;17:1322.

Findley T.W., Schleip R. (eds), *Introduction. Fascia Research: Basic Science and Implications for Conventional and Complementary Health Care*, Munich: Elsevier Urban and Fischer, 2007:2.



Z książki Davida Lesondaka dowiesz się, czym jest powięź i jaką rolę odgrywa. Zrozumiesz jej istotę, funkcje, jakie pełni w różnych układach ciała, a także znaczenie kliniczne tej niezwyklej tkanki. *Powięź bez tajemnic* to fascynujący elementarz wiedzy dla terapeutów manualnych, osteopatów, masażystów, fizjoterapeutów, trenerów sportowych i trenerów przygotowania motorycznego. To prawdziwe kompendium, które może jednak posłużyć jako punkt wyjścia do jeszcze głębszych poszukiwań.

Ta niezwykła książka, napisana z wyczuciem i godnym podziwu zrozumieniem klinicznego znaczenia powięzi i jej złożonych funkcji, obala wiele mitów, a w zamian oferuje pożądaną przejrzystość.

LEON CHAITOW ND DO

członek honorowy Uniwersytetu w Westminster, w Londynie,
redaktor naczelny „Journal of Bodywork & Movement Therapies”

David Lesondak zabiera nas w jakże popularny obecnie świat powięzi. Ukazuje jej rozmaite powiązania praktycznie ze wszystkimi układami ciała, od nerwowego po mięśniowy i kostny. To świetna pozycja, aby rozpocząć swoją przygodę z tkanką łączną.

TOMASZ FIJOŁEK, ŁUKASZ KŁOS, FizjoTerapia HD

Książka jednoznacznie wpisuje się w trend holistycznego podejścia do ludzkiego narządu ruchu. To niezwykle przystępnie napisane, przekrojowe i kompletne opracowanie naprawdę złożonego zagadnienia. *Powięź bez tajemnic* jest fantastycznym tytułem nie tylko dla lekarzy, terapeutów manualnych i fizjoterapeutów – polecam go również wszystkim, którzy chcą świadomie przygotowywać się do zmagani sportowych.

ADRIANNA PALKA, lekkoatletka i trener fitness

www.galaktyka.com.pl

PATRONAT MEDIALNY:

Fizjo
Terapia HD

KiF
sport

ISBN: 978-83-7579-667-4



Cena: 49,90 zł (w tym 5% VAT)