

# MECHANORECEPTORY TKANKI ŁĄCZNEJ

## FURTKA DO ZMIANY NAPIĘCIA

### MIĘŚNI SZKIELETOWYCH

**Robert Schleip & Mariusz Kurkowski**

Centralny układ nerwowy odbiera największą liczbę informacji z tkanek mięśniowo-powięziowych. Niestety, neurodynamika powięzi rzadko jest dokładnie badana. Większość z mieszczących się w powięziach neuronów czucia jest tak mała i złożona, że do niedawna niewiele było o nich wiadomo. Jeśli zrozumiemy się dokładnie, w jaki sposób system nerwowy połączony jest z siecią powięzi, zyska się lepszy punkt wyjścia do odkrycia mechanizmu uwolnienia tkanek w trakcie terapii medycyny manualnej.



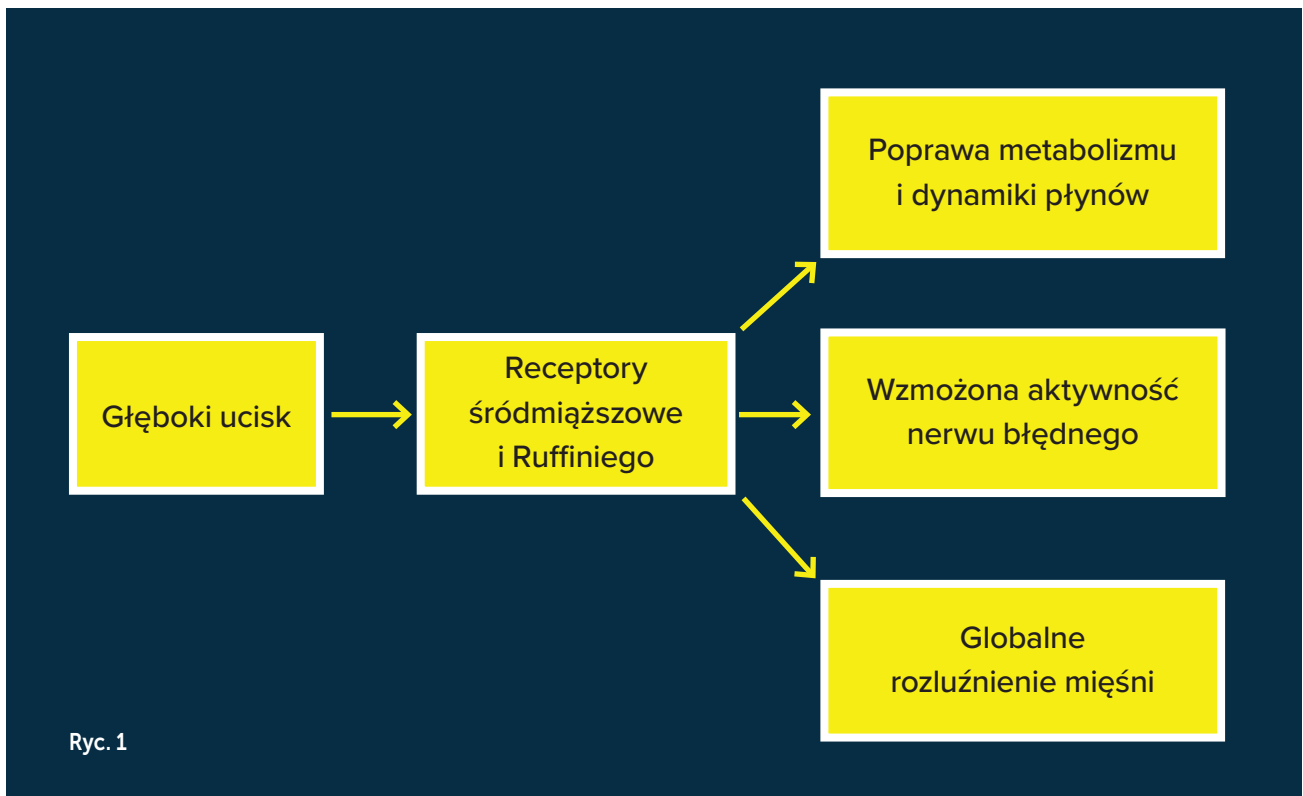
Powięź zawiera cztery typy zakończeń nerwowych, które odpowiadają na mechaniczne bodźce:

- narządy ścięgnowe Golgiego,
- receptory Ruffiniego,
- ciała blaszkowate Paciniego,
- receptory śródmięszkowe.

Receptory te razem nazywa się mechanoreceptorami powięziowymi, co znaczy, że odpowiadają one na mechaniczne napięcie i nacisk. Stwierdzono ich istnienie w mię-

śniowych i śródmięśniowych tkankach łącznych. Badania wykazały, że ich stymulacja wywołuje zmiany w systemie nerwowym i wpływa na globalne rozluźnienie mięśni.

Okazało się, że głęboki mechaniczny nacisk w okolicach brzusznych [1] lub utrzymanie nacisku w okolicy miednicy [2] wywołuje odruchy przywspółczulne (zwykle powiązane z odpoczynkiem i relaksacją), włącznie z synchronizacją wzorców zapisu elektroencefalograficznego (EEG), wzmożeniem aktywności nerwu błędnego



(powodującego spowolnienie rytmu serca) i obniżeniem aktywności w zapisie elektromiograficznym (EMG).

Według rozwiniętego przez Ernsta Gellhorna modelu hipotalamicznego, dostrojenia to wzmożone napięcie błędnika – nie tylko uruchamiają zmiany w autonomicznym układzie nerwowym (ciśnienie krwi, oddychanie, tempo bicia serca itp.) i w powiązanych narządach wewnętrznych, ale również pobudzają płat przedni podwzgórza.

Owe „trofotropiczne dostrojenie” podwzgórza wzbudza utajone procesy emocjonalne, wzmożenie synchronizacji aktywności kory mózgu i obniża ogólne napięcie mięśniowe lub wiotczenie mięśni [3].

Ujmując to prosto – głęboki mechaniczny nacisk w tych miejscach powoduje rozluźnienie pacjenta. Dlatego można stwierdzić, że głęboki ręczny ucisk – szczególnie gdy jest stały i powolny – pobudza szczególne mechanoreceptory powięziowe, co powoduje wzmożenie aktywności nerwu błędnego.

Najlepszym odbiornikiem takich bodźców są receptory śródmięzszowe i receptory Ruffiniego. Wzrost aktywności nerwu błędnego nie tylko wzbudza zmianę w lokalnej dynamice płynów i metabolizmie tkanek, ale również wyzwala ogólne rozluźnienie mięśni, jak również wycisza umysł i emocje (ryc. 1).

Ponadto mechanoreceptory w dużej liczbie znajdują się w więzadłach organów wewnętrznych, jak również w opnie twardej rdzenia kręgowego i czaszki. Prawdopodobnie wiele z efektów terapeutycznych osteopatii mogłoby

w zadawalający sposób zostać wyjaśnione ową stymulacją mechanoreceptorów. Ten mechanizm mógłby wytłumaczyć zachodzące głębokie autonomiczne zmiany bez potrzeby bardziej ezoterycznych konceptów, jak system „oddychającego płynu mózgowo-rdzeniowego”[4].

### ZWIĄZEK MECHANORECEPTORÓW POWIĘZIOWYCH Z SYSTEMEM WEWNĘTRZNEGO WYDZIELANIA

Mechanoreceptory powięziowe nie tylko splecione są w zawiły sposób z autonomicznym układem nerwowym, ale również grają kluczową rolę w komunikacji w układzie wewnętrznego wydzielania. Dla przykładu, wiele neuronów czucia w „brzusznym mózgu” to mechanoreceptory, które zaktywizowane wzbudzają pośród innych procesów również ważne zmiany neuroendokryniczne. Obejmuje to także zmiany w produkcji ważnego korowego neuroprzekaznika – serotoniny, jak również innych neuropeptydów, takich jak histamina, która pobudza procesy zapalne. Oczywiście powięzi nie są pasywną tkanką, za jaką często się je uważa. Istnienie owych zawiłych połączeń między siecią powięzi a układem nerwowym i wewnątrzwydzielniczym rzuca nowe światło na sposób rozumienia właściwości dynamicznej ingerencji terapeuty medycyny manualnej.

Im lepiej zrozumie się komunikację pomiędzy mechanoreceptorami powięzi i innymi systemami organizmu, tym większą ma się szansę stworzenia optymalnego programu terapii manualnej dla pacjentów.

## MECHANORECEPTORY POWIĘZI

### Narządy ścięgnowe Golgiego

W swojej książce, która stała się kamieniem milowym w temacie powięzi, pt. „Healing Through Touch”, John T. Cottingham proponuje pierwszy neurofizjologiczny koncept pracy powięziowej [5]. Receptory Golgiego są wszechobecne w gęstej tkance łącznej. Występują w więzadłach jako zakończenia narządów Golgiego, w torebkach stawowych i dookoła połączeń mięśniowo-ścięgnistych jako narządy ścięgnowe Golgiego.

Te receptory czucia odpowiadają na powolne rozciągnięcie poprzez wpływ na powiązane motoneurony alfa i rdzeń kręgowy. Stymulowane powodują zwolnienie tempa sygnałów i zmniejszenie aktywnego napięcia w danym włóknie mięśniowym. Cottingham zasugerował, że w trakcie manipulacji tkanek miękkich – jak również w pozycjach i powolnym rozciąganiu jak w systemie hatha-joga – narządy Golgiego są pobudzane, w wyniku czego obniżone zostaje tempo sygnałów specyficznych motoneuronów alfa, co z kolei przekłada się na wiotczenie odpowiednich tkanek.

### Efekty stymulacji narządów Golgiego

Niestety, badania eksperymentalne nad receptorami Golgiego sugerują, że pasywne rozciąganie tkanek mięśniowo-powięziowych – gdy włókna mięśniowe są w rozluźnieniu – nie pobudza tych receptorów [6]. Doświadczenia te, zwykle przeprowadzane na zwierzętach laboratoryjnych, wykazują, że taka stymulacja receptorów ścięgnistych możliwa jest jedynie przy aktywnym napięciu włókien mięśniowych.

Spowodowane jest to specyficznym umiejscowieniem receptorów Golgiego. Są one ułożone w seriach z włóknami mięśniowymi. Tkanka ścięgnowa ma większą sztywność niż rozluźnione włókna mięśniowe, zatem gdy mięsień jest pasywnie rozciągany, większość siły rozciągania zostanie pochłonięta przez bardziej rozciągliwe włókna mięśniowe.

Oczywiście wygląda to zupełnie inaczej z jednoczesnym napięciem mięśnia. Napięte włókna mięśniowe usztywniają się i ścięgnisty narząd Golgiego jest źródłem informacji zwrotnej dotyczącej dynamicznych zmian sił oddziałujących na tkankę [7].

Czy oznacza to, że głęboka praca na tkankach – gdy pacjent jest pasywny – nie będzie wpływała na pętlę odruchu Golgiego? Prawdopodobnie tak, ale niekoniecznie. Badania *in vitro* przedstawione powyżej były przeprowadzone na chirurgicznie wyizolowanym mięśniu – uwolnionym od przylegającej tkanki łącznej i okalających struktur. Jednak, jak pokazały szczegółowe badania prowadzone przez Petera Huijinga i innych, nienaruszona tkanka mięśniowa wykazuje całkowicie inną dynamikę przekazywania napięć [8].

Jedynie mniej niż 10% receptorów Golgiego odkryto w samym ścięgnię. Badania opisane powyżej [6, 7] prowadzone były tylko na receptorach w ścięgnię. Pozostałe 90% receptorów znajduje się w mięśniowej porcji połączeń mięśniowo-ścięgnistych, przejściowej tkance rozciągną, torebkach stawowych i więzadłach obwodowych stawów [9].

Biorąc pod uwagę te fakty, nie można wykluczyć, że pasywne rozciąganie tkanki może stymulować niektóre receptory Golgiego, szczególnie gdy tkanka jest rozciągana w kierunku innym niż oś głównego mięśnio-ścięgna. Dodatkowo można stwierdzić, że aplikując miejscowo silny nacisk na połączenia powięziowe, to relatywnie intensywne i bezpośrednie napięcie może aktywować receptory Golgiego. Szanse na osiągnięcie takiego efektu rosną, gdy tkanki, na których się pracuje, nie są w stanie całkowitego rozluźnienia.

### Receptory Ruffiniego i ciątka blaszkowate Paciniego

Wszystkie ciątka Paciniego i Paciniform oraz organy Ruffiniego znajdują się we wszystkich typach gęstej tkanki łącznej – mięśniach, powięziach, ścięgnach, więzadłach, rozciągnach i torebkach stawowych. W przeciwieństwie do receptorów Golgiego znajdujących się w mięśniowej części połączeń mięśniowo-ścięgnowych, ciątka Paciniego bardziej skoncentrowane są w okolicach ścięgnowych. Wykazano również dużą koncentrację ciątek Paciniego w głębokich częściach torebek stawowych, w głębokich więzadłach kręgosłupa, w dłoniach i na stronie podeszwy stóp, w otrzewnej, w tkankach łącznych otaczających mięśnie – jako powięź przednioramienna, w powięzi podudzia i jamy brzusznej, zwaczy i zewnętrznej części uda [10].

Zakończenia Ruffiniego są szczególnie gęsto rozsiane w tkankach poddawanych regularnemu rozciąganiu. Są to np. zewnętrzne warstwy torebek stawowych, opona twarda, więzadła obwodowych stawów, głęboka grzbietowa powięź dłoni. W stawie kolanowym – szczególnie w przednim i tylnym więzadle i strukturach torebki stawowej na wewnętrznej i zewnętrznej jej stronie [11].

Można dodać, że ostatnie badania immunohistochemiczne powięzi piersiowo-lędźwiowej wykazały bogactwo takich mechanoreceptorów [12]. W badaniach tych stwierdzono wysoką koncentrację zakończeń Paciniego i Ruffiniego, jednak nie wykryto receptorów Golgiego.

### Efekty stymulacji receptorów Paciniego

W skład grupy zwanej receptorami Paciniego wchodzi duże ciątka blaszkowate Paciniego i trochę mniejsze ciątka zwane Paciniform. Jajkowate ciątka blaszkowate odpowiadają na gwałtowne zmiany nacisku (pozostają obojętne na stały nacisk) i wibracje. Troszkę mniejsze Paciniform mają podobną funkcję i wrażliwość na bodźce. Dlatego najprawdopodobniej receptory Paci-

niego są stymulowane jedynie poprzez manipulacje stosowane w chiropraktyce oraz techniki wibracyjne i oscylacyjne (jak w osteopatii).

Stymulacja receptorów Paciniego nie daje wyraźnych i przewidywalnych zmian napięcia mięśniowego, jednak powoduje miejscowe podwyższenie stanu proprioceptywnej wrażliwości układu nerwowego w stymulowanym obszarze powięzi.

W przypadku opisywanej przez Hanna [13] lokalnej sensomotorycznej amnezji stymulacja ma pozytywny wpływ i może wpływać na bardziej precyzyjny obraz korowej reprezentacji ciała i poprawę koordynacji nerwowo-mięśniowej.

### **Efekty stymulacji receptorów Ruffiniego**

Mniejsze i bardziej horyzontalnie położone organy Ruffiniego nie adaptują się tak szybko jak receptory Paciniego i z tego powodu reagują na stały nacisk. W przeciwieństwie do organów Paciniego, zakończenia Ruffiniego są aktywowane zarówno poprzez powolne i głębokie (zmiękczejące) techniki tkanek miękkich, jak również i szybsze techniki.

Ważne są dwie właściwości zakończeń Ruffiniego:

- szczególna reaktywność na podłużne i poprzeczne rozciąganie [14],
- zostało udowodnione, że pobudzanie receptorów Ruffiniego powoduje obniżenie aktywności sympatycznego układu nerwowego [11]. Wydaje się to zgodne z powszechnie znanymi obserwacjami klinicznymi – powolne i głębokie techniki powodują miejscowe rozluźnienie tkanek i ogólne rozluźnienie organizmu.

Aby prześledzić potencjalną neurodynamikę receptorów Ruffiniego w trakcie manipulacji mięśniowo-powięziowej, warto posłużyć się następującym przykładem jako punktem odniesienia. Trzeba wyobrazić sobie terapeutę powoli pracującego na głębokiej tkance łącznej – na bocznej stronie kostki stopy. Terytorium to, wolne od prążków mięśni, pozwoli skoncentrować się jedynie na dynamice międzypowięziowej, bez dodatkowych efektów stymulacji mięśniowych mechanoreceptorów i innych efektów ubocznych, które mogłyby odgrywać rolę w innych obszarach ciała. Co właściwie się dzieje, kiedy terapeuta w tej sytuacji twierdzi, że wyczuwa uwolnienie tkanki? Możliwe, że poprzez dotyk stymuluje on pewne zakończenia receptorów Ruffiniego, co w efekcie powoduje aktywację centralnego układu nerwowego i wywołuje reakcje, zmieniając napięcie motoneuronów w tkance mięśni, które są mechanicznie połączone z tkanką bezpośrednio pod dłońią terapeuty.

### **RECEPTORY ŚRÓDMIAŻSZOWE**

Często ignorowane śródmiaższowe włókna nerwowe składają się na prawie 80% włókien czuciowych w typowym nerwie ruchowym. Chociaż wiele włókien nerwowych

w wiązce nerwu ruchowego ma funkcje naczynioruchowe regulujące przepływ krwi, to jednak największa grupa włókien to właśnie włókna czuciowe. Przykładowo, nerw piszczelowy zawiera trzy razy więcej włókien czuciowych niż ruchowych. Wykazuje to fascynującą prawidłowość – odbieranie subtelnych sygnałów czuciowych jest ważniejsze od organizacji ruchowej. Jedynie mały ułamek włókien czuciowych w nerwie należy do dobrze znanego typu I i II, czyli tych, które zaczynają się w wrzecionach mięśniowych, jak narządy Golgiego, ciała Paciniego i zakończenia Ruffiniego. Większość lub czterokrotnie więcej należy do interesującej, acz rzadko wspomianej grupy śródmiaższowych włókien czucia typu III i IV [14]. Te ukryte neurony mają znacznie mniejszą średnicę niż pozostałe trzy mechanoreceptory i obecnie często nazywane są mięśniowymi receptorami śródmiaższowymi. Lepszą nazwą byłoby śródmiaższowe receptory mięśniowo-powięziowe, jako że w dużych ilościach znajduje się je również w powięziach. Mniejsza część z tych włókien pokryta jest cienką warstwą mieliny. W większości rozpoczynające się w wolnych zakończeniach nerwowych receptory śródmiaższowe są wolniejsze w przewodzeniu sygnałów od włókien czuciowych typu I i II. W przeszłości sądzono, że zakończenia te są głównie receptorami bólu. Niektóre z nich są również chemio- i termoreceptorami. Pomimo że wiele z nich jest wielofunkcyjnych, badania wykazały, że większość receptorów śródmiaższowych jest mechanoreceptorami [14].

### **Efekty stymulacji receptorów śródmiaższowych**

Pomimo pewnych fizjologicznych różnic pomiędzy włóknami typu III i IV, ich wspólną cechą jest funkcja czucia bodźców mechanicznych. Dużą grupę receptorów śródmiaższowych można podzielić ze względu na ich czułość na dwie równe grupy: niskiego progu nacisku (*low-threshold pressure* – LTP) i wysokiego progu nacisku (*high-threshold pressure* – HTP).

Badania nad ścięgny Achillesa kota wykazały, że około połowa zakończeń typu II i IV była z grupy LTP i reagowała na lekki dotyk, nawet tak lekki jak „dotyk malarskim pędzlem” [14]. Bazując na tych odkryciach, możliwe, a nawet bardzo prawdopodobne wydaje się, że manipulacja tkanek miękkich pobudza owe receptory. Co jest więc naturalną funkcją tych receptorów? Jakie konsekwencje i reakcje wynikają z pobudzeniem tej ukrytej, jakże bogatej sensorycznej sieci? Oczywiście część z nich funkcjonuje jako receptory bólu, jednak badania prowadzone już w 1974 r. nad typem II i IV receptorów w powięziach mięśni skroniowych, żwaczy i mięśni podgnykowych wykazały ich „reakcje na ruchy żuchwy i rozciąganie powięzi i skóry” [15].

Większość mechanoreceptorów typu III i IV ma funkcje autonomiczne. Innymi słowy, stymulacja tych zakończeń nerwowych prowadzi do zmiany prędkości uderzeń serca, ciśnienia krwi, oddychania itd. Stymulacja

receptorów typu IV przyczynia się do wzrostu ciśnienia tętniczego [16], zaś receptorów typu III może zarówno zwiększyć, jak i zmniejszyć ciśnienie krwi. Wiele badań pokazuje, że zwiększenie statycznego ciśnienia działającego na mięsień powoduje obniżenie ciśnienia tętniczego krwi [14]. Wydaje się, że głównym zadaniem tej zawitej sieci receptorów śródmiaższowych w tkankach jest (poprzez reakcje na lokalne zmiany i zapotrzebowania systemu oraz ścisłą współpracę z autonomicznym układem nerwowym) dostrajanie mechanizmu układu nerwowego odpowiedzialnego za regulację przepływu krwi w ciele.

### PRACUJĄC Z CAŁĄ WŁOSKĄ RODZINĄ

Dla prostej analogii ilustracja obrazuje klinicznie ważne właściwości czterech typów powięziowych mechanoreceptorów (rys. 2).

Najstarszy z braci, kulturysta signor Golgi, ilustruje styl pracy, jakiego oczekuje się od terapeuty. Receptor Golgiego lubi mięśniowo aktywny i mocny typ pracy. Gdy właśnie tak będzie się z nim pracować, będzie uspokojony i rozluźniony.

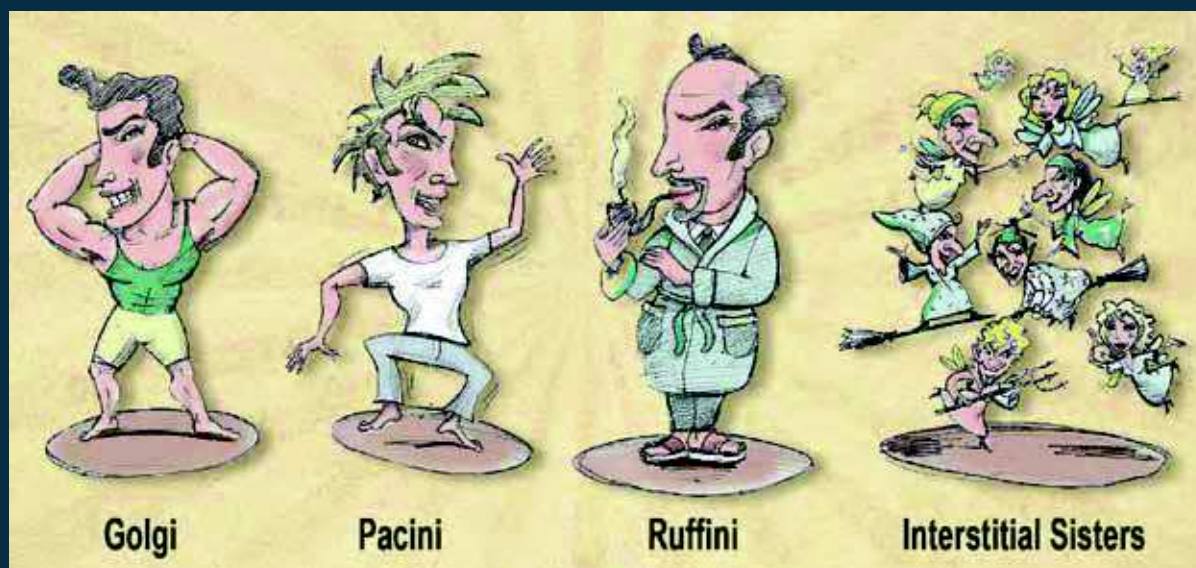
Z kolei jego brat signor Pacini potrzebuje ciągłej stymulacji. Jest jak osoba, która ma kłopoty z koncentracją, trudno mu skupić się na zbyt wolnym, stałym lub monotonnym dotyku terapeuty. Jednak jeśli zabawi się go ciągłymi zmianami i bodźcami, odwdzięczy się on swoją niepodzielną uwagą.

Ostatni z włoskich braci – signor Ruffini nie jest błyskotliwym typem, to raczej typ brodatego staromodnego palacza fajki. Pan Ruffini woli raczej kluczenie niż bezpośredni atak na cel, preferuje podejście do problemu pod odpowiednim kątem. Lubi, kiedy zwraca się do niego w spokojny sposób i pod odpowiednim kątem stycznym, wtedy z zadowolenia wypuści z siebie kłęby przyjemnego dymu, który zrelaksuje całe ciało.

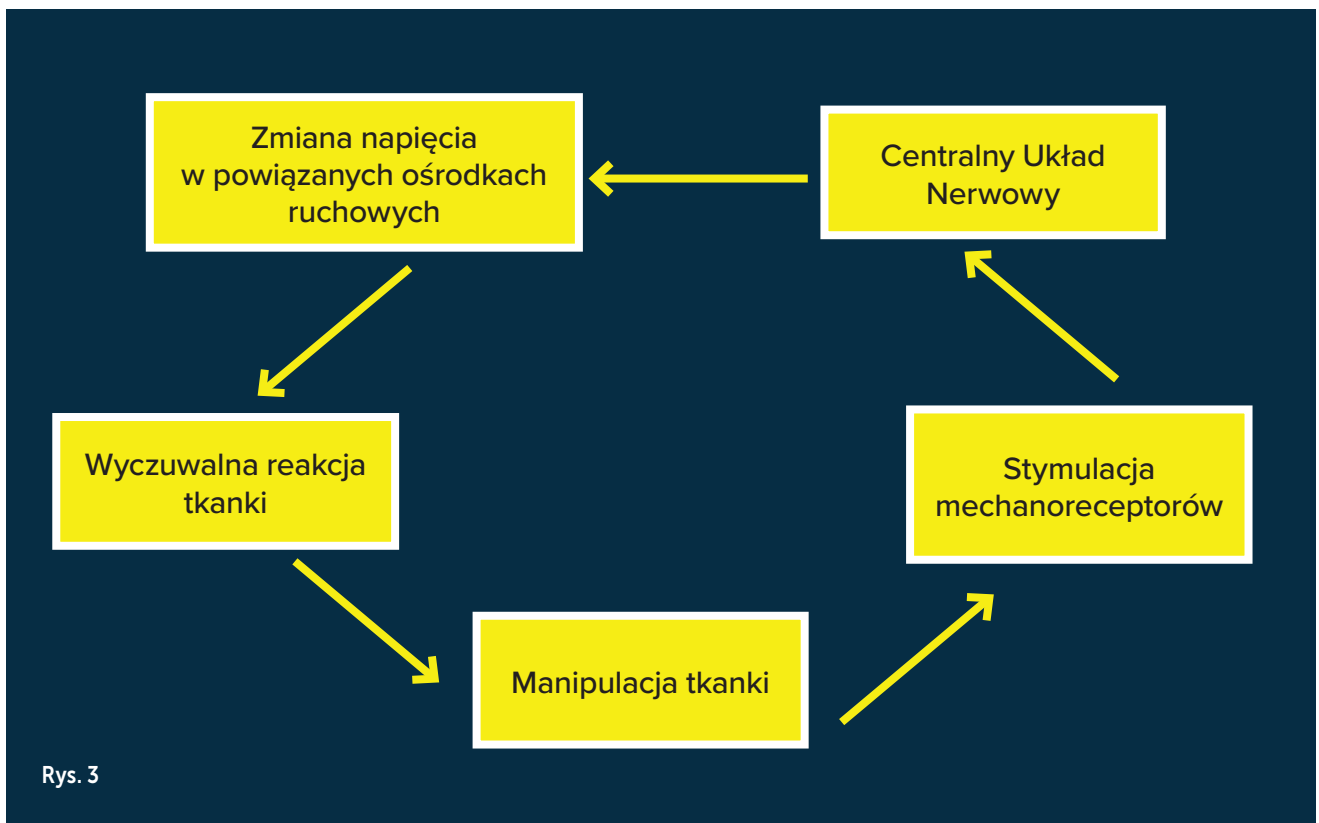
Moc trzech braci równoważą, a czasami nawet przewyższają, liczne młodsze siostry – receptory śródmiaższowe. Niektóre z tych małych zakończeń nerwowych mogą zachowywać się jak małe wiedźmy, zadając krótkotrwałe lub stały ból całej okolicy ciała. Inne, jeśli zostaną odpowiednio poproszone, jak anioły przyniosą ukojenie.

Większość terapeutów ma swój ulubiony styl pracy, prawdopodobnie głównie oddziałujący na tylko jeden typ z opisanych wyżej czterech mechanoreceptorów. Dobrze byłoby zwrócić na nie uwagę, choćby od czasu do czasu – tak jak w terapii dla rodzin, gdzie zakłada się, że poświęcenie nawet odrobiny uwagi wszystkim członkom rodziny jest bardziej efektywne niż całkowite ignorowanie jednego z jej członków.

Konkretne instrukcje, jak optymalnie stymulować przedstawione mechanoreceptory, przekazywane są na praktycznych zajęciach terapii manualnych. Jako przykład można podać, że dla terapeutów lubiących się w powolnym śledzeniu i wyczuwaniu tendencji tkanki do zmian kierunków pod wpływem dotyku, atrakcyjne są



Rys. 2. Uproszczona ilustracja czterech mechanoreceptorów powięzi. Włoska rodzina składająca się z trzech starszych braci i ich siostr. Signor Golgi preferuje aktywne mięśnie, mocne bodźce i tylko to potrafi go uszczęśliwić. Dla odmiany jego brat signor Pacini potrzebuje stałej stymulacji, którą nagradza całkowitym oddaniem. Signor Ruffini docenia, kiedy poświęca mu się czas, co wynagradza ogólnym rozluźnieniem. Liczne młodsze siostry – receptory śródmiaższowe – mogą przynieść zarówno ból, jak i ukojenie



techniki oddziałujące na receptory Ruffiniego. Takie mięśniowo-powięziowe podejście koreluje z tradycyjnym rolingiem i powięziową osteopatią.

Praca z śródmiaższowymi receptorami okostnej może przypominać tradycyjny masaż kości Chua Ka stosowany przez wojowników mongolskich dla uwolnienia ciała od strachu przed bitwą. Nacisk lub natarcie dłoni terapeuty na okostną jest powoli zwiększane aż do uzyskania aktywacji układu sympatycznego z jednoczesnym minimalnym refleksem ruchowym. Aktywacja ta może przejawiać się lekkim rozszerzeniem źrenic, zwiększeniem ruchów klatki piersiowej podczas oddychania, lekkim zaczerwienieniem twarzy, pojawieniem się wilgoci w kącikach oczu lub minimalnym zwróceniem głowy w kierunku terapeuty. Każdy przejaw motoryczny odruchu obronnego niezależnie jak mały, powinien być dla terapeuty sygnałem do wycofania się. Przykładem odruchu obronnego może być mrużenie kącików oczu, zaciskanie warg, napięcie karku w gotowości do odwrócenia głowy, bardziej sztywne ruchy podbrzusza w trakcie oddychania itd.

Idealną sytuacją jest, gdy pacjent współpracuje podczas pracy terapeuty na okostnej poprzez aktywny ruch od wewnątrz, co pozwala w łagodny i kontrolowany sposób podnieść ciśnienie, tarcie i intensywność bodźców w lokalnych tkankach.

Nie powinno się stosować tak głębokich technik okostnej na tkankach mięśniowo-powięziowych z istniejącym stanem zapalnym lub podwyższoną wrażliwością na ból.

Zwykle dobre efekty przynosi praca na okostnych blisko bolesnych miejsc, jednak o zwykłej wrażliwości na nacisk. Wielu terapeutów po uzyskaniu niezbędnej wrażliwości dłoni i po odbyciu odpowiednich szkoleń używa drewnianych lub metalowych narzędzi, które pozwalają na precyzyjniejsze kierowanie nacisku na okostną.

## MECHANORECEPTORY POWIĘZI

### Furtka do zmiany napięcia mięśni szkieletowych

Nie ma żadnych wątpliwości co do tego, że manipulacja tkanek łącznych powoduje stymulację mechanoreceptorów międzypowięziowych. Badania potwierdzają, że jest to skuteczny sposób na zmianę napięcia mięśni szkieletowych. Dla przykładu, powolny, głęboki nacisk na miękkie tkanki badanego kota prowadzi do obniżenia napięcia mięśni, co wykazuje się w EMG [17]. Dla odmiany wszystkie gwałtowne i głębokie uciski, szczygnięcia i inne mocne manipulacje, powodowały ogólny skurcz mięśni szkieletowych [18]. Szczególnie widoczne to jest w mięśniach unerwionych z głównych gałęzi rdzenia kręgowego, zwanych genetycznymi zginaczami [19].

## PĘTLA CENTRALNEGO UKŁADU NERWOWEGO

Stymulacja mechanoreceptorów powoduje obniżenie napięcia ośrodków motorycznych mięśni szkieletowych, co poprzez ich mechaniczne połączenie z tkankami pod

dłonią terapeuty daje wyczuwalną reakcję [5]. Najprawdopodobniej receptory odpowiedzialne za ten mechanizm to zakończenia Ruffiniego, ciała Paciniego (przy gwałtowniejszej manipulacji) i część receptorów śródmięszowych. Całkiem prawdopodobnie, że również zaangażowane mogą być międzypowięziowe receptory Golgiego.

Mechanizm ten, w którym manualna manipulacja prowadzi do zmiany napięcia mięśniowego, wydaje się angażować sprzężenie zwrotne centralnego układu nerwowego. Stymulacja mechanoreceptorów może prowadzić do zmiany proprioceptywnych sygnałów wpływających do centralnego układu nerwowego, co z kolei wpływa na mechanizm regulacji zmian napięcia ośrodków motorycznych danej tkanki. W przypadku głębokiego i wolnego nacisku są to z pewnością wolno adaptujące się receptory Ruffiniego i część receptorów śródmięszowych. Inne receptory, takie jak wrzeciona sąsiadujących mięśni, a może nawet międzypowięziowe receptory Golgiego, mogą również odgrywać tu pewną rolę.

Pomiary stymulowanych mechanoreceptorów więzadeł stawu kolanowego wykazują słaby efekt oddziaływania na motoneurony alfa, jednak bardzo silny na motoneurony gamma. Obydwa systemy alfa i gamma zwykle aktywnie współdziałają, ale są pomiędzy nimi pewne ważne różnice. System alfa wywodzi się głównie z kory mózgowej i jest angażowany do wolicjonalnych i precyzyjnych ruchów kończyn. System gamma ma swoje źródło w starszej części pnia mózgu i odgrywa ważną rolę w bardziej globalnych i nieświadomych procesach posturalnej organizacji antygravitacyjnych mięśni prostowników oraz długotrwałych postaw mięśniowo-emocjonalnych [20–22].

Ponieważ stymulacja mechanoreceptorów stawu kolanowego prowadzi do większych zmian w neuronach gamma niż alfa, można uważać, że te więzadłowe mechanoreceptory są prawdopodobnie używane jako proprioceptywne sprzężenie zwrotne dla przygotowawczej regulacji lub wstępne programowanie napięcia mięśni dookoła danego stawu [23].

Dla terapeutów pracujących na tkankach łącznych są to fascynujące odkrycia. Sugerują one, że stymulacja mechanoreceptorów ścięgnistych może prowadzić głównie do zmian w gamma regulacji napięć. Zatem manualna stymulacja może być więc skutecznym sposobem na tworzenie zmian w podświadomie utrzymywanych wzorcach mięśniowych, czyli posturze.

Jest to fundamentalne odkrycie dla terapeutów, których praca manualna bazuje na koncepcjach integracji strukturalnej. W metodzie tej, niezależnie od programów nauczania szkół, jednym z głównych filarów jest umiejętność postrzegania statycznej postury i odnalezienie kluczowych i charakterystycznych indywidualnych elementów. Widzenie zależności ułożenia części ciała względem siebie w przestrzeni jest punktem wyjścia dla próby za pomocą technik uwalniania tkanek powięzi, zasugerowania ciała lepszego i bardziej funkcjonalnego położenia.

Relacja do linii pionowej siły grawitacji jest kluczowa dla funkcjonowania organizmu. Wszelkie odchylenia od linii pionowej powodują, że ciało musi wydatkować dodatkową energię na balansowanie i równoważenie pozycji. Poprzez zrównoważenie grup i pojedynczych mięśni oddziałujących na kluczowe stawy terapeuta integracji strukturalnej stwarza warunki, w których organizm będzie mógł odnaleźć bardziej naturalne sobie ułożenie.

Potrzeba jednak jeszcze wielu badań, by definitywnie poznać mechanizmy, jakie mają miejsce w ciele pacjenta w trakcie odbierania sesji terapii medycyny manualnej.

#### PIŚMIENNICTWO:

1. Folkow B., Gelin L.E., Lindell S.E., Stenberg K., Thoren O. *Cardiovascular Reactions During Abdominal Surgery*. Ann Surg 1962; 156 (6), s. 905–913.
2. Koizumi K., Brooks C.M. *The integration of autonomic system reactions: a discussion of autonomic reflexes, their control and their association with somatic reactions*. Ergeb Physiol 1972; 67, s. 1–68.
3. Gellhorn E. *Principles of Autonomic-Somatic Integrations: Physiological Basis and Psychological and Clinical Implications*. MN: University of Minnesota Press, Minneapolis 1967.
4. Ar buckle B.E. *Selected Writings*. American Academy of Osteopathy, Indianapolis 1994.
5. Cottingham J.T. *Healing Through Touch: A History and a Review of the Physiological Evidence*. CO: Rolf Institute, Boulder 1985.
6. Jami L. *Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: functional properties and central actions*. Physiol Rev 1992; 73 (3), s. 623–666.
7. Lederman E. *Fundamentals of Manual Therapy*. Churchill Livingstone, Edinburgh 1997.
8. Huijing P.A. *Epimuscular myofascial force transmission: a historical review and implications for new research*. International Society of Biomechanics Muybridge Award Lecture, Taipei 2007. J Biomech 2009; 42 (1), s. 9–21.
9. Burke D., Gandeva S.C. *Peripheral Motor System*. [In:] *The Human Nervous System*. Paxinos G. (ed.). CA: Academic Press, San Diego 1990, p. 133.
10. Stilwell D. *Regional variations in the innervation of deep fascia and aponeuroses*. Anat Record 1957; 127 (4), s. 635–653.
11. van den Berg F., Cabri J. *Angewandte Physiologie – Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1999.
12. Kruger L. *Cutaneous Sensory System*. [In:] *Encyclopedia of Neuroscience*. Adelman G. (ed.). MA: Birkhäuser, Boston 1987, p. 293.
13. Hanna T. *Somatics: Reawakening the Mind's Control of Movement, Flexibility, and Health*. MA: Da Capo Press, Cambridge 1998.
14. Mitchell J.H., Schmidt R.F. (1983). *Cardiovascular Reflex Control by Afferent Fibers from Skeletal Muscle Receptors*. [In:] *Handbook of Physiology, The Cardiovascular System, Peripheral Circulation and Organ Blood Flow*. Shepherd J.T. et al. (eds.). MD: American Physiological Society, Bethesda 1983, p. 623–658.
15. Sakada S. *Mechanoreceptors in fascia, periosteum and periodontal ligament*. Bull Tokyo Med Dent Univ 1974; 21, s. S11–13.
16. Coote J.H., Pérez-González J.F. *The response of some sympathetic neurons to volleys in various afferent nerves*. J Physiol-London 1970; 208, s. 261–278.
17. Johansson B. *Circulatory response to stimulation of somatic afferents*. Acta Physiol Scand 1962; 62 (S198), s. 1–92.
18. Eble J.N. *Patterns of response of the paravertebral musculature to visceral stimuli*. Am J Physiol 1960; 198, s. 429–433.
19. Schleip R. *Primary reflexes and structural typology*. Rolf Lines 1993; 21 (3), s. 37–47.
20. Ward R.C. *Myofascial Release Concepts*. [In:] *Rational Manual Therapies*. Basmajian J.V., Nyberg R.E. (eds.). MD: Williams & Wilkins, Baltimore 1993.
21. Glaser V. *Eutonie*. Karl F. Haug Verlag, Heidelberg 1980.
22. Henatsch H.D. *Bauplan der peripheren und zentralen sensomotorischen Kontrollen*. [In:] *Physiologie des Menschen*, vol. 14. Urban and Schwarzenberg, München 1976.
23. Johansson H., Sjolander P., Sojka, P. *Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint*. Crit Rev Biomed Eng. 1991; 18 (5), s. 341–68.

**Robert Schleip, Mariusz Kurkowski**