

Kilka referatów dostępnych w literaturze medycznej zapewnia, że problem związany z plecami nie jest pochodzenia medycznego, a socjalnego. Autorzy tych prac twierdzą, że pacjenci wyolbrzymiają swoje odczucia bólowe. Nie zgadzam się z tym. Według mnie problem leży w systemie i praktykujących lekarzach. Lekarze nigdy nie będą dostatecznie zmotywowani do zgłębiania wiedzy dotyczącej przyczyn biomechanicznych, stawiania trafnych diagnoz i wdrażania właściwych terapii. Zwłaszcza, że lekarze chirurdzy otrzymują stokrotnie wyższe wynagrodzenie za przeprowadzenie zabiegu, niż lekarze przeprowadzający konsultacje z pacjentem na temat przyczyn bólu. Pacjentom najczęściej poświęca się 3-4 minuty na konsultację objawów i mniej więcej tyle samo uwagi podczas konsultacji przedoperacyjnej. Praktyka stosowania wyników badań obrazowych jako wyznaczników bólu wyparła przeprowadzanie dokładnych badań, które mogłyby wykazać mechanizm jego powstawania. Tylko dogłębna wiedza w zakresie biomechanicznego funkcjonowania i różnorodności czynników wpływających na stan pacjenta będzie skutkować najlepszymi rozwiązaniami terapeutycznymi.

Lepszy sposób rozwiązywania problemu bolących pleców

Przyczyn powstawania bólu pleców jest wiele. W niniejszej książce zawarto propozycje różnych metod określenia tych przyczyn u każdego pacjenta. Zrozumienie specyfiki, przyczyny lub mechanizmu zaostrzającego objawy u każdego pacjenta indywidualnie, prowadzi do usunięcia tych elementów, zapewniając jednocześnie, że nie pojawią się w czasie terapii. Takie podejście jest skuteczne (Ikeda i McGill, 2012). Tkanki okolicy grzbietu, poprzez ich powtarzalne obciążanie, stają się podrażnione. Wyobraź sobie przypadkowe uderzenie się w palec u nogi lub ciągle przygryzanie warg – po pewnym czasie nawet najmniejszy dotyk będzie powodował ból. Występujące wyolbrzymianie objawów ma jednak podłoże w nadwrażliwości tkankowej, a nie w czynnikach psychosocjalnych. Zredukowanie nadwrażliwości palca lub wargi ma miejsce jedynie po upływie znacznej ilości czasu od momentu uderzenia lub przygryzienia. Tkanki w obrębie pleców przez cały czas są „uderzane” ze względu na obecność nieprawidłowego wzorca lub wzorców ruchowych. Na przykład u osób, u których występuje nietolerancja tkanek na wykonywanie zgięcia tułowia, taka sytuacja będzie powtarzać się za każdym razem, gdy będą wstawać z krzesła. Korekcja takiego zaburzenia ruchu lub ujmując to metaforycznie – „zaprzestanie uderzania” – skutkuje zmniejszoną wrażliwością tkanek i zwiększoną możliwością wykonywania czynności bez odczuwania bólu, a w końcu przywróceniem prawidłowej ruchomości. Prawidłowe wykonywanie ruchu będzie możliwe w momencie, kiedy znikną odczucia bólowe. Należy oprzeć się pokusie przywracania funkcjonalności poprzez zbyt wczesną mobilizację. Takie podejście może opóźnić postęp terapii.

OBCIĄŻENIA MECHANICZNE I PROCES POWSTAWANIA URAZU: PODSTAWY USZKODZENIA TKANEK ODCINKA LĘDŹWIOWEGO

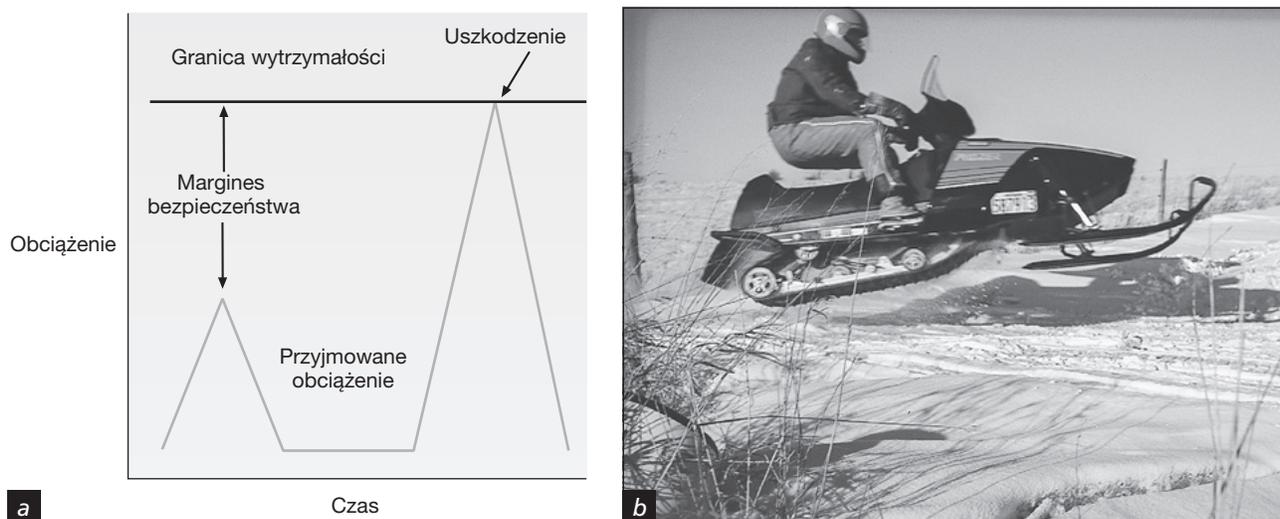
Każdy klinicysta, wypełniając formularz odszkodowania pracownika bądź pacjenta, ma obowiązek ustalić przyczynę powstania urazu. Jednak tylko w niewielu przypadkach uraz powstaje w wyniku pojedynczego incydentu. W tej części rozdziału opisano częściej występujące, skumulowane zdarzenia, które stanowią podłoże pojawienia się punktu kulminacyjnego tuż przed wystąpieniem urazu. Ze względu na to, że wspomniany punkt kulminacyjny jest niewłaściwie podejrzewany jako jedyna przyczyna kontuzji, wszelkie wysiłki w czasie leczenia skupiają się właśnie na tym zdarzeniu. Takie błędne postępowanie skutkuje nierozwiązaniem problemu skumulowanych zdarzeń będących prawdziwą przyczyną urazu.

W niniejszej części tej publikacji przedstawiamy ogólny scenariusz powstawania urazu. W 4. rozdziale książki przedstawiona zostanie wnikliwa analiza pojawiania się urazu z powodu powtarzających się i przedłużających obciążeń specyficznych tkanek. Celem tej części rozdziału jest zwrócenie uwagi na mnogość czynników, które mają wpływ na zwiększenie ryzyka wystąpienia urazu tkanek. Ma on również zachęcać do stawiania właściwych hipotez dotyczących etiologii kontuzji.

Kontuzja lub uszkodzenie tkanki pojawia się w sytuacji, kiedy występujące w jej obrębie obciążenie wykracza poza tolerowaną przez nią wartość (lub jej wytrzymałość). Na potrzeby niniejszej dyskusji, uraz definiujemy jako ciągłość zdarzeń: od momentu pojawienia się najmniejszego podrażnienia tkanki (także mikrourazu), do powstania dużego uszkodzenia, takiego jak złamanie kręgu lub złamania awulsyjnego w obrębie więzadła. W dalszej części będziemy się opierać na przesłance, która mówi, iż takie uszkodzenie jest przyczyną bólu.

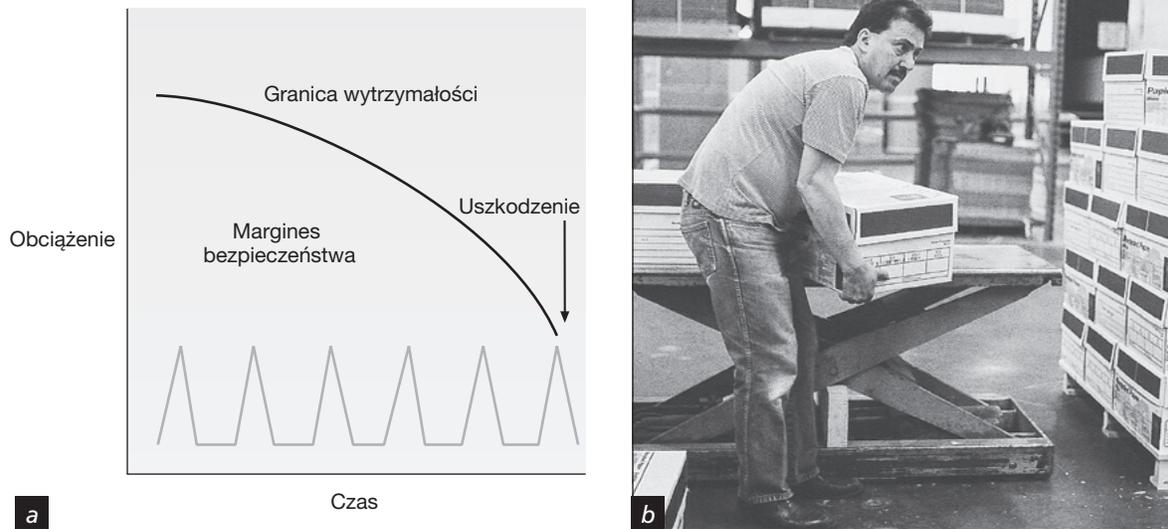
Oczywistym jest, że raz występujące nadmierne obciążenie powoduje powstawanie urazu (zob. ryc. 1.1*b*, która przedstawia kanadyjskiego kierowcę skutera śnieżnego, znajdującego się na chwilę przed lądowaniem. Osiowe działanie sił w czasie lądowania, przy pełnym zgięciu tułowia, stanowi duże ryzyko pojawienia się tylnej przepukliny jądra miazdżystego). Proces pojawienia się takiego urazu został przedstawiony na rycinie 1.1*a*, na której ukazano margines bezpieczeństwa pierwszego cyklu, dzielący wartość obciążenia od powstania urazu. W drugiej części procesu można zauważyć zwiększoną wartość obciążenia, co jednocześnie zmniejsza margines bezpieczeństwa do zera, powodując tym samym pojawienie się urazu. Choć taki schemat powstawania kontuzji dolnej części pleców jest rozpowszechniony, zwłaszcza wśród lekarzy zajmujących się ustalaniem przyczyn występowania urazu w czasie wypełniania formularzy ubezpieczeniowych, to moje doświadczenie mówi mi, że taki przebieg powstawania kontuzji jest dość rzadki.

Częściej zdarza się, że uraz pojawia się w czasie uprawiania sportu i wykonywania obowiązków zawodowych. W ich trakcie wytwarzają się skumulowane urazy, powstałe w wyniku przyjmowania powtarzalnych obciążeń o wielkości nie przekraczającej granicznej wartości. W takich przypadkach, kontuzja jest rezultatem skumulowanych urazów, powstałych w wyniku przyjmowania powtarzalnych (relatywnie niewielkich) obciążeń bądź stałego obciążenia przez dłuższy czas (jak w czasie wykonywania pracy w pozycji siedzącej). Pracownik, który dźwiga pudła i umieszcza je na palecie, przyjmuje powtarzalne obciążenia na tkanki w obrębie dolnego odcinka pleców (kilka poszczególnych tkanek może być zagrożonych). Obciążenia te mają wielkość nie przekraczającą granicznej warto-



Ryc. 1.1 (a) Margines bezpieczeństwa przedstawiony w pierwszym cyklu pomiędzy wartością obciążenia a punktem powstawania urazu. W drugim cyklu wartość obciążenia jest dużo większa, przez co margines bezpieczeństwa spada do zera, powodując tym samym pojawienie się urazu. (b) Kanadyjski kierowca skutera śnieżnego (zdjęcie przedstawia autora niniejszej książki sprzed wielu lat, który powinien wiedzieć, jak się zachować w takiej sytuacji) na chwilę przed doświadczeniem osiowego obciążenia kompresyjnego w czasie pełnego zgięcia tułowia. Takie jednorazowe obciążenie może zmniejszyć margines bezpieczeństwa do zera, ponieważ przyjęte obciążenie przekracza wytrzymałość tkanek i ich tolerancję na obciążenia.

(a) Wydrukowane ponownie z Journal of Biomechanics, 30 (5), S.M. McGill, „Invited paper: Biomechanics of low back injury: Implications on current practice and the clinic,” 456-475, za zgodą Elsevier Science.

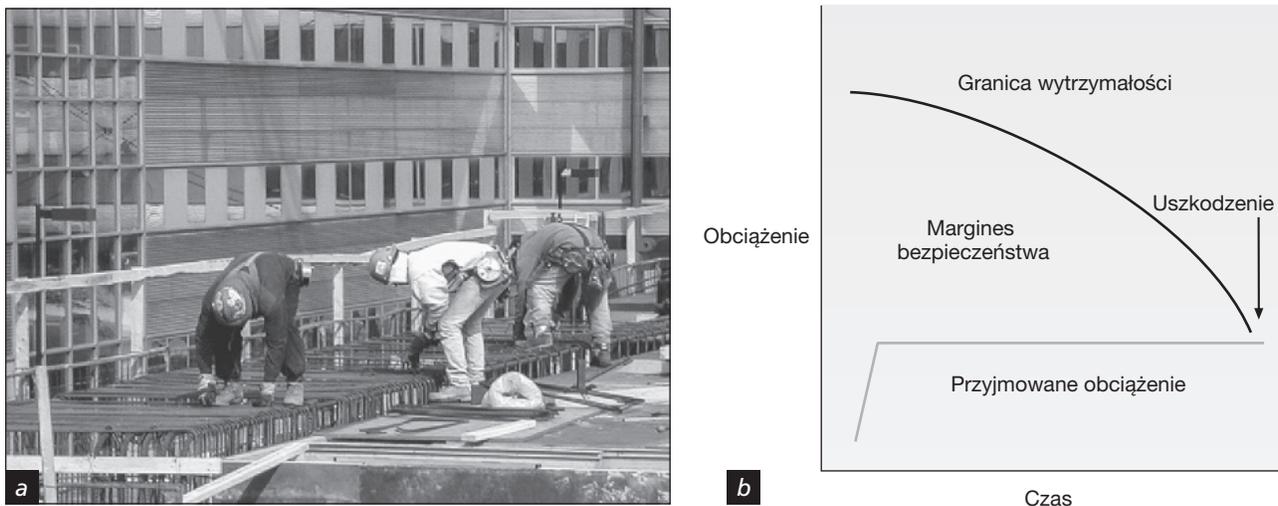


Ryc. 1.2 (a) Powtarzalne przyjmowanie obciążeń o wielkościach nieprzekraczających wartości granicznej prowadzi do osłabienia tkanek, obniżając tym samym granicę ich wytrzymałości. Prowadzi to do (b) uszkodzenia przy kolejnym obciążeniu, lub jak w tym przypadku, przy podnoszeniu pudła.

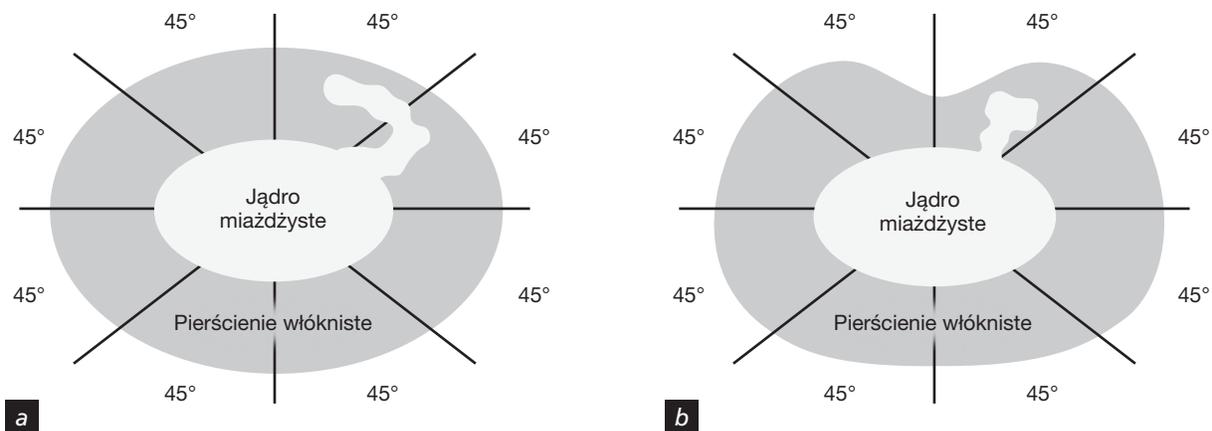
(a) Wydrukowane ponownie z Journal of Biomechanics, 30 (5), S.M. McGill, „Invited paper: Biomechanics of low back injury: Implications on current practice and the clinic,” 456-475, za zgodą Elsevier Science.

ści, jednak powodują stopniowe obniżanie granicy wytrzymałości (np. kręgow; Adams i Hutton, 1985; Brinckmann, Biggemann i Hilweg, 1989; Balkovec i McGill, 2012). Wraz z każdym cyklem przyjmowania obciążeń tkanki męczą się, przez co dochodzi do obniżania wytrzymałości na urazy, a margines bezpieczeństwa maleje do zera. W tym momencie dochodzi do pojawienia się dysfunkcji lędźwiowej. Naturalnie, wraz z większymi obciążeniami rośnie tempo akumulacji uszkodzeń prowadzących do urazu (Callaghan i wsp. 2012).

Jeszcze inny sposób powstawania urazów to przyjmowanie obciążeń o wielkości nieprzekraczającej wartości krytycznej, jednak są one ciągłe i występują przez dłuższy czas. Pracownicy budowlani,



Ryc. 1.3 (a) Pracownicy budowlani, poprzez długotrwałe utrzymywanie pełnego zgięcia odcinka lędźwiowego, narażają się na obciążenie tkanek biernych po grzbietowej stronie kręgosłupa, (b) Zmniejszenie granicy wytrzymałości prowadzi do uszkodzenia tkanek przy określonym procentowym naprężeniu.



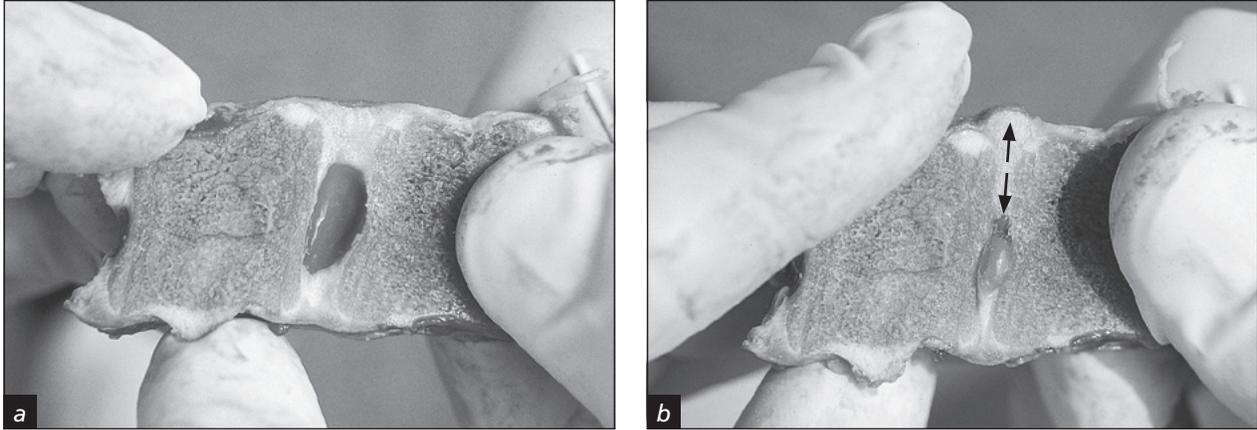
Ryc. 3.17 Przebieg kształtowania się przepukliny w (a) krążku międzykręgowym o owalnym kształcie, gdzie występująca przepuklina obejmuje łuk powyżej 45°; (b) krążku międzykręgowym o kształcie fasoli, gdzie przepuklina jest skoncentrowana w swym przebiegu i mieści się w granicach 45° obwodu krążka.

Zapóżyczony od Yates, Giangregorio i McGill, 2010.

do promienia wyznaczonego od osi pośrodkowej. Oznacza to, że w obrębie grubszych krążków międzykręgowych dochodzi do większych naprężeń w czasie skłonów bocznych i rotacji. Ze względu na to, że krążki o owalnym kształcie nie skupiają koncentrycznie naprężeń w czasie tych ruchów, przebieg przepukliny jądra miażdżystego przez pierścienie włókniste można określić jako rozproszony. Porównując to do krążków o kształcie fasoli, przepuklina ma charakter bardziej skoncentrowany. Koncentracja ta ma miejsce zazwyczaj po obydwu stronach od szczytu powierzchni wklęsłej krążka. Powoduje to powstawanie skoncentrowanych wybrzuszeń po stronie tylnobocznej (Yates, Giangregorio i McGill, 2010). Taki typ wybrzuszenia dużo lepiej reaguje na terapię o określonym kierunku działania. Istnieje przyczyna, dla której najlepsi sportowcy (z krążkami międzykręgowymi w kształcie fasoli o dużym promieniu), którzy pomimo wytwarzania bardzo dużych naprężeń są w stanie sobie z nimi poradzić, jednak dużo gorzej radzą sobie w czasie takiej aktywności, jak na przykład joga. Ponadto, te same osoby nie są w stanie daleko posłać piłki golfowej na korcie ze względu na słabą rotację i skłon boczny tułowia. Kręgosłup typowego gracza golfa można określić jako smukły, a krążki międzykręgowe mają kształt bardziej owalny. Dzięki temu ruchy skłonu bocznego i rotacji nie wywołują tak dużych naprężeń. Wiąże się to jednak z obniżoną zdolnością przyjmowania obciążeń kompresyjnych. Należy zatem wysunąć daleko idący wniosek, który mówi, że dobry klinicysta dobiera program treningu i rehabilitacji w taki sposób, aby odpowiadał on cechom anatomicznym danej osoby, które mają wpływ na sposób funkcjonowania.

Przebieg urazu krążka międzykręgowego

W rozdziale 1. oraz 2. skupiliśmy się na ryzyku pojawienia się uszkodzenia krążka międzykręgowego, które jest powiązane z wykonywanym zawodem i innymi czynnikami. Stanowią one ważne składowe w czasie określania wartości obciążenia w obrębie krążka. Przejdźmy zatem do dogłębnej analizy następstw uszkodzenia krążka międzykręgowego. Skupimy się na podstawowych czynnikach, które są bezpośrednio odpowiedzialne za powstawanie uszkodzenia, pomijając pozostałe elementy. Zdrowy krążek pod wpływem siły kompresyjnej odkształca się głównie w obrębie blaszki granicznej w płaszczyźnie pionowej. Jednocześnie dochodzi do wybrzuszenia się na zewnątrz pierścieni włóknistych (Brinckmann, Biggemann i Hilweg, 1988). Z drugiej jednak strony, przy obecnym niewielkim ciśnieniu hydrostatycznym, tak jak to ma miejsce w czasie przepukliny, zewnętrzne warstwy pierścieni włóknistych w czasie kompresji uwypuklają się, a warstwy wewnętrzne ulegają wklęsnięciu (zob. ryc. 3.18 a i b). Taka dwukierunkowa wypukłość powoduje oddzielanie się warstw pierścieni. Istnieje hipoteza, która brzmi, iż takie rozwarstwienie tworzy drogę dla części tkanki jądra miażdżystego, przez co w ostateczności dochodzi do ekstruzji i powoduje w pełni rozwiniętą przepuklinę (Adams i Dolan, 1995).



Ryc. 3.18 (a) Prawidłowo funkcjonujący segment, w którym znajduje się jądro miażdżyste oraz nieznacznie odkształcone pod wpływem kompresji pierścienie włókniste. (b) Jeśli w jądrze miażdżystym nie ma wystarczającego ciśnienia (co przykładowo może być rezultatem pęknięcia blaszki granicznej), w czasie kompresji dochodzi jednocześnie do uwypuklenia i wklęsnięcia poszczególnych warstw pierścieni włóknistych. Prowadzi to do powstawania naprężeń rozwarstwiających tę strukturę.

Profesor Michael Adams wysunął ciekawą propozycję (w czasie prywatnej rozmowy w czerwcu 2015). Zasugerował, że zdrowy krążek podczas kompresji reguluje ciśnienie w sposób przerywany, ponieważ sama siła kompresji jest tak wysoka, iż tkanka nerwowa i naczynia krwionośne uległyby całkowitemu uszkodzeniu. W następstwie początkowego uszkodzenia blaszki granicznej, krążek nie jest w stanie wytworzyć dostatecznego ciśnienia wyrównującego kompresję, pozwalając tkankom nerwowym i krwionośnym na wtargnięcie w obszar krążka. Jest to jedno z wielu możliwych wyjaśnień opisujących przyczynę wzmożonej waskularyzacji tak zwanych zwyrodniałych krążków i powodowania przez nie bólu.

Kolejne dwie części niniejszego rozdziału traktować będą o tych czynnikach, które mają wpływ zarówno na uszkodzenie krążków międzykręgowych, jak i na ich regenerację.

Co wpływa na uszkodzenie krążka międzykręgowego?

Na mechanizm powstawania przepukliny jądra miażdżystego i jej rehabilitację wpływa kilka, ściśle ze sobą powiązanych, czynników. W większości przypadków przepuklin nie dochodzi do przerywania ciągłości włókien kolagenowych. Znacznie częściej pojawia się ich rozwarstwienie. Proces ten przebiega na dwa różne sposoby. Jedną z możliwości jest oddzielanie się sąsiadujących ze sobą włókien w obrębie tej samej warstwy w czasie powtarzalnego wykonywania skłonów. Pozwala to tkance jądra miażdżystego na wpłynięcie w nowo powstałą szczelinę (Tampier i inni, 2007). Skłony są również przyczyną pojawiania się skoncentrowanego w danym punkcie ciśnienia hydrostatycznego, które bezpośrednio oddziałuje na wspomniane włókna, znajdujące się po wypukłej stronie w czasie skłonu (np. na włókna po grzbietowej stronie w czasie skłonu w przód). Dalsze powtarzanie tej czynności powoduje rozwarstwianie się kolejnych części pierścieni włóknistych (zob. ryc. 3.19). W ten sposób powstające uszkodzenia mają określony kierunek przebiegu: od środka do zewnątrz (Veres, Robertson i Broom, 2009). Seria zdjęć radiograficznych (zob. ryc. 3.20) pozwala ukazać kolejne cykle emigracji jądra miażdżystego przez kolejne warstwy pierścieni włóknistych. Występowanie przepukliny jądra miażdżystego zdaje się być rezultatem kilku połączonych ze sobą przyczyn. W trakcie naszych badań, w których wykorzystywaliśmy tysiące segmentów ruchowych kręgosłupa, tylko w jednym lub w dwóch przypadkach zaobserwowaliśmy występowanie przepukliny, która nie była wynikiem wykonywanych ruchów zginania. Należy zaznaczyć, że jako uszkodzenie uznawaliśmy występowanie zarówno właściwych przepuklin, jak i widocznych wybrzuszeń krążków (zob. ryc. 3.21).

Jak zaznaczyliśmy wcześniej, kształt i wielkość krążka międzykręgowego mają duży wpływ na przebieg powstawania urazu (Yates, Giangregorio, i McGill, 2010). Sądzę, na podstawie naszej pracy z wykorzystaniem preparatów zwierzęcych, iż powtarzalne wykonywanie zgięć powoduje rozluźnianie macierzy kola-



Ryc. 3.19 (a) Usunięcie części warstw kolagenu ujawniło emigrację jądra miażdżystego przez kolejne warstwy pierścieni włóknistych, (b) Usunięcie kolejnych warstw pierścieni ukazało przebieg migracji jądra miażdżystego.

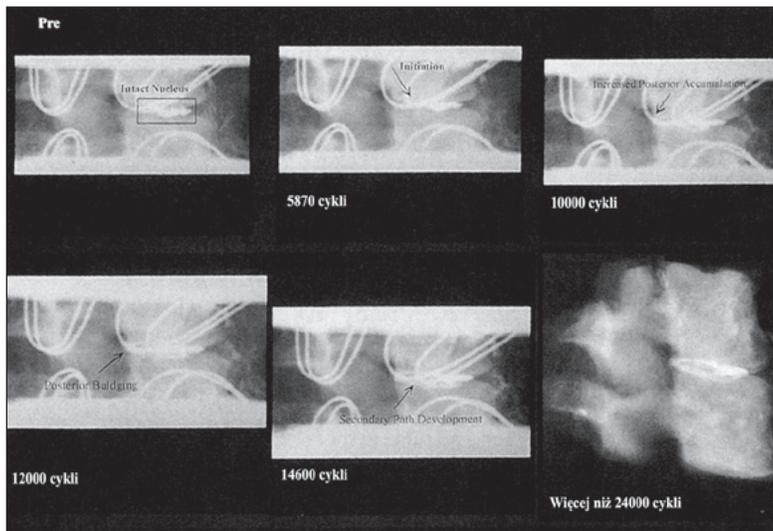
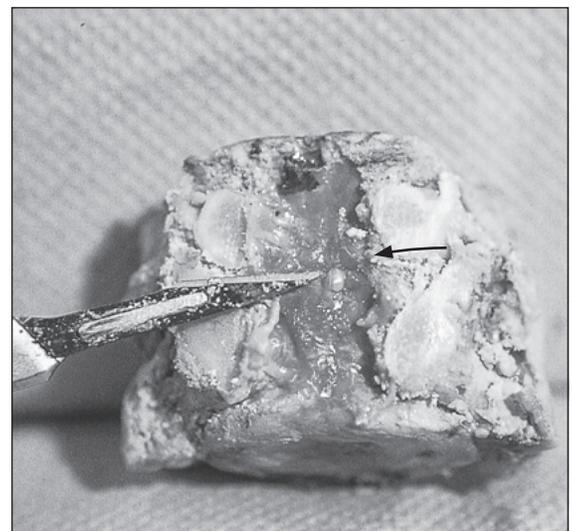


Figure 3.20 Seria zdjęć radiograficznych z zastosowaniem kontrastu, ukazująca położenie jądra miażdżystego oraz jego przemieszczanie się w czasie pełnego zgięcia tułowia (z jednocześnie występującą siłą kompresyjną, o wartości 1400N). Widoczne jest przemieszczanie się tkanek rozświetlonych przy pomocy kontrastu w kierunku grzbietowym. Po wykonaniu ponad 24 000 powtórzeń skłonu doszło do powstania przepukliny.

Przedruk z *Clinical Biomechanics*, Vol. 16(1), J.P. Callaghan i S.M. McGill „Intervertebral disc herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with force”, 28-37, 2001, za zgodą Elsevier Science.



Ryc. 3.21 Powtarzane wykonywanie ruchów zgięcia tułowia może skutkować właściwą przepukliną lub wybrzuszeniem tkanek. Ukazany na zdjęciu preparat został poddany usunięciu blaszki w celu lepszego ukazania tylnej części krążka. Takie uszkodzenie może wpływać na uwięźnięcie tkanek nerwowych, powodując pojawienie się objawów. Należy zwrócić uwagę na zabarwienie jądra miażdżystego w celu lepszego ukazania wybrzuszenia (zaznaczonego strzałką).

wychodzi na jaw niestabilność kręgosłupa) (Lucas i Bresler, 1961). Kształt mięśni okołokręgosłupowych sugeruje, iż aktywność poszczególnych struktur wywołuje boczne oraz przednio-tylne siły ścinające. Można to porównać do osoby, która za pomocą lin stara się utrzymać maszt w pionie (Cholewicki i McGill, 1996). Co więcej, aktywacja mięśni brzucha powoduje usztywnienie całego tułowia. Cholewicki i wsp. (1999) oraz Grenier i McGill (2007, 2008) udowodnili występowanie zwiększonej sztywności tułowia pod wpływem wzmożonej tłoczni brzusznej, mimo stałego poziomu aktywności mięśni brzucha. Wnioskuje się także, iż zwiększona tłocznia brzuszna odgrywa ważną rolę w mechanice miednicy oraz w przypadku występowania bólu. Mens i wsp. (2006) zauważyli wzrost momentu siły w obrębie miednicy w przypadku zwiększenia ciśnienia śródbrzusznego, co z jednej strony może działać na korzyść stabilizacji w poszczególnych rejonach, lecz w innych zaburzać ją. To wszystko jest uzależnione od wzajemnego oddziaływania poszczególnych tkanek na siebie. Aby móc konkretnie określić wpływ tłoczni brzusznej na konkretne tkanki, konieczne jest przeprowadzenie testów prowokacyjnych. Pozwolą one ocenić, czy wzmożone działanie tłoczni brzusznej minimalizuje, czy też potęguje odczucia pacjenta. Zwiększone ciśnienie śródbrzusne, które tak często obserwuje się w czasie podnoszenia przedmiotów, a także u osób borykających się z dysfunkcjami lędźwiowymi, nie ma bezpośredniego wpływu na redukcję kompresji kręgosłupa lub na zwiększanie siły w czasie wyprost tułowia. Odgrywa ono jednak istotną rolę w utrzymywaniu właściwego poziomu sztywności całego tułowia i zapobiega powstawaniu deformacji tkanek pod wpływem wykonywanych ruchów i wynikających z tych ruchów obciążeń.

Mechanizm powięzi piersiowo-lędźwiowej

Powięzi piersiowo-lędźwiowej przypisuje się szereg różnych zadań. Najważniejszym z nich, jak twierdzą niektórzy, jest redukcja obciążeń kręgosłupa – co stanowi rozwiązanie wcześniej opisanego paradoksu. Zdaniem niektórych, właściwa technika podnoszenia przedmiotów opiera się na właściwej interpretacji mechaniki owej powięzi. Gracovetsky, Farfan i Lamy (1981) jako pierwsi zasugerowali występowanie zjawiska przenoszenia sił bocznych, generowanych przez mięśnie skośne wewnętrzne brzucha oraz mięsień poprzeczny brzucha w kierunku powięzi piersiowo-lędźwiowej. Siły te miałyby być przenoszone za pośrednictwem przyczepów, łączących się z bocznymi powierzchniami powięzi. Ci sami autorzy są zdania, iż powięź ma także za zadanie wspierać tkanki mięśniowe w wytwarzaniu momentu siły, potrzebnego do wyprost tułowia. Co więcej, według nich, boczne naprężanie tkanek wynikające z pracy przyczepów mięśni ulokowanych po bocznych stronach jamy brzusznej, powoduje także wzdłużne naprężanie tkanek. Zjawisko, określane mianem efektu Poissona, przyczynia się do wspólnego przemieszczania się wyrostków kolczystych kręgów lędźwiowych, co w efekcie umożliwia wyprost tego odcinka. Takie wyjaśnienie zachodzącej współpracy poszczególnych struktur stanowi bardzo interesujące wyjaśnienie, pokrywające się z faktem najdłuższej dźwigni momentu siły wyprost powięzi piersiowo-lędźwiowej spośród wszystkich tkanek odpowiedzialnych za wyprost odcinka lędźwiowego. W efekcie pozwala to zredukować kompresję kręgosłupa powstającą pod wpływem pracy mięśni prostowników, znajdujących się w obrębie powięzi lędźwiowo-grzbietowej.

Przeprowadzone trzy niezależne badania pozwoliły określić rolę powięzi piersiowo-lędźwiowej w aspekcie mechaniki odcinka lędźwiowego. Wszystkie te badania pozwalają także zakwestionować istotę tej powięzi w sytuacji znacznego momentu siły wyprost tułowia (Macintosh i Bogduk, 1987; McGill i Norman, 1988; Tesh, Dunn i Evans, 1987). Jak wspomniano wcześniej, niezależnie od rodzaju pracy wykonywanej przez powięź, jej wkład w zwiększanie momentu siły wyprost tułowia jest niewielki, w porównaniu do produkcji momentu siły potrzebnej w sytuacji, w której ciężki przedmiot trzymany jest w dłoniach. Pozwala to traktować powięź piersiowo-lędźwiową jak troczek mięśni prostowników odcinka lędźwiowego (Bogduk i Macintosh, 1984). Hukins, Aspden i Hickey (1990) wyszli z propozycją, aby tę powięź rozpatrywać w kontekście struktury pozwalającej osiągnąć poszczególnym jednostkom mięśniowym do 30% zwiększony moment siły. Ich zdaniem jest to możliwe dzięki ograniczeniu „wybrzuszenia się” mięśni w czasie ich skurczu. Hipoteza ta wymaga jednak dalszego potwierdzenia. Z kolei Tesh, Dunn i Evans (1987) zasugerowali, aby spojrzeć na powięź piersiowo-lędźwiową pod kątem jej zdolności do wspomagania pracy tkanek w czasie skłonu bocznego tułowia. Nie ulega żadnym wątpliwościom, iż powięź ta jest ściśle związana z utrzymywaniem prawidłowego

poziomu stabilizacji całego odcinka lędźwiowego. W przyszłości powinniśmy poznać odpowiedzi na pozostałe pytania związane z rolą tej struktury.

Mechanizm wzmocnienia hydraulicznego

Przypuszcza się, iż ostatni z wymienionych mechanizmów ma za zadanie zredukować występującą siłę kompresji w obrębie kręgosłupa. Cały mechanizm opiera się na trzech założeniach. Pierwsze z nich dotyczy wzmoczonego ciśnienia śródbrzusznego, które miałyby utrzymywać właściwy kształt całej jamy brzusznej. Ciśnienie to miałyby także wywierać nacisk na kręgosłup oraz powięź piersiowo-lędźwiową. Ostatnie założenie dotyczy pracy mięśni prostowników odcinka lędźwiowego, które poprzez skurcz również wywierają nacisk na powięź. Całe to ciśnienie zgromadzone w obrębie powięzi piersiowo-lędźwiowej pomagałoby zminimalizować potrzebę angażowania mięśni leżących pod nią do dodatkowego generowania momentu siły wyprostu odcinka lędźwiowego, tym samym minimalizując kompresję kręgosłupa. Oba założenia jednak nie znalazły potwierdzenia w badaniach. Biorąc pod uwagę wielkość powięzi, zgromadzone ciśnienie musiałyby mieć wartość setek torów (mmHg). Takiego poziomu ciśnienia nigdy nie zmierzono w czasie badań (Carr i sp., 1985). Co więcej, wspomniana tłocznia brzuszna nie odgrywa aż tak wielkiej roli w utrzymywaniu prawidłowej geometrii jamy brzusznej (McGill, Jucker i Axler, 1996). Dużo większy wpływ na jej kształt ma przyjmowana postawa.

Podsumowanie zagadnień dotyczących: mechanizmu tłoczni brzusznej, powięzi piersiowo-lędźwiowej oraz wzmocnienia hydraulicznego.

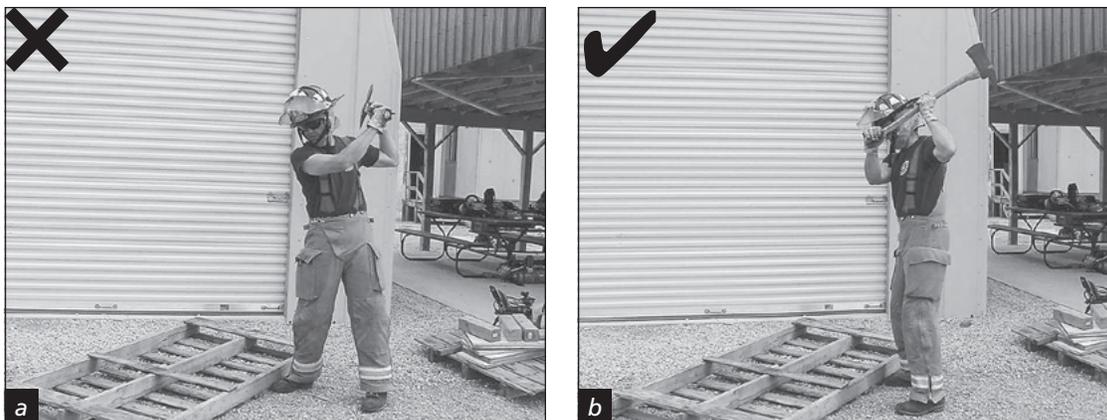
Hipotezy mechanizmu wzmoczonej tłoczni brzusznej, pracy powięzi piersiowo-lędźwiowej, czy też zjawiska wzmocnienia hydraulicznego zostały wysunięte w celu wyjaśnienia paradoksu, o którym wspomniano na początku podrozdziału. Mimo tego, iż zarówno wzmoczona tłocznia brzuszna oraz powięź piersiowo-lędźwiowa zdają się odgrywać pewną rolę w czasie podnoszenia przedmiotów, to żaden z przytoczonych mechanizmów nie w pełni wyjaśnia wysoką wytrzymałość kręgosłupa na bardzo duże obciążenia. Niezależnie od tego, czy owe mechanizmy rozpatrywano oddzielnie, czy też jednocześnie, nie pozwalają one wyjaśnić tej nieścisłości. Prawdziwy problem tkwi jednak w wykorzystywanych przed trzydziestoma i czterdziestoma laty modelach kręgosłupa. Modele te nie dawały możliwości głębszej analizy złożoności mechaniki. Uzyskane wyniki z początkowych badań zupełnie nie odwzorowywały rzeczywistego zachowania się tkanek kręgosłupa. W czasie tych badań wykorzystywano stare fragmenty ludzkich kręgosłupów, które pod wpływem badanego nacisku ulegały uszkodzeniom w dużo krótszym czasie, niż ma to miejsce w rzeczywistości. Uzyskane wnioski z tamtych badań zostały utrwalone i funkcjonują aż do dziś.

INNE ISTOTNE ASPEKTY PRAWIDŁOWEJ MECHANIKI KRĘGOSŁUPA

Wpływ na funkcjonowanie i tworzenie podstaw strategii działań, mających zapobiegać powstawaniu urazów oraz umożliwiać prowadzenie właściwej rehabilitacji, mają także inne aspekty związane z mechaniką kręgosłupa. Najważniejsze z nich przedstawiliśmy w niniejszej części książki.

Biomechanika zmian kręgosłupa na przestrzeni doby

Większość z nas znalazła się w sytuacji, kiedy zdejmowanie skarpet pod koniec dnia było nieporównywalnie łatwiejsze od zakładania ich następnego ranka. Wielokrotnie prowadzono badania nad zmianą długości i ruchomości kręgosłupa w ciągu dnia (ze względu na pozycję leżącą w ciągu nocy, rano kręgosłup jest nieco dłuższy). Reilly, Tynell i Troup (1984) dokonali dokładnych pomiarów tych zmian, porównując długość kręgosłupa rano oraz po całym dniu spędzonym w pozycji siedzącej. Według tych badań długość kręgosłupa w ciągu dnia zmienia się o 19mm. Wspomniani autorzy zaobserwowali również, że 54%



Ryc. 7.21 (a) Rotacja tułowia występuje w tym samym czasie, kiedy wymagany jest moment obrotowy do rotacji, co jest niebezpiecznym połączeniem. (b) Generowanie skręcającego momentu obrotowego bez nadmiernej rotacji tułowia.

naczyń krwionośnych). Wiedząc o tym wszystkim, a jednocześnie nie w pełni rozumiejąc mechanizmy powstawania zwiększonego IAP, możemy uznać, że w niektórych sytuacjach jest ono korzystne i uzasadnione, jednak musimy pamiętać, że może ono prowadzić do negatywnych skutków ubocznych. Wobec powyższego, nie powinno się wykonywać bardzo dużych wysiłków fizycznych wymagających świadomego zwiększania IAP. Sytuacje te są opisane w dalszej części książki.

Czy ruchy skrętne oraz rotowanie podczas podnoszenia są szczególnie niebezpieczne?

Chociaż kilku badaczy identyfikowało skręcanie tułowia jako czynnik zwiększający ryzyko występowania bólu pleców związanego z pracą zawodową (Frymoyer i wsp., 1983; Troup i wsp., 1981), to mechanizm ten wymaga wyjaśnień. W literaturze często mylono kinematyczną czynność rotowania ze zmiennymi kinetycznymi wywołującymi moment skręcający. Moment skręcający w tułowiu może wystąpić bez względu na to, czy kręgosłup jest skręcony, czy nie.

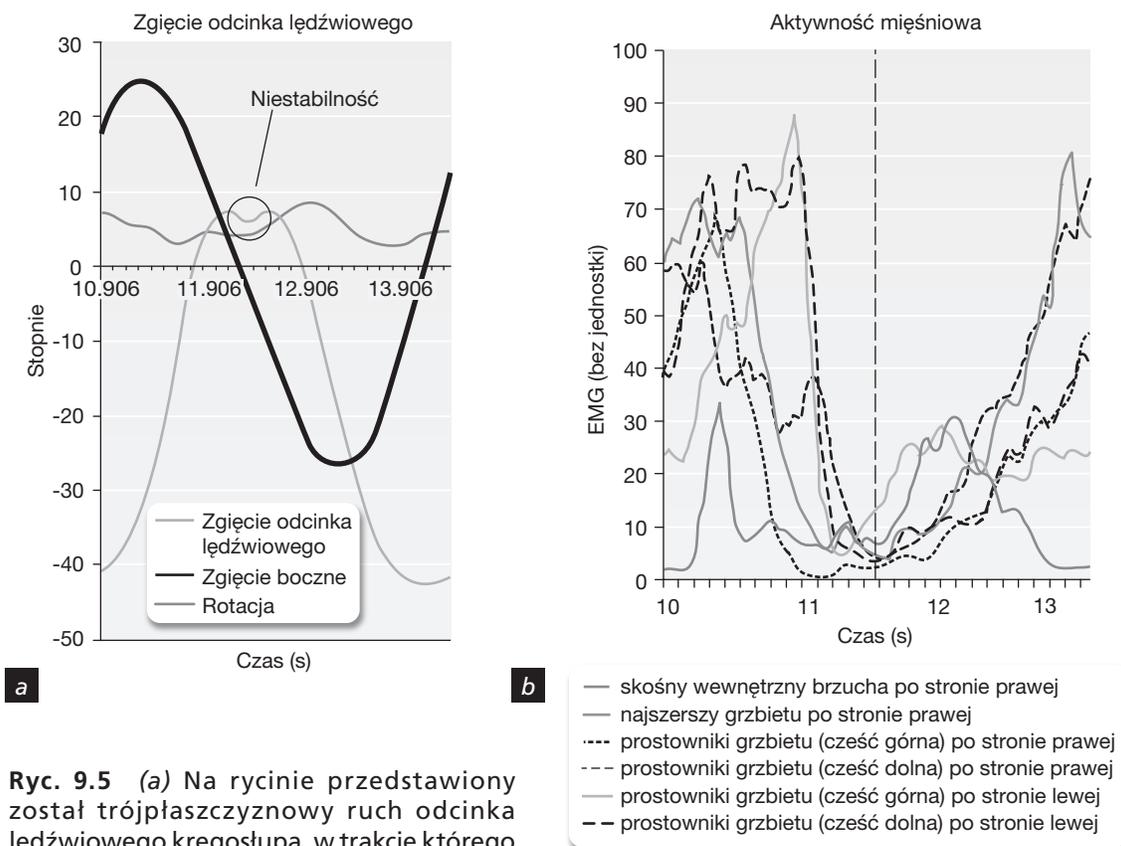
Ogólnie rzecz ujmując, rotacja w umiarkowanym zakresie ruchu, bez wystąpienia dużego momentu skręcającego, nie jest niebezpieczna. Niektórzy badacze sugerowali, że w oparciu o zasadę inercji, szybka rotacja wymuszała niebezpieczne osiowe momenty obrotowe (na końcu zakresu ruchu), przed jej wyhamowaniem w osi tułowia. Farfan i koledzy (1970) zasugerowali, iż ruchy skrętne w obrębie dysku są przyczyną uszkodzenia włókien kolagenowych w pierścieniu włóknistym, prowadząc do jego przerwania. Wskazali również, że odkształcenia w budowie łuków kręgów umożliwiają zachodzenie szkodliwych rotacji. Shirazi-Adl, Ahmed i wsp., (1986) przeprowadzili bardziej szczegółową analizę zachowania się pierścienia włóknistego podczas rotacji. Opowiadali się za twierdzeniem Farfana, iż ruchy rotacyjne rzeczywiście mogą uszkodzić pierścień włóknisty na końcu zakresu ruchu, ale również zaobserwowali, że nie jest to jedyny mechanizm powstawania uszkodzeń w obrębie pierścienia włóknistego. Z kolei inne badania (wykonywane w warunkach *in vivo*) sugerowały, że skręty nie są niebezpieczne dla dysku, ponieważ powierzchnie stawowe w zbliżeniu tworzą mechaniczne ograniczenie dla rotacji, znacznie przed osiągnięciem granicy elastyczności dysku; dlatego to powierzchnie stawowe są pierwszymi strukturami, które znoszą skrętne uszkodzenia (Adams i Hutton, 1981). W badaniach nad udziałem więzadeł podczas skręcania, Ueno i Liu (1987) wywnioskowali, iż w czasie pełnej rotacji więzadła znajdowały się jedynie w nieznacznym napięciu. Jednakże, analiza stawu L4-L5 przez McGill i Hoodless (1990) wskazała, że więzadła tylne mogą ulec naprężeniu, jeśli rotacja będzie wykonywana w pozycji pełnego zgięcia kręgosłupa.

Generowanie momentu obrotowego to inna kwestia (zob. ryc. 7.21, a i b). Ponieważ żaden z mięśni nie posiada głównego wektora kierunkowego, aby stworzyć moment obrotowy, wszystkie mięśnie są

górną część swojego tułowia. Jak tylko spróbował się wyprostować, usłyszałem zgrzyt i strzał dochodzący z jego odcinka lędźwiowego. W związku z towarzyszącym temu bólem, pacjent zareagował głośnym krzykiem. Najwidoczniej miał on dużą niestabilność, która spowodowała uwięźnięcie jednego z korzeni nerwowych kręgosłupa lędźwiowego (zobacz Ryciny 9.5 i 9.6). Patrząc na sposób jego poruszania się i dane z elektromiografii (EMG) dostrzegłem, że jego kręgosłup stawał się niestabilny w momencie, gdy się prostował. Było to związane z tym, że część mięśni po prostu przestawała działać. Nerwy pacjenta były bardzo wrażliwe, co było powodem jego, wydawałoby się, dziwnego zachowania (dla innych, nie dla nas). Przedstawiliśmy mu kilka strategii napinania mięśni, które w około 4 dni pozwoliły wyeliminować ten słyszalny chrobot w stawie. Co więcej, w związku z bardzo szybkim postępem terapii, pacjent już po okresie 3 miesięcy był wolny od bólu. To dzięki wspomnianej strategii napinania mięśni możliwe było pozbycie się codziennego drażnienia wrażliwych na bodźce tkanek. Ta sama metoda pozwoliła również w dalszym okresie na ich odwrażliwienie. To samo postępowanie przeprowadzaliśmy już nieraz u pacjentów, którzy nie odpowiadali na inne rodzaje terapii – strategia napinania odpowiednich mięśni może przynieść bardzo dobre rezultaty u osób z niestabilnością stawów. Wiele razy mieliśmy styczność z pacjentami, którzy byli bardzo wyniszczeni przez ból, a ciągle powtarzano im, że problem tkwi wyłącznie w ich głowach. Jest to bardzo szokujący fakt.

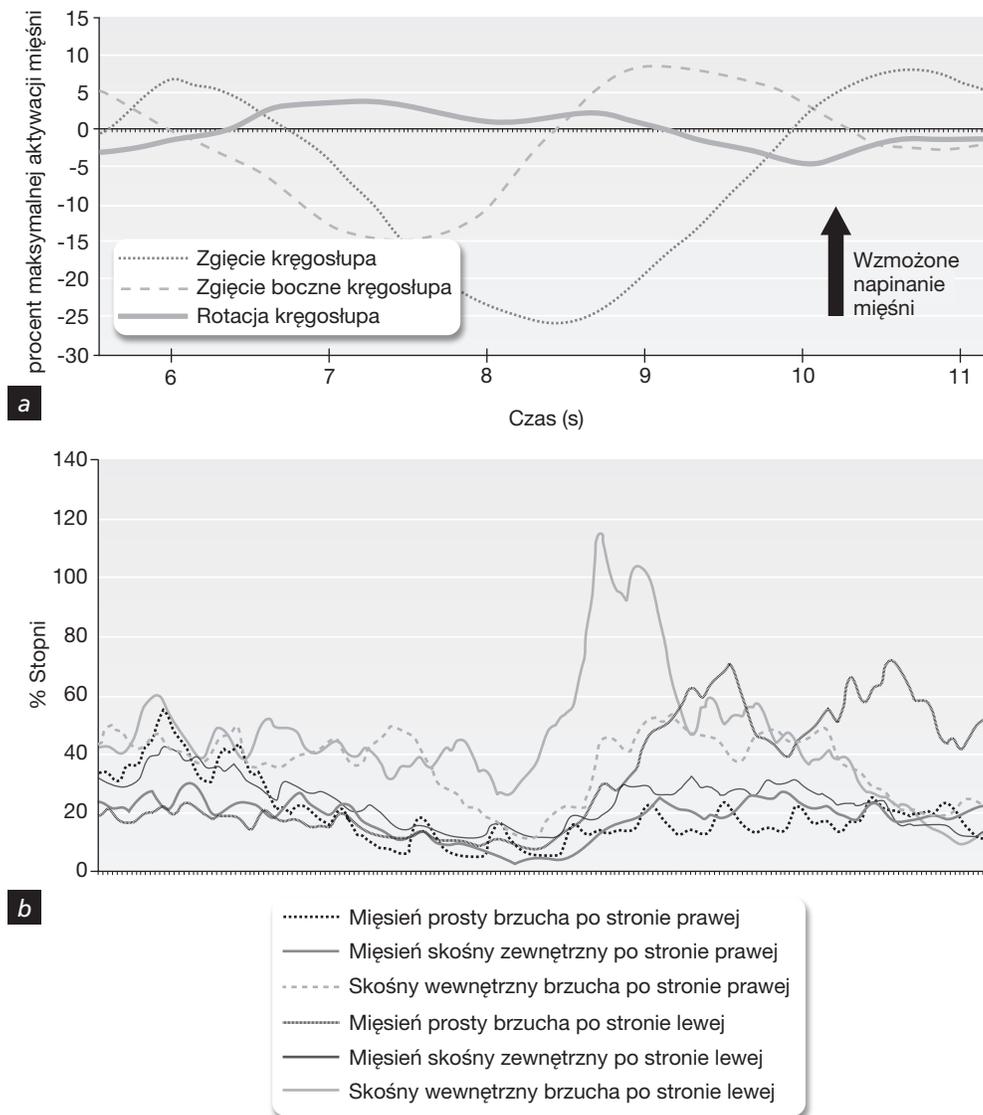
Badanie pacjenta pod kątem występowania niefizjologicznych wzorców motorycznych w warunkach utrudnionego oddychania

Ocenianie pacjenta pod kątem występowania niefizjologicznych wzorców motorycznych w warunkach utrudnionego oddychania jest raczej wyszukany testem. Tak czy inaczej, jest to prawdopodobnie jedyny



Ryc. 9.5 (a) Na rycinie przedstawiony został trójplaszczynowy ruch odcinka lędźwiowego kręgosłupa, w trakcie którego doszło do wystąpienia objawu niestabilności.

Zjawisko to miało miejsce, gdy pacjent próbował powrócić do pozycji wyprostowanej. (b) Obserwując zapis EMG zauważono, że niestabilność wystąpiła w momencie minimalnego poziomu aktywności mięśniowej (oraz sztywności i stabilności kręgosłupa).

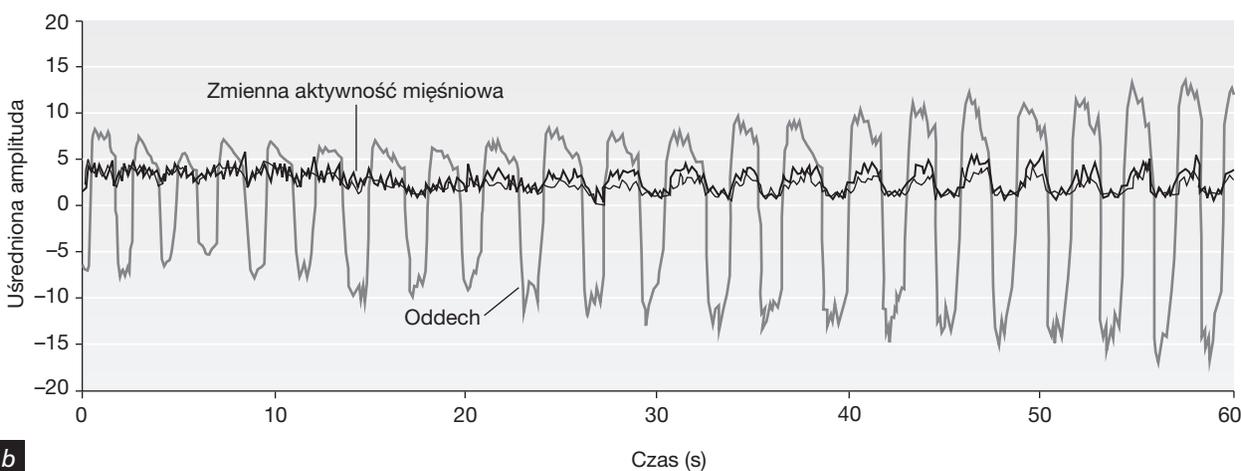
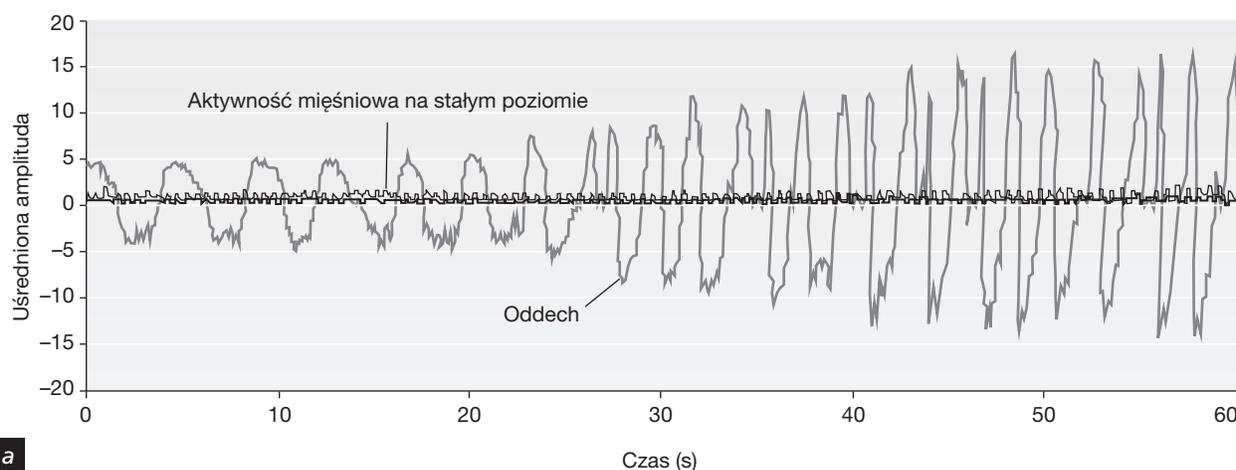


Ryc. 9.6 Pacjent, którego wyniki prezentujemy na rycinie 9.5, został ponownie zbadany 3 miesiące później. Na poczet badań przeprowadzono te same czynności ruchowe co poprzednio. Tym razem jednak nie odnotowano trzasku (a), gdyż pacjent nauczył się odpowiednio napinać mięśnie (b). Strategia ta pozwoliła w wystarczający sposób usztywnić kręgosłup, aby zaistniała możliwość pozbycia się potencjalnej niestabilności.

sposób na ocenę umiejętności danego pacjenta do utrzymania stabilnej pozycji kręgosłupa w trakcie wykonywania czynności, które wymagają zwiększonego nakładu pracy. Kandydatami do takiego testu są sportowcy i pracownicy fizyczni, tacy jak robotnicy budowlani lub magazynierzy. Związek między oddychaniem a stabilnością kręgosłupa omówiliśmy w Rozdziale 8. Warunki, w których oddychanie jest utrudnione, wymagają znacznego zaangażowania do pracy mięśni brzucha. W trakcie wykonywania ćwiczeń, będących częścią testu, jesteśmy w stanie unikać zbyt mocnego przewentylowania płuc. Udaje nam się to dzięki temu, że obserwujemy pracę mięśni pod kontrolą EMG, a ewentualne zmęczenie mięśni zmienia obraz tego badania. (Pamiętaj, że omawiane kwestie zostały zmienione jedynie na potrzeby testu; celowo zwiększyliśmy natężenie ćwiczeń z Rozdziału 5).

Test w warunkach utrudnionego oddychania

W teście tym pacjent wdycha mieszkankę gazową, która zawiera 10% CO₂. Takie stężenie dwutlenku węgla pozwala w krótkim czasie znacznie zwiększyć wentylację płuc (potrzebnych jest tylko kilka wdechów). Z kolei O₂ jest dostosowane do takiego poziomu, by nie doszło do wystąpienia lekkiego bólu głowy, który zazwyczaj towarzyszy hiperwentylacji. Następnie pacjenta ustawia się w pozycji półprzysiadu. Pozycja ta powinna być dostosowana w taki sposób, aby kąt między tułowiem a udami wynosił około 30 stopni. Na ręce zaś kładzie się mu obciążenie, które dla przeciętnego mężczyzny powinno wynosić mniej więcej 15 kg (33lb). Test ten pozwala wyłonić pacjentów, którzy mają nieprawidłowe wzorce motoryczne związane z aktywnością mięśni brzucha w warunkach utrudnionego oddychania, co z kolei zaburza stabilność kręgosłupa lędźwiowego.



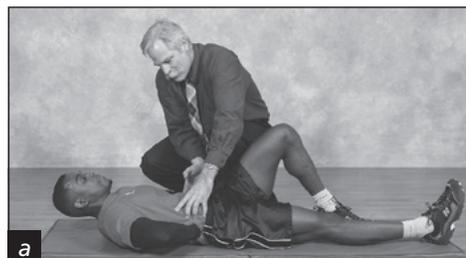
Ryc. 9.7 O dobrych wzorcach stabilizacji kręgosłupa w trakcie przeprowadzania testu utrudnionego oddychania mówimy wtedy, gdy odnotować można stałe napięcie mięśni, zapewniające kręgosłupowi stabilność. Powyżej przedstawiono zarówno (a) wzorce charakteryzujące się stałą aktywnością mięśni i gwarantujące kręgosłupowi stabilność, jak również (b) wzorce, w których jest zmienna aktywność mięśniowa, powodująca jego niestabilność.

Zaawansowane ćwiczenia dla kręgosłupa

Zanim pacjent przejdzie do wykonywania podstawowych ćwiczeń (półbrzuski, podpór bokiem na przedramieniu, jaskółka w kłku podpartym) w wersji zaawansowanej (trudniejszej), należy upewnić się, że wykonuje je prawidłowo.

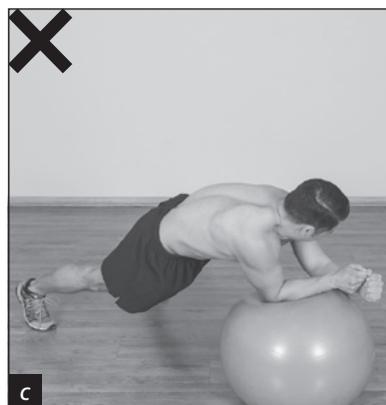
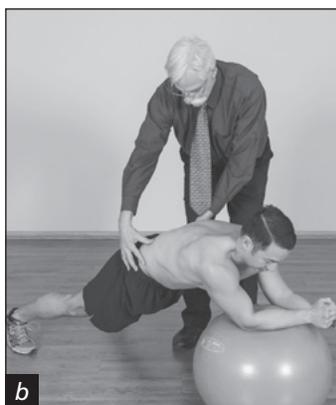
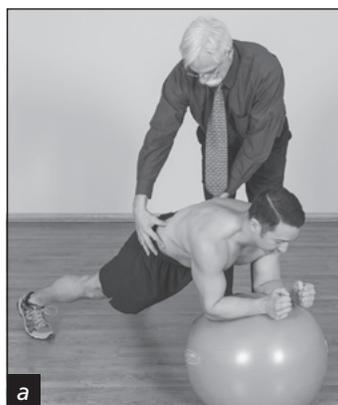
ĆWICZENIE TYPU PÓŁBRZUSZEK – WERSJA ZAAWANSOWANA

1. Pacjent napina brzuch (jeśli to konieczne, poinstruuuj go jak należy to zrobić).
2. Pacjent wykonuje półbrzuszek, utrzymując jednocześnie napięty brzuch. Napięcie nie powinno być nadmierne (nie większe niż w podstawowej wersji ćwiczenia).
3. W tej pozycji (utrzymując napięty brzuch) pacjent powinien wykonać kilka wdechów i wydechów (a). (Ten poziom ćwiczenia stanowi wyzwanie dla twardych i nieustępliwych zawodników futbolu amerykańskiego!).
4. Brzuch jest napięty. Teraz możemy do tej pozycji dołożyć plajometrię w postaci krótkich i szybkich ruchów zgięcia stawu ramiennego i biodrowego (b-c). Ruchy muszą zachodzić jedynie w stawach ramiennych i biodrowych, a nie mogą angażować tułowia.



ĆWICZENIE TYPU PODPÓR BOKIEM – WERSJA ZAAWANSOWANA; MIESZADEŁKO (DESKA NA PIŁCE, ang. *stir the pot*); ŚCIĄGANIE LINKO-BLOCZKA SPONAD GŁOWY

Ćwiczenie podpór bokiem można utrudnić w sposób opisany w rozdziale 10., czyli poprzez dodanie ruchu rotacji tułowia, a jednocześnie dodatkowo wykonywać napięcie i rozluźnienie mięśni brzucha, cały czas utrzymując pozycję ćwiczeniową.



Mieszadełko (deska na piłce, (ang. *stir the pot*) stanowi bardzo zaawansowane ćwiczenie dla osób, które chcą pracować nad wytrzymałością. Na rycinie pokazano prawidłowy (a, b) i nieprawidłowy (c) sposób wykonania tego ćwiczenia (ruch powinien być wykonywany poprzez stawy ramienne, a nie powinien przenosić się na tułów).