

Kontrola posturalna jako pochodna funkcji ręki

Postural control as a derivative of the hand function

Główna trudność sterowania ruchami jest rozpatrywana jako konieczność wyłączenia/redukcji nadmiernych stopni swobody jednych połączeń stawowych w celu podwyższenia kontroli mobilności pozostałych. Ciało ludzkie posiada 240 kinematycznych stopni swobody, 72 przypadają na kończyny górne, a po 25 na każdą z rąk. Oprócz tego sprężystość mięśni agonistycznych i antagonistycznych wprowadza do układu dodatkowe tzw. dynamiczne stopnie swobody, czyniąc z ręki jeden z najdoskonalszych fragmentów układu kostno-stawowo-mięśniowego [2].



DR N. MED. EWA GÓRNA
Specjalista fizjoterapii – Uniwersytet Medyczny w Łodzi,
ProFizjo Warszawa, IPNFA Advanced Instructor

DR N. MED. MAREK WIECHEĆ
Specjalista fizjoterapii – Centrum Rehabilitacji „Markmed”,
Ostrowiec Świętokrzyski

PROF. NADZW. DR HAB. N. MED. JAN W. RACZKOWSKI
Uniwersytet Medyczny w Łodzi

SŁOWA KLUCZOWE

- ◆ funkcje ręki
- ◆ kontrola posturalna
- ◆ fazy kontroli motorycznej
- ◆ propriocepcja

KEYWORDS

- ◆ hand functions
- ◆ postural control
- ◆ phases of motor control
- ◆ proprioception

Osobowość i charakter człowieka oraz specyfika jego działalności uzewnętrzniają się w wyglądzie i zręczności jego rąk. Ręka ludzka ma złożoną budowę anatomiczną, jest wyposażona w szereg wyspecjalizowanych receptorów o dużej wrażliwości, posiada także rozległą sensomotoryczną reprezentację korową. Często jest porównywana do precyzyjnej maszyny o wysokim stopniu wyspecjalizowania i doskonałości, dokładnie uporządkowanej w jednostce ważącej mniej niż 50 dag. Wykorzystując to jedyne w swoim rodzaju narzędzie, człowiek realizuje zamysły mózgu w szerokim spektrum czynnościowym [1].

Sir Charles Bell, XIX-wieczny anatom, fizjolog i neurolog, pisał: „To dzięki ręce robotnik zarabia na życie, rodzice pieszczą swoje dzieci, muzyk gra sonaty, ociemniały czyta, a głuchoniemy mówi”.

Wśród 240 kinematycznych stopni swobody charakteryzujących ciało człowieka aż 72 przypadają na kończyny górne, a po 25 na każdą z rąk. Oprócz tego sprężystość mięśni agonistycznych i antagonistycznych wprowadza do układu dodatkowe tzw. dynamiczne stopnie swobody, czyniąc z ręki jeden z najdoskonalszych fragmentów układu kostno-stawowo-mięśniowego [2].

Jako wszechstronne narzędzie chwytne ręka umożliwia wykonywanie czynności siłowych i transportowych, stanowi organ precyzyjnej i wielopłaszczyznowej manipulacji, realizuje zadania komunikacyjne w obszarze gestykulacji i komunikacji nonwerbalnej, percepcyjno-poznawcze oraz interakcyjno-społeczne, jest również źródłem ekspresji i artyzmu człowieka.

Zgodnie z teorią budowy ruchów N.A. Bernsteina skuteczność motoryczna jest ściśle związana z propriocepcją (*feedforward system*) oraz możliwością uzyskania za jej pomocą informacji o wyniku ruchu (*feedback system*). Jednak przy tak dużej liczbie stopni swobody niezbędne staje się zestrojenie [koordynacja] ruchów poszczególnych segmentów, by wykreować aktywność harmonijną przestrzennie, estetyczną i efektywną czynnościowo oraz o prawidłowym timingu [zgodność czasowa poszczególnych sekwencji zadania motorycznego, gwarantująca ekonomię ruchu] [3].

Główna trudność sterowania ruchami jest rozpatrywana jako konieczność zamrożenia [redukcji] nadmiernych stopni swobody jednych połączeń stawowych w celu podwyższenia kontroli mobilności w pozostałych.

Traktując o tym fazy kontroli motorycznej – uniwersalne narzędzie diagnostyczno-terapeutyczne stosowane w koncepcji PNF [*proprioceptive neuromuscular facilitation*]. Swoją strukturą odzwierciedlają one progresję rozwojową człowieka ukierunkowaną na automatyzację ruchów dowolnych z zachowaniem strategii posturalnych i równoważnych. Pozwalają na podstawie prawidłowości rozwoju ontogenetycznego ustalić aktualne stadium kontroli sensomotorycznej pacjenta oraz dostosować optymalne procedury terapeutyczne [4].

Wyróżnia się cztery fazy kontroli motorycznej:

- ◆ mobilność – rozumiana jako zdolność jednosekwnicyjnego osiągnięcia nowej pozycji wyjściowej bądź możliwość uzyskania korekcji postawy ciała wymagającej odpowiedniej ruchomości stawowej oraz aktywności mięśniowej w skurczu koncentrycznym;
- ◆ stabilność – zdolność utrzymania skorygowanej postawy ciała, opartej na izometrycznej aktywności mięśniowej przeciwstawnych lokalizacyjnie zespołów synergistycznych;
- ◆ mobilność na stabilności, określana również jako koordynacja – rozpatrywana jako jednoczesna zdolność kontroli elementu statycznego (postawy ciała) za pomocą izometrycznej lub aukso-tonicznej pracy mięśniowej oraz elementu mobilnego, stanowiącego dźwignię zawieszoną na części stabilnej. Powstała w ten sposób wielozadaniowość wymusza na układzie rozdzielną sterowania kontrolą – kognitywnie monitorowana jest składowa mobilna, natomiast podkorowo (automatycznie) – składowa statyczna;
- ◆ zręczność – rozpatrywana wieloprofilowo jako czynności realizowane z nieprzewidywalnym wpływem środowiskowym (chwieżna płaszczyzna podparcia, czynnik czasowy, przybory i przyrządy), przekierowaniem sterowania korowego na inne zadania, np. liczenie, literowanie, sekwencyjne uzyskanie trudniejszej rozwojowo pozycji wyjściowej, przemieszczanie się względem podłoża w dowolnej pozycji wyjściowej interpretowane jako szeroko rozumiana lokomocja.

Wśród 240 kinematycznych stopni swobody charakteryzujących ciało człowieka aż 72 przypadają na kończyny górne, a po 25 na każdą z rąk. Oprócz tego sprężystość mięśni agonistycznych i antagonistycznych wprowadza do układu dodatkowe tzw. dynamiczne stopnie swobody, czyniąc z ręki jeden z najdoskonalszych fragmentów układu kostno-mięśniowego.

Pacjent poddawany stymulacji z wykorzystaniem zasad głównych i technik koncepcji PNF uczy się osiągać nową pozycję wyjściową lub korygować dotychczasową (mobilność), buduje w niej kontrolę stabilizacyjną (stabilność), wykonuje ruchy dowolne, nie tracąc korekcji (koordynacja), może kontynuować zadanie pomimo zmieniających się warunków zewnętrznych (zręczność), np. limitu przestrzennego bądź czasowego [5].

Opis przypadku

Do gabinetu zgłosił się pacjent w wieku 44 lat, dwa miesiące po przebytych rozległym urazie mechanicznym ręki lewej oraz licznych uszkodzeniach w obrębie przedramienia i ramienia. Mężczyzna był leczony operacyjnie w trzeciej dobie po wypadku.

W trakcie zabiegu wykonano:

- ◆ zespolenie wewnętrzne płytą kości promieniowej, łokciowej, ramiennej oraz kciuka za pomocą drutów,
- ◆ rekonstrukcję tkanek miękkich (nerw promieniowy, mięśnie przedramienia i łokcia kciuka) i łożyska naczyniowego,
- ◆ przeszczep skóry w okolicy mięśni zginaczy na wewnętrznej powierzchni przedramienia.

Ze względu na typ obrażeń – rany szarpane i zmiążdżenia – rokowania nie były pomyślne. Pacjent zgłaszał silne dolegliwości bólowe w obrębie całej kończyny, przeculicę w okolicy przedramienia i stawu

promieniowo-nadgarstkowego, brak czucia i intensywny obrzęk w obrębie grzbietowej powierzchni ręki i palców, rozległe, nieelastyczne blizny, suchość oraz ciemnoczerwoną barwę skóry [8, 10, 11, 13].

Oględziny i badanie fizykalne

Zarówno w pozycji siedzącej, jak i w pozycji stojącej zwracała uwagę asymetria postawy ciała pacjenta – hipertoniczny mięsień mostkowo-obończykowo-sutkowy, obniżenie linii barku i skrócenie boczne tułowia po stronie lewej, protrakcja lewego stawu ramennego, znacznego stopnia atrofia mięśni kończyny górnej wzmagająca się w kierunku dystalnym. Pacjent korzystał z dynamicznej ortezy ręki i przedramienia, wykonanej w pracowni prof. M. Pieńiążka. Orteza ta miała przeciwdziałać tworzeniu się ograniczeń ruchomości stawowej. Pacjent stosował ją przez całą dobę z wyłączeniem czynności higienicznych i fizjoterapii.

Ocena możliwości ruchowych pacjenta dotyczyła wyłącznie ruchów czynnych ze względu na niepełny zrost kostny i brak mineralizacji w obrębie ramienia i przedramienia oraz całkowity brak zrostu w okolicy kciuka.

W badaniu fizjoterapeutycznym stwierdzono:

- ◆ ograniczenia ruchomości czynnej kompleksu stawu ramennego w zgięciu do 90°, odwiedzeniu do 30°, zaburzenie rytmu łopatkowo-ramiennego,
- ◆ zakres czynnego zgięcia w stawie łokciowym – 40°, brak ruchów pronacji i supinacji przedramienia,
- ◆ brak ruchomości w stawie promieniowo-nadgarstkowym, niemożność oceny siły mięśniowej,
- ◆ śladowe ruchy czynne w stawach międzypalczkowych palców II–IV, brak ruchomości kciuka i stawów śródrečno-palcowych.

Jako główny problem funkcjonalny pacjent wskazał całkowite upośledzenie czynności ręki lewej, obrzęk i ból powodujące niesamodzielność w podstawowych czynnościach samoobsługowych, a także ograniczenie ruchomości stawowej, atrofię i znaczny ubytek siły mięśniowej, brak czucia powierzchownego i głębokiego, dyskomfort krążeniowo-termiczny. Z punktu widzenia fizjoterapeuty hierarchia problemów terapeutycznych pacjenta przedstawiała się następująco:

- ◆ ból,
- ◆ deficyt czuciowy,
- ◆ zaburzenie symetrii ciała [odchylenie linii pośrodkowej] i kontroli posturalnej,
- ◆ atrofia mięśni barku, brak inervacji mięśni przedramienia i ręki,
- ◆ niemożność stymulacji bezpośredniej [rozległe rany powierzchniowe, brak zrostu kostnego, skutki zaburzeń krążenia, suchość i brak elastyczności przeszczepionych fragmentów skóry skutkujące dużą podatnością na zranienie].

Ocena stanu funkcjonalnego pacjenta, analizowana na płaszczyźnie struktur i funkcji ciała, aktywności i partycypacji [ICF], wyłoniła trzy kluczowe cele terapii:

- ◆ reedukację posturalną [trening taśm mięśniowych tułowia, trening stabilizacyjny obręczy barkowej, repozycję klatki piersiowej],
- ◆ torowanie aktywności ręki lewej [praca pośrednia z wykorzystaniem zjawiska iradiacji, w systemie łańcuchów zamkniętych, odtworzenie czynnościowej liniowości w stawie promieniowo-nadgarstkowym],
- ◆ uwzględnienie faz kontroli motorycznej w budowaniu motoryki ręki.

Wczesna faza usprawniania

Pacjent nie tolerował żadnych bodźców zewnętrznych w obrębie poszkodowanej ręki i przedramienia, nie odczuwał prób samodzielnego aktywowania mięśni w tym obszarze, przeszczepione fragmenty skóry traktował jak obcą tkankę i nie utożsamiał się z nią [12]. Wszystko to uniemożliwiało zastosowanie jakichkolwiek bezpośrednich oddziaływań na kończynę operowaną. Metodą z wyboru stała się koncepcja PNF, wykorzystująca w procesie usprawniania zjawisko iradiacji polegające na rozprzestrzenianiu się pobudzenia nerwowo-mięśniowego ku poszkodowanym obszarom ciała pacjenta w wyniku bodźcowania sfer silnych i niebolesnych. Ma ono na celu uzyskanie synergistycznej aktywności w obrębie dysfunkcyjnej, a nawet unieruchomionej ręki, często w systemie zamkniętych łańcuchów kinematycznych, i nazywane jest terapią pośrednią [6].

Wśród zalet oddziaływań z wykorzystaniem iradiacji wskazuje się:

- ◆ wysoki poziom bezpieczeństwa i komfort psychiczny pacjenta,
- ◆ możliwość zachowania wymaganego poziomu intensywności oddziaływań,
- ◆ torowanie reinerwacji obszaru poddawanego stymulacji,
- ◆ zapobieganie skutkom bezpośredniego zmęczenia.

Do terapii wykorzystywano pozycję siedzącą, leżenie tyłem i bokiem oraz pozycję stojącą.

Irradiację czerpano z kończyn dolnych, miednicy, tułowia oraz z prawej kończyny górnej. Zastosowano techniki stabilizacyjne, kombinację skurczów izotonicznych i dynamiczną zwrotność ciągłą, a także stymulację oddychania.

Efektom prowadzonych oddziaływań usprawniających było uzyskanie:

- ◆ pełnej, bezbolesnej czynnej ruchomości w obrębie stawów ramiennego i łokciowego w zakresie zgięcia, wyprostu i supinacji. Pronacja możliwa była w zakresie 60°, w końcowym zakresie ruchomości pacjent zgłaszał sztywne ograniczenie, spowodowane prawdopodobnie wewnętrznym materiałem zespoleniowym;
- ◆ w obrębie stawu promieniowo-nadgarstkowego uzyskano bezbolesne, bierne zgięcie dłoniowe w zakresie 70°, czynne – 50°, z siłą mięśniową 3 w teście Lovetta. Ruch bierny zgięcia grzbietowego osiągnął 20°, czynnie pacjent potrafił wrócić ze zgięcia dłoniowego do pozycji pośredniej z siłą mięśniową 2. Uzyskano również śladowy ruch czynny odwiedzenia w kierunku dołokciowym i dopromieniowym;
- ◆ aktywność palców wypracowano w pełnym fizjologicznym zakresie z siłą uścisku 4/5 w skali Lovetta, w stawach śródręczno-palcowych pacjent uzyskał 60° ruchomości oraz siłę mięśniową 3/4;
- ◆ pomimo braku pełnego zrostu kostnego i utrzymujących się deficytów w zakresie ruchomości kciuka pacjent uzyskał ruch opozycji z możliwością chwytu pęsetowego, co wydajnie podwyższyło jego sprawność w zakresie motoryki małej.

Pacjent wysoko oceniał efekty terapii, wskazując na wyraźną poprawę poziomu jakości życia, wynikającą z bezbolesności, redukcji obrzęku i odzyskania

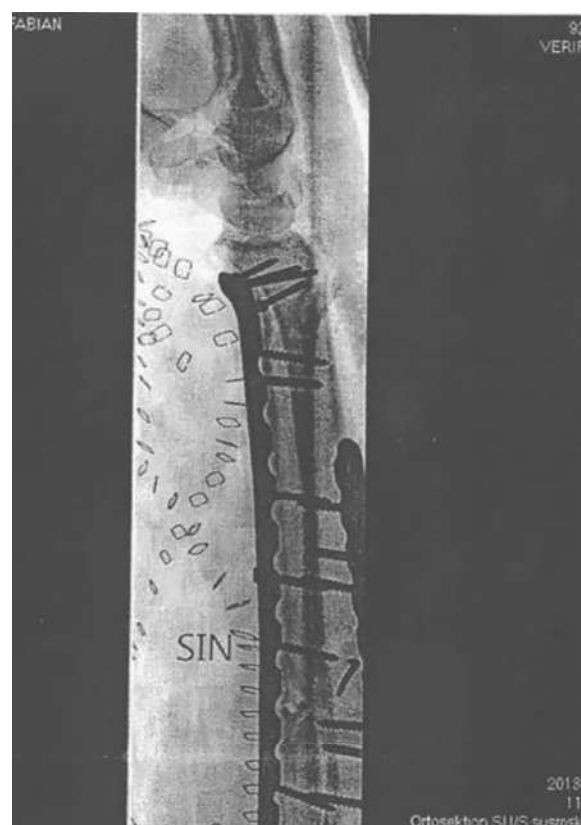
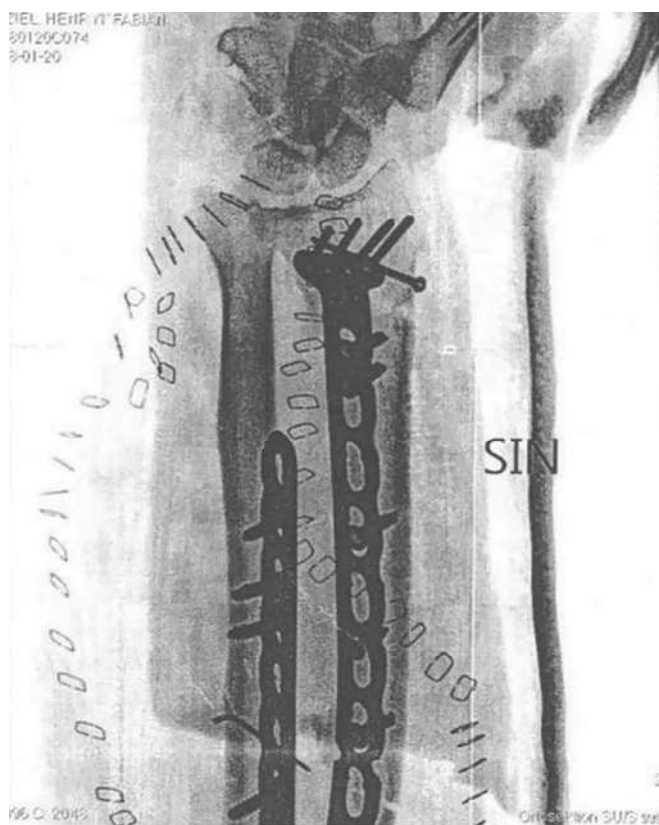
czucia, a w konsekwencji uzyskania samodzielności w codziennych czynnościach higienicznych i prostych zadaniach manualnych wymagających chwytu. Podobne spostrzeżenia potwierdzają dane z piśmiennictwa [8, 9].

Faza czynnościowa usprawniania

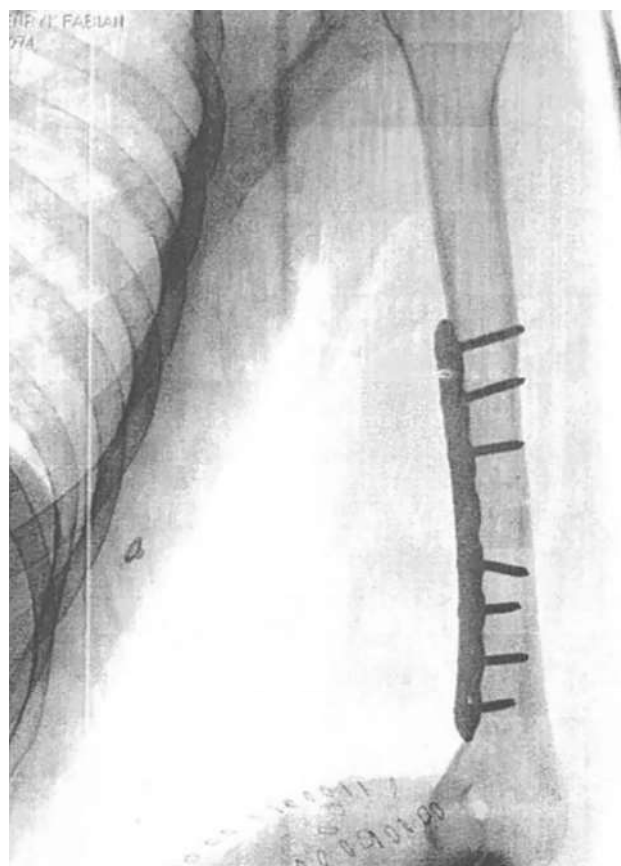
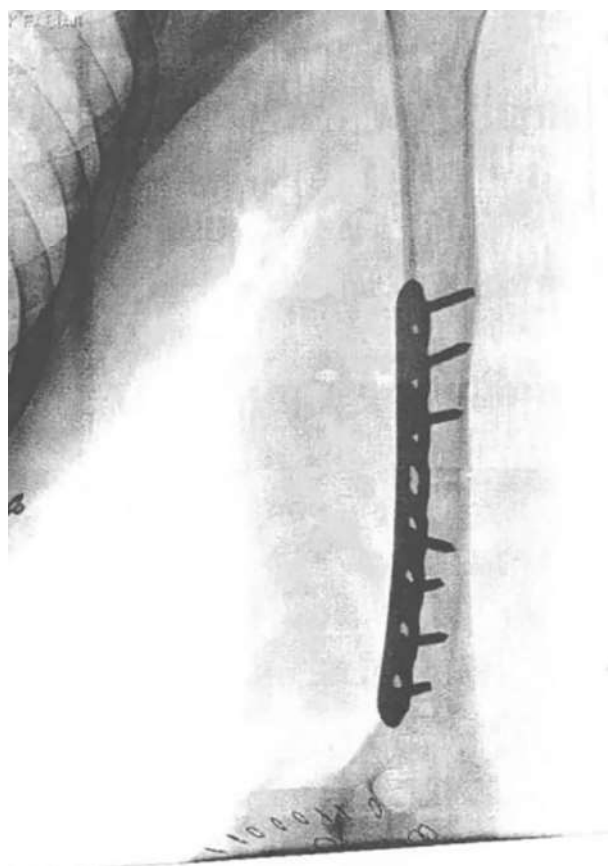
Postępujący zrost kostny, poprawa czynnościowa i krążeniowa oraz stopniowe hartowanie się operowanej kończyny na bodźce zewnętrzne [dotyk, ucisk, bodźce termiczne] umożliwiło rozszerzenie oddziaływań terapeutycznych o zabiegi fizykalne i terapię manualną [14, 15]. Zastosowano:

- ◆ aplikacje kinesiologytaping,
- ◆ mobilizację blizn,
- ◆ światło spolaryzowane,
- ◆ laser czerwony 630 nm na blizny i przeszczep skórny w celu normalizacji i porządkowania włókien kolagenowych w bliznie i przeszczepie,
- ◆ kąpiel wirową,
- ◆ pole magnetyczne,
- ◆ elektrostymulację nerwu promieniowego (pomimo obecności stabilizacji wewnętrznej w postaci płyty), tytanowe implanty stabilizacyjne jako objętne elektrycznie umożliwiły przeprowadzenie zabiegu, mimo iż elektrody układano powierzchniowo,
- ◆ profilaktykę ochrony i regeneracji nerwu promieniowego w postaci rękawicy i rękawa termicznego (utrzymanie stałej temperatury bez przegrzewania oraz ukierunkowanie uwagi pacjenta na rękę),
- ◆ postępowanie przeciwozrękowe – masaż limfatyczny i profilaktyka zastoju limfatycznego (wysokie układanie kończyny, uruchomienie pompy mięśniowej, aplikacje limfatyczne kinesiologytaping).

Kontynuowano kinezyterapię z wykorzystaniem koncepcji PNF, stosując oprócz pracy pośredniej aktywności z progresywnym osiowym obciążeniem oraz techniki: stabilizację zwrotną i rytmiczną stabilizację, kombinację skurczów izotonicznych, odtwarzanie, dynamiczną zwrotność ciągłą. Wykorzystywano następujące zasady główne facylitacji: opór manualny, irradację, zmianę normalnej kolejności ruchu, kontakt wizualny i aproksymację.



Zdj. 1. Zdjęcia rentgenowskie pooperacyjne przedramienia



Zdj. 2. Zdjęcia rentgenowskie pooperacyjne ramienia



Zdj. 3. Postawa ciała pacjenta w projekcji bocznej



Zdj. 4. Postawa ciała pacjenta w projekcji przedniej



Zdj. 5. Orteza ręki i przedramienia



Zdj. 6. Ręka i kciuk wraz z drutami stabilizacyjnymi



Zdj. 7. Stabilizacja zwrotna tułowia w pozycji leżenia bokiem



Zdj. 8. Kombinacja skurczów izotonicznych w pozycji leżenia bokiem



Zdj. 9. Rotacja dla dolnego odcinka tułowia – kombinacja skurczów izotonicznych w kierunku zgięciowym



Zdj. 10. Rotacja dla dolnego odcinka tułowia – kombinacja skurczów izotonicznych w kierunku wyprostnym



Zdj. 11. Mostek – technika stabilizacji zwrotnej, kombinacja skurczów izotonicznych



Zdj. 12. Depresja przednia łopatki – technika kombinacji skurczów izotonicznych



Zdj. 13. Oddychanie mostkowe w pozycji siedzącej



Zdj. 14. Rytmiczna stabilizacja we wzorcach ramienia Z/O/Rz – W/P/Rw w pozycji siedzącej



Zdj. 15. Zmiana normalnej kolejności ruchu – podkreślenie ruchu rotacji zewnętrznej ramienia lewego



Zdj. 16. Aktywności w pozycji podporu na przedramionach



Zdj. 17A–C. Możliwości manipulacyjne ręki w końcowym okresie usprawniania



Zdj. 18. Koordynacja wzrokowo-ruchowa w czynnościach dnia codziennego

Podsumowanie

Ręka człowieka często ulega okaleczeniu w wyniku urazu, zniekształcenia chorobą czy wadą wrodzoną. Ortopedyczne dysfunkcje w jej obrębie z reguły skutkują wtórną sztywnością i ograniczeniem ruchów innych stawów kończyny górnej. Z mechanicznego punktu widzenia oprócz uszkodzeń traumatologicznych w dużej mierze zaburzenia o charakterze niestabilności bądź przeciążenia są obserwowane także w stawach obręczy barkowej, szyi i tułowia. Prawidłowa ruchomość w stawach barkowym i łokciowym wraz z nawracaniem i odwracaniem przedramienia decyduje o optymalnym ustawieniu czynnościowym ręki. Zasadne wydaje się

zatem uwzględnienie w procesie fizjoterapeutycznym specjalistycznych stymulacji ukierunkowanych na stawy ręki i palców, jak również stworzenie optymalnych warunków ich funkcjonowania poprzez re-edukację posturalną pacjenta, trening stabilizacyjny pasa barkowego z uwzględnieniem repozycji klatki piersiowej oraz odtworzenie czynnościowej liniowości w obrębie stawu promieniowo-nadgarstkowego z podkreśleniem charakterystycznego dla ręki wysokiego poziomu percepcyjno-sensorycznego.

PIŚMIENNICTWO

1. American Society for Surgery of the Hand. The Hand – Examination and Diagnosis. PZWL. Warszawa 1986.
2. Petryński W. Zarys teorii budowy ruchów Nikołaja Aleksandrowicza Bernsztejn. Materiały pomocnicze. GWSH. Katowice 2007.
3. Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie – therapierelevante Details. T. 1. Georg Thieme Verlag. Stuttgart 2002.
4. Górna E. Koncepcja Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. [w:] Wielka fizjoterapia. T. 3. Śliwiński Z., Sieroń A. [red.]. Elsevier Urban & Partner. Wrocław 2014.
5. Pruszyńska M., Górna E., Leszczyńska A., Przedborska A. Zastosowanie metod neurofizjologicznych u pacjentów ortopedycznych. Kwartalnik Ortopedyczny 2011; 2.
6. Mańka J., Milewska M. Otwarte i zamknięte łańcuchy kinematyczne. Acta Clinica 2001; 1 (3): 231–237.
7. Doleżał S.A. Zamknięte uszkodzenie aparatu więzadłowego i ścięgien ręki. Kwartalnik Ortopedyczny 2002; 3: 147.
8. Kasashima T., Kato H., Minami A. Treatment of flexor pollicis longus tendon lacerationis. W: 6th Congress of the International Federation of Societies for Surgery of the Hand. Helsinki 1995.
9. Manikowski W., Jaruga M., Dolata M., Ilów M., Koprowska M. Leczenie usprawniające chorych po plastyce ścięgien zginaczy rąk w ich zastarzałych uszkodzeniach. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska 1997; suplement: 181–185.
10. Sikora T., Kozdryk J., Bieniecki M., Lorczyński A., Jabłońska-Brudło J. Retrospektywna analiza wyników leczenia chirurgicznego uszkodzeń ścięgien zginaczy. Ann Acad Med Gedan 2006; 36: 167–173.
11. Chrapusta A. Krakowskie procedury transplantacyjne. Chirurgia Plastyczna i Oparzenia 2015; 3 (2): 39–50.
12. Kowal K. Kryzys tożsamości w doświadczaniu ciała zrekonstruowanego przeszczepem kończyny górnej. Hygeia Public Health 2012; 47 (4): 477–483.
13. Deja W. Wczesne i odległe następstwa obrażeń naczyń obwodowych u chorych po zabiegach rekonstrukcyjnych. Ann Acad Med Gedan 2005; 35: 35–52.
14. Wiecheć M., Bauer A. Przewodnik metodyczny po wybranych zabiegach fizykalnych. Wyd. 2. Markmed Rehabilitacja. Wrocław 2012.
15. Śliwiński Z., Krajczy M. Plastowanie dynamiczne. Markmed Rehabilitacja. Ostrówiec Świętokrzyski 2014.