

# Możliwości poprawy funkcji ruchowych u pacjentów z całkowitym uszkodzeniem rdzenia kręgowego

Possibilities of improvement of motor functions in patients with complete spinal cord injury

Jerzy Edward Kiwerski

*Wyższa Szkoła Rehabilitacji*

## Streszczenie

Możliwości uzyskania istotnej poprawy funkcjonalnej są tym większe, im niższy jest poziom całkowitego uszkodzenia rdzenia kręgowego. Najgorzej rokującym pod tym względem jest wysoki odcinek szyjny – powyżej poziomu C5, gdy dochodzi do uszkodzenia ośrodków rdzeniowych nerwu przeponowego, prowadzącego do niedowładu bądź porażenia przepony. Postęp medycyny, technik ratowania życia wpływa na to, że zwykle osoby takie udaje się utrzymać przy życiu, ale wymagają one stałego wspomaganie oddychania, wentylacji z wykorzystaniem w późniejszym okresie mobilnych respiratorów lub też stymulacji nerwów przeponowych. Kolejnym poziomem uszkodzenia jest segment C5-C6, cechujący się również porażeniem czterokończynowym (tetraplegią), ale z niższego poziomu, z zachowaniem zwykle funkcji odwodzicieli barku oraz zginaczy łokcia, lecz zniesieniem możliwości chwytnej ręki, bez szans na możliwość jakiegokolwiek formy chodzenia. Chorzy z tetraplegią mogą uzyskać możliwość poruszania się na wózku inwalidzkim, ale jest to w znacznej mierze uwarunkowane sprawnością kończyn górnych. Dlatego też należy wykorzystać każdą możliwość przywrócenia czy poprawy funkcji ręki, dążąc do wykształcenia chwytu trikowego, stosując odpowiednie zaopatrzenie ortotyczne, a jeśli są do tego warunki, zastosować rozwiązania operacyjne. W tym celu wykorzystywaliśmy dwa systemy operacyjne: przeszczep nerwu skórno-mięśniowego na nerw pośrodkowy oraz wymuszanie funkcji porażonej ręki poprzez stymulację implantowanych na nerwy elektrod stymulujących.

Gdy brak jest możliwości wykorzystania rąk do napędu wózka, pozostaje możliwość wyposażenia pacjenta w wózek elektryczny. Uszkodzenie na poziomie C7 w większości przypadków pozwala na odzyskanie „grubej” funkcji ręki, opartej w głównej mierze na wykorzystaniu tzw. „trikowego”. Dopiero uszkodzenia poniżej tego poziomu pozwalają na wykształcenie w miarę sprawnej, a niekiedy nawet precyzyjnej czynności ręki. Szanse na uzyskanie funkcjonalnie użytecznego chodu w całkowitych uszkodzeniach rdzenia są tym większe, im niższy jest poziom uszkodzenia układu nerwowego. Zwykle przyjmuje się, że szansę taką mają pacjenci z całkowitym uszkodzeniem rdzenia poniżej poziomu Th8. Warunkiem podjęcia pionizacji czynnej, nauki chodzenia osób z porażeniem kończyn dolnych jest odpowiednie zaopatrzenie ortotyczne pacjenta, które powinno zapewnić mu utrzymanie bezpiecznej pozycji spionizowanej, ułatwić lokomocję. Podstawowym środkiem lokomocji wielu pacjentów pozostaje wózek inwalidzki, który powinien być starannie dobrany indywidualnie do możliwości, potrzeb życiowych i stylu życia pacjenta.

**Słowa kluczowe:** rdzeń kręgowy, kręgosłup, urazy

## Abstract

The lower the level of total damage to the spinal cord, the higher the potential for significant functional improvement. The least promising in this respect is the high cervical segment – above C5 – when the phrenic nerve centers are damaged, leading to paresis or paralysis of the diaphragm. The progress of medicine and

---

Jerzy Edward Kiwerski

---

life-saving techniques has resulted in a situation where such patients are usually able to be kept alive, but they require constant support of breathing or ventilation, and later remain dependant on mobile respirators or stimulation of diaphragmatic nerves.

The next level of damage is the C5-C6 segment, also characterized by quadriplegic (tetraplegia) paralysis, but from a lower level, usually with maintaining the function of shoulder abductors and elbow flexors yet with the abolition of hand grip possibilities, with no chance of any form of walking. Patients with tetraplegia may be able to move in a wheelchair, but this is largely conditioned by the efficiency of the upper limbs. Therefore, any opportunity to restore or improve the hand function should be used, striving to develop a trick grip, using appropriate orthotic equipment, and if the right conditions occur, applying operational solutions. For this purpose, we have used two operating systems: a musculocutaneous nerve transplant for the median nerve and forcing the function of an infected hand by stimulating the stimulated electrodes implanted on the nerves.

If the hands cannot be used to drive the wheelchair, it remains possible to equip the patient with an electric wheelchair. Damage at the C7 level in most cases allows patients to regain hand functions based mainly on the use of so-called „trick grip”. It is only damage below this level that allows the patient to develop a reasonably efficient and sometimes even precise hand activity. The chances of achieving a functionally useful gait in the total core lesions are all the greater, the lower the level of damage to the nervous system. It is usually assumed that patients with a complete core injury below the Th8 level stand this chance. The necessary condition for taking up active positioning and teaching people with paraplegia to walk is the appropriate orthotic supply of the patient, which should ensure that they maintain a safe position and facilitate locomotion. The basic means of locomotion for many patients is the wheelchair, which should be carefully selected to cater for the patient's abilities, needs and lifestyle.

**Key words:** spinal cord, spine, injury

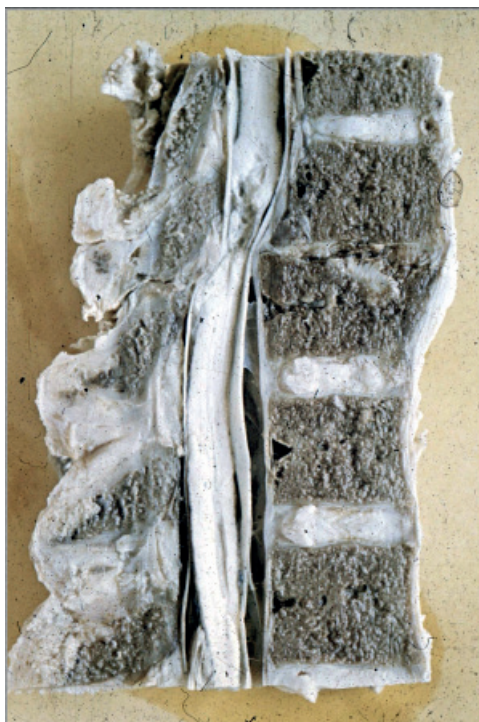
---

Następstwa urazu kręgosłupa są najpoważniejsze, gdy następuje przemieszczenie kręgów lub zmiążdżenie kręgu z wpuhleniem odłamów w stronę rdzenia kręgowego. Światło kanału kręgowego ulega znacznej redukcji, a znajdujący się w nim rdzeń kręgowy uciskowi, zmiążdżeniu, a w krańcowych przypadkach nawet anatomicznemu przerwaniu. Struktura rdzenia w takich przypadkach jest zniszczona (ryc. 1), pozostaje tkanka nerwowa, zmieszana z krwią wynaczynioną z rozerwanych naczyń rdzeniowych (martwica krwotoczna). Zmiany te rozciągają się zwykle na przestrzeni kilku segmentów, zmniejszając się stopniowo ku górze i dołowi. Tak masywne zniszczenie struktury nerwowej wiąże się oczywiście z klinicznym obrazem całkowitego uszkodzenia rdzenia kręgowego, nierokującego poprawy stanu neurologicznego w trakcie leczenia.

Następstwa funkcjonalne takich zmian zależą w głównej mierze od stopnia uszkodzenia rdzenia oraz jego poziomu. W swoich rozważaniach pomijam tu częściowe uszkodzenia rdzenia kręgowego

oraz uszkodzenia korzeniowe – ogona końskiego. Nasilenie i rozległość zaburzeń funkcjonalnych są w tych przypadkach zróżnicowane i znacznie łatwiejsze do zmniejszenia na drodze kompleksowego leczenia usprawniającego, zaopatrzenia ortotycznego, a w niektórych przypadkach leczenia operacyjnego (przeszczepy ścięgien, usuwanie przykurczy, rekonstrukcje stopy). Postępowanie w takich przypadkach opisano w wielu podręcznikach [8, 10, 14]. Możliwości uzyskania istotnej poprawy funkcjonalnej są oczywiście tym większe, im niższy jest poziom całkowitego uszkodzenia rdzenia kręgowego. Dlatego też odniosę je do poszczególnych segmentów rdzenia. Najgorzej rokującym pod tym względem jest wysoki odcinek szyjny – powyżej poziomu C5, gdy dochodzi do uszkodzenia ośrodków rdzeniowych nerwu przeponowego, prowadzącego do niedowładu bądź porażenia przepony, co w wielu przypadkach jest przyczyną zgonu na miejscu wypadku. Postęp medycyny, technik ratowania życia, intensywnej terapii wpływa na fakt, że niekiedy osoby takie udaje się utrzymać przy

## Możliwości poprawy funkcji ruchowych u pacjentów z całkowitym uszkodzeniem rdzenia kręgowego



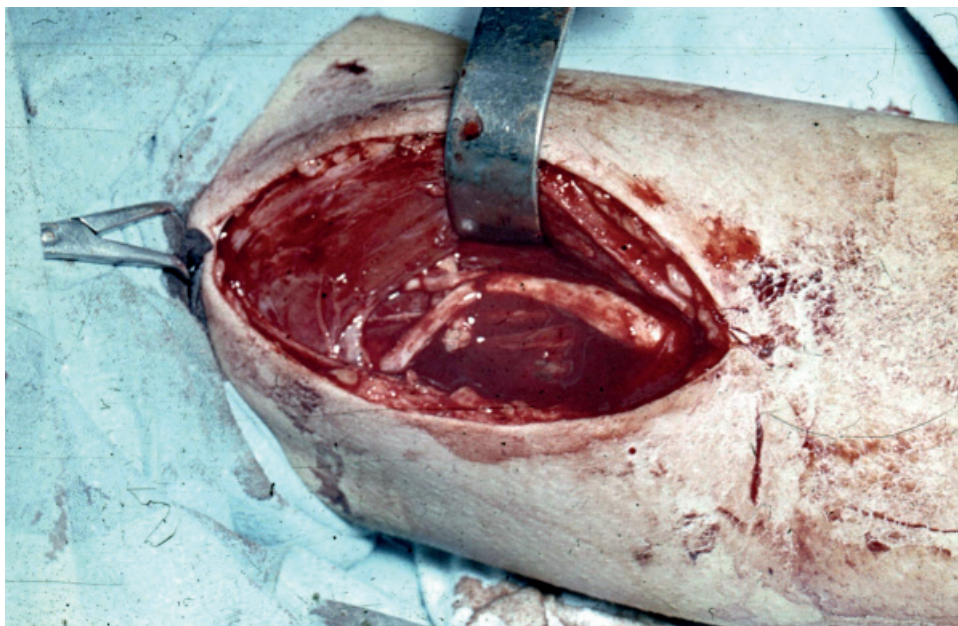
Ryc. 1 Pourazowa martwica rdzenia kręgowego

życiu [7], ale wymagają one stałego wspomaganie oddychania, wentylacji z wykorzystaniem w późniejszym okresie mobilnych respiratorów lub też stymulacji nerwów przeponowych [2]. Pierwsze takie próby w kraju podejmowano w Centrum Rehabilitacji w Konstancinie [6]. U chorych takich występuje porażenie czterokończynowe, praktycznie bez szans na możliwość przywrócenia choćby prostej funkcji porażonej ręki.

Kolejnym poziomem uszkodzenia jest najczęściej urażony segment C5-C6, cechujący się również porażeniem czterokończynowym (tetraplegią), ale z niższego poziomu, z zachowaniem zwykle funkcji odwodzicieli barku (mięśnie naramienne) oraz zginaczy łokcia, ale zniesieniem możliwości chwytanych ręki, bez szans na możliwość jakiegokolwiek formy chodzenia. Chorzy z tetraplegią mogą uzyskać możliwość poruszania się na wózku inwalidzkim, ale jest to w znacznej mierze uwarunkowane sprawnością kończyn górnych. Dlatego istotne jest dążenie do usprawnienia funkcji rąk (zależnej jednak od poziomu uszkodzenia rdzenia), w czym pomocna jest m.in. terapia zajęciowa. Odpowiednio dobrane zajęcia, zgodne z zainteresowaniami i możliwościami

manualnymi pacjenta sprawiają, że pacjent kilka godzin dziennie poświęca na rzeźbienie, malowanie, garncarstwo, ceramikę itp., usprawniając w atrakcyjnej dla niego formie użyteczną funkcję rąk. Możliwość odzyskania choćby prostych czynności chwytanych ręki ma dla porażonych olbrzymie znaczenie, gdyż pozwala na uzyskanie pewnej samodzielności w życiu codziennym. Dlatego też należy wykorzystać każdą możliwość przywrócenia czy poprawy funkcji ręki, dążąc do wykształcenia chwytu trikowego, stosując odpowiednie zaopatrzenie ortotyczne, a jeśli są do tego warunki, rozwiązania operacyjne [4]. W tym celu wykorzystywaliśmy dwa systemy operacyjne: przeszczep nerwu skórno-mięśniowego na nerw pośrodkowy oraz wymuszanie funkcji porażonej ręki poprzez stymulację implantowanych na nerwy elektrod stymulujących. Nerw mięśniowo-skrótny wywodzi się z górnej części splotu (C4-C5) i jego funkcja przy urazie na omawianej wysokości jest zachowana, czego wyrazem jest czynność mięśnia dwugłowego ramienia. Część tego nerwu – poniżej odejścia gałęzi do głowy długiej mięśnia dwugłowego – zespała się (bez napięcia) z przeciętym nerwem pośrodkowym

Jerzy Edward Kiwerski



Ryc. 2. Połączenie nerwu mięśniowo-skórnego oraz skórniego ramienia z nerwem pośrodkowym

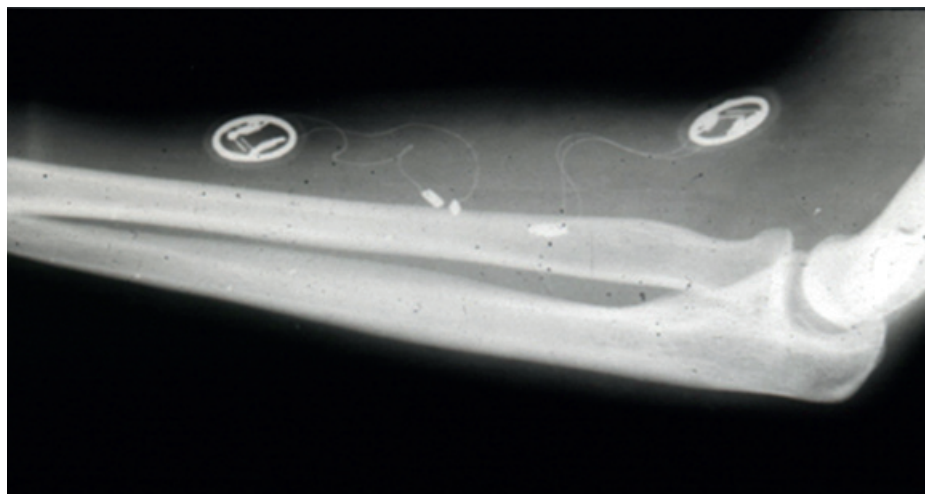


Ryc. 3. Funkcja ręki pacjenta po dokonanych przeszczepie nerwu mięśniowo-skórnego na nerw pośrodkowy

(ryc. 2), oczekując regeneracji w obrębie nerwu pośrodkowego [11,13]. W większości operowanych przypadków (ponad 20 chorych) uzyskaliśmy przywrócenie prostej funkcji porażonej ręki

(powrót czynności zginaczy palców oraz przeciwstawiacza kciuka, Ryc. 3). Niestety, oczekiwanie na spodziewane efekty takiego zabiegu trwa długo, dlatego też należy wdrożyć postępowanie,

## Możliwości poprawy funkcji ruchowych u pacjentów z całkowitym uszkodzeniem rdzenia kręgowego



Ryc. 4. Radiogram przedramienia z implantowanymi elektrodami na nerwy promieniowy i pośrodkowy

jakie obowiązuje po rekonstrukcji nerwu: ćwiczenia bierne, ortozę zapobiegającą niekorzystnemu ustawieniu ręki, stymulację odnerwionych mięśni (zapobieganie zanikom mięśni, zwyrodnieniu połączeń nerwowo-mięśniowych), przedłużoną termoterapię (przyspieszenie tempa regeneracji nerwu), a gdy pojawi się czynność dowolna mięśni, odpowiednie formy kinezyterapii. Istotne jest dążenie do maksymalnego usprawnienia funkcji ręki, w czym pomocne są wspomniane formy terapii zajęciowej.

Innym sposobem przywrócenia prostej funkcji porażonej ręki jest zaproponowana przez nasz zespół stymulacja elektryczna za pośrednictwem wszczepianych elektrod (Ryc. 4) na nerwy promieniowy i pośrodkowy [12]. Ręka tetraplegika wyjściowo przyjmuje pozycję zgięciową, dlatego też, aby pacjent mógł chwycić przedmiot, konieczne jest rozwarcie ręki, wyprost palców, co uzyskuje się przez stymulację nerwu promieniowego.

Po naprowadzeniu ręki na chwytany przedmiot, załączana jest stymulacja nerwu pośrodkowego, co powoduje zgięcie palców, przeciwstawienie kciuka i objęcie przedmiotu. Na rękawiczce hybrydowego aparatu znajduje się czujnik przesuwu, który reaguje na wysuwanie się przedmiotu z ręki zwiększeniem bodźca stymulacji, a więc zwiększeniem siły chwytu [5]. Wstępny poziom stymulacji jest niski, aby przy nadmiernym ściśnięciu przedmiotu (np. szklanki) nie nastąpiło

jego uszkodzenie, zgniecenie. Natomiast przy próbie uniesienia przedmiotu ulega zwiększeniu bodźca stymulującego, odpowiednio do potrzeb (Ryc. 5).

Podjęmowano również unikalne próby oddziaływania na uszkodzony rdzeń kręgowy stymulacją elektryczną [9]. W uszkodzeniach całkowitych rdzenia kręgowego nie przyniosły one jednak istotnego efektu, poza przyspieszeniem wytworzenia automatyzmu pęcherzowego.

Gdy brak jest możliwości wykorzystania rąk do napędu wózka, pozostaje wyposażenie pacjenta w wózek elektryczny, w niektórych przypadkach sterowany ruchami brody, głowy, czy języka.

Uszkodzenie na poziomie C7 w większości przypadków pozwala na odzyskanie „grubej” funkcji ręki, opartej w głównej mierze na wykorzystaniu tzw. „trikowego” chwytu (przy czynnym zgięciu grzbietowym nadgarstka dochodzi do napięcia ścięgien zginaczy palców, co umożliwia globalny, nieprecyzyjny chwyt). Dopiero uszkodzenia poniżej tego poziomu pozwalają na wykształcenie w miarę sprawnej, a niekiedy nawet precyzyjnej czynności ręki [3].

Prawdopodobieństwo uzyskania funkcjonalnie użytecznego chodu w całkowitych uszkodzeniach rdzenia są tym większe, im niższy jest poziom uszkodzenia układu nerwowego. Zwykle przyjmuje się, że szansę na naukę chodzenia (po zaopatrzeniu w odpowiednie ortozy) mają

Jerzy Edward Kiwerski



Ryc. 5. Pacjent używający hybrydowego aparatu wymuszającego funkcję porażonej ręki

pacjenci z całkowitym uszkodzeniem rdzenia poniżej poziomu Th8 (czynne zespoły dynamiczne kończyn górnych oraz górnej partii mięśni grzbietu).

U osób młodych, zaangażowanych w proces usprawniania, udaje się niekiedy uzyskać możliwość chodzenia, pomimo nieco wyższego poziomu urazu, ale jest to chód na bardzo ograniczonej przestrzeni, mało wydolny, zwykle krokiem „kangurkowym”, związany z dużym wydatkiem energetycznym. Znacznie wzrasta sposobność uzyskania chodu funkcjonalnie użytecznego przy uszkodzeniu rdzenia poniżej poziomu Th12. Wpływa na to zachowana częściowo funkcja mięśni czworobocznych lędźwi oraz mięśnia biodrowo-lędźwiowego, co poprawia stabilizację miednicy oraz niesie sposobność czynnego zgięcia w stawie biodrowym i przenoszenia naprzemiennego kończyn dolnych do przodu (wykrok). Szanse te poprawia zachowana funkcja mięśnia czworogłowego uda (stabilizacja stawu kolanowego).

Warunkiem podjęcia pionizacji czynnej, nauki chodzenia osób z porażeniem czy głębokim niedowładem kończyn dolnych jest odpowiednio zaopatrzenie ortotyczne pacjenta, które

powinno zapewnić mu utrzymanie bezpiecznej pozycji spionizowanej, ułatwić lokomocję, zapobiegając jednocześnie deformacjom obciążonych, niedowładnych kończyn. Dąży się do optymalizacji funkcjonalnej sprzętu ortotycznego tak, aby kompensacja ubytków sensomotorycznych lub strukturalnych była możliwie pełna, a wykorzystywana ortoza była łatwa w użyciu i nie powodowała niekorzystnych odczynów, wynikających z jej długotrwałego kontaktu z tkankami organizmu i ich nieuniknionych przeciążeń.

Najczęściej wyróżnia się dwa typy zaopatrzenia ortotycznego: pasywne i aktywne. W zależności od poziomu i typu dysfunkcji ruchowych stosuje się zróżnicowane modele zaopatrzenia biernego (pasywnego) kończyny dolnej: obuwie ortopedyczne, stabilizatory stawu skokowego, ortozy zabezpieczające stabilizację kończyny w stawach kolanowych i skokowych, stabilizujące całą kończynę dolną, parapodia.

Obuwie ortopedyczne jest dopasowywane indywidualnie, zwykle bywa wyposażone w podwyższoną cholewkę ze sztywnikiem, w celu zwiększenia stabilności stopy, zapobieżenia jej opadaniu. W razie potrzeby stosuje się odpowiednio wymodelowaną wkładkę, zapewniającą

## Możliwości poprawy funkcji ruchowych u pacjentów z całkowitym uszkodzeniem rdzenia kręgowego



Ryc. 6. Pacjent chodzący w ortozach typu LETOR

ustawienie skorygowane stopy. Stabilizatory stawu skokowego często stanowią uzupełnienie obuwia ortopedycznego. Ortoza stawu skokowego (ankle foot orthosis – AFO) jest stosowana w wielu formach. W szeroko stosowanej klasyfikacji Bradu-Roehampton wyróżnia się 10 typów rozwiązań chroniących przed opadaniem stopy, spośród których najczęstsze zastosowanie mają łuski z tworzyw termoplastycznych do buta oraz sprężyste stabilizatory boczne (szyny strzałkowe) mocowane do obcasa, a także podciąg sprężynowe i szyny tylne. Ortozy stabilizujące kończynę w stawie skokowym i kolanowym (Knee – ankle – foot orthosis – KAFO), zwykle o klasycznej konstrukcji dwuszynowej bocznej z zamkiem blokującym staw kolanowy w wyproście, zapewniają dobrą dwupłaszczyznową stabilizację porażonej kończyny. Ich wadą jest dość duży ciężar i konieczność indywidualnego dopasowania do pacjenta. Lżejszą strukturą cechują się ortozy łuskowe, wykonywane z żywic termoplastycznych oraz wyposażone w pneumatyczny system Rabischonga (BSA), który może być wykorzystywany zarówno w wersji AFO, jak i KAFO lub jako pełna ortoza (ale stosunkowo mało przydatna) – z koszem biodrowym. We wczesnej fazie

usprawniania często wykorzystuje się ortozy ćwiczebne (tymczasowe), zwykle w formie pojedynczej szyny stabilizującej, przebiegającej z tyłu kończyny, stosowanej zwykle zewnątrz, na ubranie. Przykładem jest Adjustable Splint firmy Preston oraz konstanciński aparat LETOR (skrót od angielskiego określenia Lower Extremity Telescopic Orthosis) z teleskopowym prętem epoksydowym stanowiącym część stabilizującą uda, zamontowanym w rurze aluminiowej, tworzącej dolną część ortozy połączoną z napiętkiem zapobiegającym opadaniu stopy (Ryc. 6). Ortozę tę łatwo można dopasować do indywidualnych warunków pacjenta przez odpowiednie wysunięcie pręta stabilizującego część udową oraz dopasowanie obejm stabilizujących kończynę zaopatrzonych w paski z rzepami (velcro). Zapewnia ona stabilizację jednopłaszczyznową.

Parapodia są to konstrukcje stabilizujące kończyny dolne i częściowo tułów, umożliwiające trwałą pionizację (pasywne) oraz poruszanie się na ograniczonej przestrzeni osób z porażeniem kończyn dolnych i częściowo tułowia. Przykładem takich rozwiązań są Orlan Swivel Walker, Parawalker oraz parapodium PW (Politechnika Warszawska), umożliwiające

Jerzy Edward Kiwerski



Ryc. 7. Wózek typu Activ

pacjentowi z wysokim porażeniem lokomocję wymuszoną rytmicznym balansowaniem ciała.

Zaopatrzenie aktywne obejmuje konstrukcje egzoszkieletowe oraz wykorzystujące funkcjonalną stymulację elektryczną (FES). Pierwsze egzoszkielety, czyli aparaty ortotyczne z napędem elektrycznym, pneumatycznym lub hydraulicznym, powstały w Jugosławii (Ljubljana) już w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Były jednak kosztowne, hałaśliwe i mało przydatne praktycznie. W nowych konstrukcjach wykorzystuje się pewne ich elementy, uwzględniając postęp techniczny, np. wymuszanie ruchów w stawie kolanowym z pomocą siłowników elektrycznych, elektromagnetyczne blokowanie kolana w fazie przenoszenia i obciążania kończyny i inne. Funkcjonalna stymulacja umożliwia zwykle wspomaganie ortotyki biernej w czynnościach (np. wstawania i siadania) oraz wybranych faz chodu.

Oczywiście nie wszyscy pacjenci, zwłaszcza z wysokim poziomem porażenia, są w stanie uzyskać umiejętność chodzenia z pomocą zaopatrzenia ortotycznego. Należy przy tym pamiętać, że wydatek energetyczny tej formy lokomocji jest aż pięciokrotnie wyższy, niż poruszanie się z pomocą wózka inwalidzkiego, co trzeba

uwzględniać podejmując decyzję dotyczącą formy przemieszczania się, zwłaszcza pacjentów w starszym wieku.

Podstawowym środkiem lokomocji wielu pacjentów pozostaje wózek inwalidzki, który powinien być starannie dobrany indywidualnie do możliwości, potrzeb życiowych i stylu życia pacjenta. O skuteczności i sprawności poruszania się w różnych warunkach terenowych decyduje sposób przekazywania mocy przez użytkownika na wózek, a konkretnie na obręcz, dźwignie, korby. Wydatek energetyczny związany z napędem ręcznym wózka zależy od wielu czynników: wydolności ogólnej pacjenta, bilansu czynnych zespołów dynamicznych (mięśni), powierzchni drogi, ukształtowania terenu oraz charakterystyki dynamicznej wózka. Ogólnie przyjmuje się, że wózek powinien być lekki, ale stabilny i zwrotny, indywidualnie dopasowany do wymagań pacjenta. Wózek typu „activ” (Ryc. 7) jest doskonałym rozwiązaniem dla pacjentów młodych, z perspektywą stabilizacji tułowia, ale dla pacjentów w wieku starszym, a zwłaszcza wysoko porażonych (odcinek szyjny), konieczny jest wózek stabilny, niekiedy z podwyższonym oparciem.



---

## Możliwości poprawy funkcji ruchowych u pacjentów z całkowitym uszkodzeniem rdzenia kręgowego

---

Całkowite uszkodzenia rdzenia kręgowego, na obecnym etapie wiedzy medycznej, nie stwarzają niestety możliwości odtworzenia jego struktury i funkcji. Prawdopodobieństwo regeneracji istnieje co prawda również w rdzeniu kręgowym, jednakże nie ma ona dotychczas praktycznego znaczenia, z uwagi na małą dynamikę tego procesu oraz szybko powstającą w miejscu urazu bliznę glejową, stanowiącą zapórę dla regenerujących się z opóźnieniem włókien dróg rdzeniowych. Nie ma możliwości chirurgicznego zespolenia przerwanych, bezosłonkowych włókien rdzeniowych. Tak więc regeneracja w uszkodzeniach ośrodkowego układu nerwowego nie ma istotnego znaczenia praktycznego. Jedynie w przypadku odwracalnego, częściowego

uszkodzenia neuronów ruchowych można oczekiwać, zwykle fragmentarycznego, powrotu czynności ruchowej. Tak modne i zdaniem wielu obiecujące stosowanie w miejscu zniszczenia rdzenia komórek macierzystych, nie ma niestety potwierdzenia w badaniach naukowych [1]. Mogą one ulec przeobrażeniu w komórki środowiska, w którym się rozmnażają, ale proces ten jest słabo wyrażony, a środowiskiem, w jakim się znajdują po urazie rdzenia, jest szybko rozwijająca się tkanka glejowa. Z drugiej strony, to przecież nie komórki decydują o powrocie funkcji ruchowych i czuciowych, tylko zniszczone drogi rdzeniowe – wstępujące i zstępujące (przewodzące bodźce czuciowe i dyspozycje ruchowe).

---

## Piśmiennictwo

1. Chhabra H S, Sarda K, Arora M, Sharawat R, Singh V, Nanda A, Sangodimath GM, Tandon V. Autologous bone marrow cell transplantation in acute spinal cord injury-an Indian pilot study. *Spinal Cord* 2016; 54: 57–64.
2. Fodstadt H, Blom S, Linderholm H. Artificial respiration by phrenic nerve stimulation in patients with cervical cord and brain stem lesions. *Scand J Rehab Med* 1983; 15: 173–179.
3. Kiwerski J E. Funkcja kończyny górnej chorego z porażeniem czterokończynowym. W: Pop T. [red.] *Wartość rehabilitacji w świadomości współczesnego człowieka*. Rzeszów: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego; 2013: 105–111.
4. Kiwerski J E, Krasuski M, Ogonowski A, Dziewulski M. Możliwość przywrócenia lub poprawy funkcji ręki chorego z tetraplegią. *Ortop Traumatol Rehabilitacja* 2000; 2 (3): 28–33.
5. Kiwerski J E, Paśniczek R. An apparatus making possible restoration of simple function of tetraplegic hand. *Paraplegia* 1984; 22(5): 316–319.
6. Kiwerski J E, Paśniczek R. Funkcjonalna elektrostymulacja w uszkodzeniach rdzenia kręgowego. W: Będziński R, Kędzior K, Kiwerski J E [red.]: *Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit; 2004: 581–612.
7. Kiwerski J E. Respiratory problems in patients with quadriplegia after a high lesion of the cervical spinal cord. *Int J Rehabil Research* 1992; 15: 17–25.
8. Kiwerski J E (red.). *Schorzenia i urazy kręgosłupa*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2014.
9. Kiwerski J E. Stimulation of the spinal cord in the treatment of traumatic injuries of cervical spine. *Appl Neurophysiol* 1986; 49(3): 166–171.
10. Kiwerski J E. *Urazy kręgosłupa szyjnego i ich następstwa*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 1993.
11. Kiwerski J E. The chances of restoration of simple functions of the hand in tetraplegics by means of the transfer of musculocutaneous nerve into median nerve. In: *Reports on surgery of the hand*. Polish Scientific Publishers. Warszawa, Poznań: 1979; 137–140.
12. Kiwerski J E, Weiss M, Paśniczek R. Electrostimulation of the median nerve in tetraplegics by means of implanted stimulators. *Int J Rehabil Research* 1979; 2: 41–46.
13. Krasuski M, Kiwerski J E, Krzyżosiak L. Analiza wyników przeszczepów nerwu mięśniowo-skórnego na nerw pośrodkowy u tetraplegików. *Nowa Med* 1998; 5 (12): 5–6.
14. Weiss M, Kiwerski J E, Makowski J. i wsp. *Zasady postępowania w urazowych uszkodzeniach rdzenia*. Warszawa: Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich; 1972.