

Rehabilitacja chorego po przeszczepieniu kończyny górnej na poziomie 1/3 dalszej przedramienia

Patient Rehabilitation Following Hand Transplantation at Forearm Distal Third Level

Jerzy Jablecki^(A,B,C), Marcin Syrko^(A,C,D), Aneta Arendarska-Maj^(A,D,E,F)

Pododdział Replantacji Kończyn Szpitala Św. Jadwigi Śląskiej, Trzebnica
Subdepartment of Limb Replantation, St Hedwig's Hospital, Trzebnica

STRESZCZENIE

Wyniki przeprowadzanych w różnych ośrodkach transplantacji kończyny górnej są zarówno pod względem przeżywalności (3/52 tj., 5,7% niepowodzeń), jak również uzyskiwanej funkcji, bardzo zachęcające. Funkcja ta jest porównywalna z uzyskiwaną przez kończyny replantowane na analogicznym poziomie amputacji. Najkorzystniejszym funkcjonalnie poziomem replantacji jest 1/3 dalsza część przedramienia. Na tym poziomie przeprowadzono również 75% transplantacji. Szczegółowe przedstawienie sposobu usprawniania kończyny przeszczepionej na poziomie 1/3 dalszej przedramienia w okresie 24 miesięcy wraz z oceną uzyskanego wyniku stanowi cel opracowania.

29-letni chory utracił przed 6 laty prawą, dominującą kończynę górną w wyniku wypadku skrawarką stolarską. Dawcą kończyny była 52-letnia kobieta. Operacja przeszczepienia kończyny przebiegła standardowo, a przebieg pooperacyjny był niepowikłany. Usprawnianie miało charakter wielostronny, obejmując funkcję ruchową, czuciową oraz stan psychiki chorego. Usprawnianie rozpoczęto wdrażając ruchy bierne palców od 2 doby poop.; ruchy czynne kontrolowane od 21 doby, ruchy czynne na szynie wyprostnej od 28 doby. Korzystne ustawienie ręki zabezpieczano zmieniając często ortezami. W usprawnianiu ruchowym wykorzystywano zasadę treningu wizualno-motorycznego wg Perfetti (od 28 doby) oraz zasadę ciągłych ruchów biernych realizowaną przy pomocy urządzenia Artromot „F”. Prowadzono elektrostymulację pni nerwów oraz mięśni wewnętrznych ręki, jak również ćwiczenia dyskryminacji czucia. Postępowanie usprawniające było zbliżone do tego, które stosujemy u chorych po replantacji kończyny na analogicznej wysokości.

Funkcję ruchową oraz czuciową kończyny oceniono jako bardzo dobrą, słabsza siła mięśniowa nie upośledza ogólnej oceny funkcji. Chory doskonale zaadaptował się do życia z przeszczepioną kończyną.

Uzyskany u chorego po przeprowadzonej transplantacji ręki wynik potwierdza potrzebę wdrożenia jak najwcześniejszej, ukierunkowanej wielostronnie rehabilitacji.

Słowa kluczowe: przeszczepienie ręki, rehabilitacja ręki, szyna dynamiczna wyprostna, ortez, ciągły ruch bierny

SUMMARY

The results of hand transplantations in terms of both graft survival (49/52, i. e. 94.3%) and hand function recovery are very inspiring. The degree of functional recovery is similar to that achieved after hand replantation at the same level. With regard to function recovery, the most favorable level of replantation seems to be the distal third of the forearm, with 75% of hand transplantations performed at this level. The aim of this paper was to present the process of limb rehabilitation following a hand transplantation at the level of the forearm's distal third.

The recipient, a 29-year-old male, lost his right dominant hand 6 years before the operation in a drum flaker accident. The donor was a 52-year-old female. The limb was transplanted in a standard manner, with an uneventful postoperative period. The multidirectional rehabilitation focused on motor and sensory function as well as the recipient's psychological status. First passive finger movements were introduced on postoperative day 2, followed by assisted active movements from day 21 post-transplant onwards, and from day 28 we implemented exercises with an outrigger extension splint. Favorable hand position positioning was ensured by changing orthoses frequently. Motor rehabilitation relied on Perfetti's visual-motor training (from d 28 p-op.) together with continuous passive motion (Artromot F device). We also used electrical stimulation of the nerve trunks and intrinsic muscles of the hand as well as discrimination exercises of tactile sensation. The rehabilitation process was very similar to the one we use in patients after limb replantation.

We assessed the motor and sensory functions of the grafted limb as very good despite diminished muscle strength, which does not affect the general functional result. The recipient adapted perfectly to living with a transplanted limb.

The outcomes achieved by the hand transplant recipient confirm the need of early and multidirectional rehabilitation.

Key words: hand transplantation; rehabilitation; outrigger extension splint; orthosis; continuous passive motion.

WSTĘP

Transplantacja kończyny górnej, określana w piśmiennictwie ogólnie jako transplantacja ręki (TR), stanowi nową opcję rekonstrukcyjną dla wyselekcjonowanej grupy chorych dotkniętych pourazowym brakiem kończyny, z towarzyszącym głębokim poczuciem inwalidztwa, wynikającym z zaburzenia integralności własnego ciała (ang., body integrity) [1]. TR, z racji zbliżonej techniki operacyjnej oraz ogólnych zasad usprawniania kończyny porównuje się z operacją replantacji kończyny (R) [2,3]. W obu przypadkach najistotniejszym czynnikiem kwalifikacyjnym jest możliwość odtworzenia determinowanego rodzajem i poziomem amputacji, zakresu funkcji.

O ile jednak decyzja o replantacji kończyny dyktowana jest „nakazem chwili”, jej priorytetem jest samo odzyskanie kończyny, a uzyskany wynik czynnościowy stanowi w pewnym stopniu dzieło przypadku to u podstaw decyzji o TR musi leżeć założenie o możliwości uzyskania przez przeszczepioną kończynę możliwie najdoskonalszej funkcji [4,5]. W innym przypadku, narażenie chorego na szereg groźnych powikłań, wraz z towarzyszącym tej procedurze wystąpieniu obiektywnego pogorszenia stanu zdrowia (cukrzyca, nadciśnienie, itp.), było by postępowaniem głęboko nieetycznym. Z tego też powodu tak wielką wagę przykłada się u chorych po przeprowadzonej TR do postępowania rehabilitacyjnego. Realizacja tego założenia jest o tyle łatwiejsza (w stosunku do przypadków R), że chory po TR musi obowiązkowo zgłaszać się do macierzystego ośrodka w regularnych odstępach czasu, co stwarza możliwość stałego nadzoru nad postępem jego usprawniania.

Celem pracy jest przedstawienie sposobu usprawniania kończyny zastosowanego u chorego po przeprowadzonej TR na poziomie nadgarstka oraz ocena uzyskanej funkcji po 24 miesiącach obserwacji.

OPIS PRZYPADKU

W naszym Ośrodku przeprowadzono we wrześniu 2008 r. TR (prawej, dominującej) u 32-letniego mężczyzny – D. S., na poziomie 1/3 dalszej przedramienia (zespolenie kostne zlokalizowane było 5 cm od szpary stawu promieniowo-nadgarstkowego). Dawcą kończyny była 53-letnia kobieta, zmarła w wyniku urazu mózgu. Struktury anatomiczne zespolono w następującej kolejności: kości – ścięgna – nerwy (n. pośrodkowy, n. łokciowy, gałązka skórna n. promieniowego) – naczynia żyłne (w liczbie – 4) – naczynia tętnicze (t. promieniowa, łokciowa) – skóra. Zespalano pojedynczo, odpowiadające sobie ścięgna mięśni prostowników i zginaczy (tylko mięśni zginaczy głębokich palców) za pomocą zmo-

BACKGROUND

Transplantation of the upper limb, referred to as hand transplantation in medical literature (HT), is a new reconstructive strategy for a selected group of patients after traumatic amputations who suffer from a profound affliction of being handicapped stemming from disordered body integrity [1]. Because of the similarities in operational technique and general principles of limb rehabilitation, HT can be considered analogical to limb replantation (LR) [2,3]. In both procedures a crucial criterion for patient qualification is the anticipated degree of functional restoration determined by the type and level of amputation. However, the decision to replant a limb has to be taken instantly, with the main goal being limb recovery, and so the functional result is often somewhat random; on the other hand, the priority of HT should be the best possible functional recovery of the transplanted limb [4, 5]. Otherwise it would be extremely unethical to jeopardize the patient's health with numerous serious side effects, such as infections, increased cancer risk, diabetes, and arterial hypertension. Accordingly, appropriate rehabilitation following HT is of great importance. Compared to replantation patients, the rehabilitation of HT recipients seems easier to carry out and supervise due to frequent follow-up visits at the hospital.

The aim of this paper is to present the method of limb rehabilitation in a wrist-level hand transplant recipient and to assess functional recovery at 24 months post-transplant.

CASE STUDY

In September 2008, we performed a right dominant hand transplant at distal forearm level (bony anastomosis 5 cm from the radiocarpal joint) in a 32-year-old male (D.S.). The limb was procured from a 53-year-old female, deceased due to a brain injury. Anastomoses of the anatomical structures were performed in the following order: bones – tendons – nerves (medial, ulnar and cutaneous branch of the radial nerve) – veins (4 vessels) – arteries (radial and ulnar artery) – skin. A modified Bunnel suture was used in one-by-one anastomoses of corresponding tendons pertaining to extensor and flexor (flexor digitorum profundus only) muscles. A more detailed report on the preparation of the recipient for the

dyfikowanego szwu Bunnela. Szczegóły dotyczące przygotowania chorego do TR, jak też jej techniki operacyjnej przedstawiono we wcześniejszym opracowaniu [6]. Chory D. S. przebywał na Oddziale przez 6 tyg., który to czas uznano za niezbędny dla kontroli procesu leczenia chirurgiczno-farmakologicznego, jak też wdrożenia zasadniczego schematu postępowania fizykoterapeutycznego. Po 24 miesiącach obserwacji dokonano ostatecznej oceny uzyskanego u chorego wyniku.

Przyjęto, wzorując się na naszym doświadczeniu w zakresie usprawniania kończyn replantowanych [7], następujące kierunki działań fizjoterapeutycznych:

- zmniejszenie obrzęku pooperacyjnego, terapia blizny, (elewacja kończyny, bandażowanie bandażem elastycznym typu Coban, masaż suchy);
- odtworzenie zanikłych po amputacji kończyny schematów ruchowych, wg zasady treningu wizualno-motorycznego Perfetti (chory wykonuje ruchy czynne kończyną nieuszkodzoną przed lustrem zasłaniającą kończynę przeszczepioną, w tym czasie kończyną przeszczepioną wykonuje ruchy czynne lub w późniejszej dobie czynne z oporem odbierając wrażenie ruchu) [8];
- utrzymanie poślizgu ścięgien, a następnie wzmocnienie przeprowadzonych zespolień (ćwiczenia bierne w obrębie stawów ręki i palców; ćwiczenia z wykorzystaniem metody ciągłego ruchu biernego – Artromot „F” [9]; kontrolowane ruchy czynne z wykorzystaniem efektu tenodezy, tj. zgięcie dłoniowe ręki – wyprost palców, zgięcie grzbietowe ręki – zgięcie palców [10,11]; ruchy czynne palców [12];
- utrwalenie korzystnego funkcjonalnie ustawienia palców w pozycji dodatniej mięśni (ang. Intrinsic plus) wewnętrznych ręki (ortezy statyczne, dynamiczne – szyna wyprostna) [2,13,14];
- przeciwdziałanie zanikom mięśniowym oraz pobudzeniu regeneracji zespolonych pni nerwowych (elektrostymulacja mięśni wewnętrznych, elektrostymulacja pni nerwowych nerwów powyżej miejsca ich zespolenia) [3,15];
- reedukację czucia poprzez stymulację zakończeń nerwowych różnego typu bodźcami (powierzchnia gładka/szorstka, bodźce ciepłe/zimne) [3,12];
- zwiększenie precyzji chwytu (ćwiczenia chwytu i przenoszenia przedmiotów o różnej wielkości) [7,11];
- wzmocnienie siły mięśniowej (ćwiczenia z oporem na szynie wyprostnej, ćwiczenia w systemie „peg board”, ściskanie piłeczek o różnej elastyczności) [12].

Natężenie i długość czasu ćwiczeń narastało z postępem czasu, odpowiadając w ogólnych zarysach przedstawionemu poniżej schematowi.

procedure and on the operational technique itself has already been published [6]. The patient stayed at the ward for 6 weeks to allow both proper monitoring of the surgical and pharmacological treatment and implementing the main program of physiotherapy. A final assessment of the results achieved by patient D.S. was made 24 months post-transplant.

Basing on our experience with replanted limbs [7], we decided to apply the following sequence of physiotherapy:

- limiting the postoperative edema and making the cicatrices more stretchable (limb elevation, Coban-type elastic band dressing, dry massage);
- re-establishing movement patterns lost after the amputation, in accordance with Perfetti’s visual-motor training (standing in front of a mirror with the side of the transplanted limb covered, the patient executes active movement with the uninjured limb and perceives feeling of movement of the transplanted limb) [8];
- preserving the ability of tendons to slide, followed by strengthening of the surgical anastomoses (passive flexion of the joints of hand and fingers; exercises with continuous passive movement – Artromot “F” [9]; active movements making use of the effect of tenodesis [10, 11]; active finger movements in an outrigger extension splint, controlled active movements; movement against resistance; peg board system) [12];
- maintaining a functionally beneficial intrinsic plus position of the hand (static and dynamic orthoses, outrigger extension splint) [2,13,14];
- preventing muscular atrophy and stimulating the anastomosed nerves (electrical stimulation of the intrinsic muscles, electrical stimulation of the nerves above their anastomosis) [3, 15];
- re-learning tactile sensation by stimulating the nerve endings with various stimuli (rough/smooth surface, warm/cool objects);
- enhancing grip precision (lifting and carrying small objects) [7, 11];
- increasing muscle strength (squeezing balls of various levels of resistance) [12].

The intensity and duration of the exercises increased with time and reflected the scheme below:

During the first two weeks the patient had three, 15-minute training sessions every day; in weeks 3-6 the sessions lasted 30 minutes. Besides that, from week 3 onward the recipient performed another set of prescribed – learnt beforehand – exercises every hour. After 6 weeks the patient was discharged with detailed instructions on how to perform the exercises at home (for at least 2 hours a day) and an informative note for the local day-care rehabilitation facility. Together

W ciągu pierwszych 2 tygodni po transplantacji chory korzystał z 3 sesji ćwiczeń dziennie po 15 minut; kolejne 3-6 tygodni stosowaliśmy 3 sesje po 30 min. Od 3 tyg. po operacji chory pomiędzy sesjami wykonywał co godzinę serię zaleconych, uprzednio wyczyszczonych ćwiczeń. Po 6 tyg. chory opuścił Oddział zaopatrzonego w dokładną instrukcję sposobu przeprowadzania ćwiczeń w warunkach domowych (czas – przynajmniej 2 godz. dziennie) oraz zalecenia dla Poradni Rehabilitacyjnej w miejscu zamieszkania. Ustalono możliwość odbywania 45-minutowej sesji ćwiczeniowej, co drugi dzień przez kolejne 6 tyg. (tj. do 3 miesięcy po operacji, a przez kolejne miesiące 2 sesji w ciągu tygodnia). Po 9 miesiącach od transplantacji chory rozpoczął pracę, co zaburzyło cykl terapii, niemniej chory kontynuował usprawnianie w warunkach domowych (wraz z elektrostymulacją – urządzenie Mediadevice EV904 – przenośny dwukanałowy elektrostymulator).

Chory w okresie 6 miesięcy po TR zgłaszał się do kontroli co 4 tyg., w ciągu kolejnych 6 miesięcy kontrolę przeprowadzano co 6 tyg., a po upływie 12 miesięcy – co 8 tyg. Planowe kontrole stanowiły okazję do modyfikowania sposobu usprawniania, jak również rejestracji uzyskanych wyników.

Badania kontrolne obejmowały standardową ocenę aktywnego zakresu ruchu (AROM), czucia: (test filamentowy Semmense-Weinsteina, rozróżnialność 2-punktowa: standardowy dyskryminator), siły mięśniowej (dynamometr Jamar), ocenę funkcji kończyny wg kwestionariusza DASH (30-150 pkt, niższa punktacja oznacza większy zakres funkcji), kompleksową ocenę funkcji ręki (CFSS: 31-60 zła, 61-80 dobra, 81-100 bardzo dobra), wg Lanzetta, Petruzzo, ocenę jakości życia wg kwestionariusza SF-36 w autoryzowanej wersji J. Tylki; kwestionariusz ten określa wskaźnik jakości życia (QoL index, 0–136 pkt.; wyższy wskaźnik oznacza większy komfort życia) [16-18].

Usprawnianie przeprowadzano wg następującego protokołu:

- 2-6 doba poop.: kończyna spoczywa w elewacji, ułożona na grubo wyściełanej szynie Kramera, przeprowadzane są ćwiczenia bierne palców, chory wykonuje również napięcia mięśni zewnętrznych ręki, których efekt sygnalizuje minimalny ruch zgięcia/wyprostu palców.
- Od 7 doby poop.: oceniając stan ukrwienia ręki jako stabilny, poszerzyliśmy zakres biernych ruchów palców oraz rozpoczęliśmy bierne ruchy w stawie promieniowo-nadgarstkowym uzupełnione o kontrolowane ruchy czynne tj. naprzemiennego zginania – prostowania nadgarstka i palców mające na celu wytworzenie efektu tenodezy. Szyne Kramera zastąpił obejmujący rękę i przedramię podłużnik z ma-

with the patient, we decided on 45-minute training sessions every other day for 6 consecutive weeks (i.e. up to the third month post-transplant) and 2 sessions a week over the following months. The patient found employment 9 months post-transplant, which disturbed the physiotherapy; however, he continued to rehabilitate the hand at home (using also an electrotherapy apparatus).

Follow-up visits were scheduled every 4 weeks during months 0-5 post-transplant; every 6 weeks during months 6-12; and every 8 weeks after the first year post-transplant.

The following parameters were assessed on follow-ups: active range of movement (AROM), touch sensitivity and two-point discrimination (using Semmes-Weinstein's filament test and a standard discriminator, respectively), muscle strength (Jamar dynamometer), limb function evaluation with DASH questionnaire (range 30-150 points where lower score correlates with greater function range), overall hand function according to Lanzetta and Petruzzo (CFSS; scores: 31-60 – bad; 61-80 – good; 81-100 – very good), SF-36 quality-of-life questionnaire or quality-of-life index (QoL score range 0-136, where higher score correlates with higher comfort of life) [16-18].

The following protocol was used in the limb rehabilitation process:

- Days 2–6 post-op: the limb was elevated on a Kramer splint with thick padding; passive exercises of fingers were introduced; the recipient would also tense the external muscles of the hand, causing slight flexion/extension of the fingers.
- From day 7 on, once the blood supply of the hand was found to be good, the range of passive movements of the fingers was widened and passive movements of the radiocarpal joint were introduced together with alternating wrist and fingers flexion/extension with the aim of producing the effect of tenodesis. The Kramer splint was replaced with a thermoplastic half-cast made in order to place the limb in a relaxing position, that is wrist extension (30°) and finger flexion in MCP joints (30°).
- On day 14, when the wound had healed almost completely, anti-edema procedures were introduced: we commenced electrical stimulation of nerve trunks and intrinsic muscles of the hand. The range of passive movements of the hand and fingers was gradually widened with the use of the continuous passive motion device Artromot F (Fig. 2), which allows for calibration of ROM in joints of the fingers [9].
- Starting from day 21 we introduced controlled active movements of the wrist and fingers as

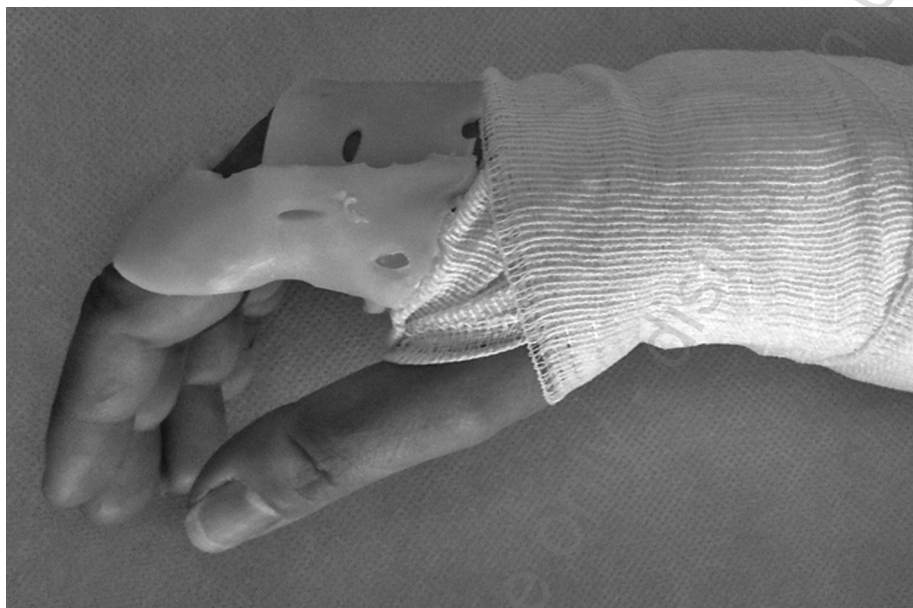
teriału termoplastycznego, ustalający kończynę w pozycji relaksującej, tj. wyprostie nadgarstka – 30°, zgięciu palców w stawach MCP – 30°.

Na noc chory zaopatrywany był w dodatkową ortezę ustalającą palce w ułożeniu dodatnim mięśni wewnętrznych oraz wzmacniającą odwiedzenie kciuka (Ryc. 1).

- Od 14 doby poop.: kiedy rana była już prawie wygojona, wdrożono zabiegi przeciw obrzękowe;

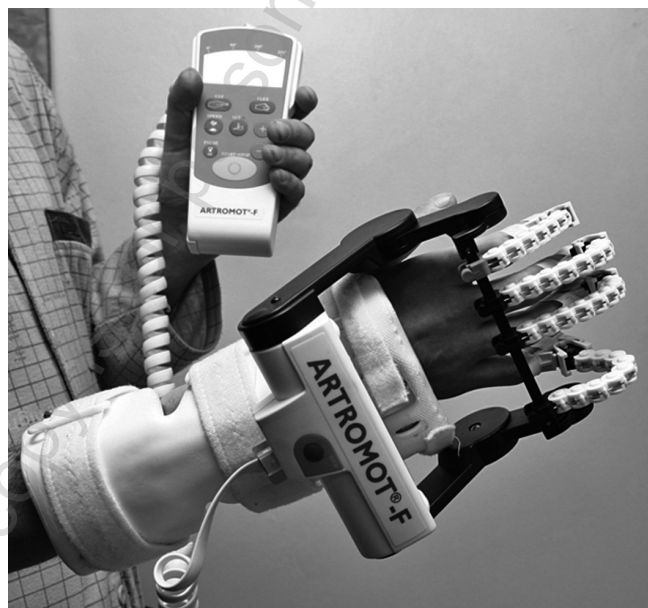
described above. The patient started movement exercises aided by a dynamic extension orthosis which set the MCP joints in flexion (15 min every day from the third session on) (Fig. 3).

- From week 4 the recipient began to perform active movements of the wrist and fingers coupled with Perfetti's visual-motor training (Fig 4).
- From week 4, we introduced resistance movements, such as object gripping (cylinders) of va-



Ryc. 1. Orteza statyczna zakładana przez chorego na noc, jak również do wykonywania ćwiczeń chwytanych. Ustala ona korzystną funkcjonalnie pozycję dodatnią mięśni wewnętrznych ręki – materiał własny

Fig. 1. Static orthosis applied for the night as well as for object-picking exercises. Its aim is to develop a functionally favorable intrinsic-plus hand position – own material



Ryc. 2. Wykorzystanie metody ciągłych ruchów biernych za pomocą aparatu Artromot „F” – materiał własny

Fig. 2. Continuous passive motion (CPM) applied by the Artromot “F” device – own material

rozpoczęto elektrostymulację pni nerwowych oraz mięśni wewnętrznych ręki. Sukcesywnie poszerzano zakres biernych ruchów ręki i palców przy pomocy urządzenia wykorzystującego zasadę ciągłych ruchów biernych (CPM-continuous passive motion) – Artromot „F” (Ryc. 2). Urządzenie posiada możliwość kalibracji zakresu ruchów stawów palców [9].

- Od 21 doby: wprowadzano ruchy czynne nadgarstka i palców; chory rozpoczął ćwiczenia ruchowe wspomagane dynamiczną ortezą wyprostną ustalającą stawy MCP w zgięciu (rozpoczynając od 3 sesji dziennie po 15 min) (Ryc. 3).
- Od 4 tyg.: zwiększenie zakresu ruchów czynnych palców i nadgarstka, ćwiczenia te uzupełniał trening wizualno-motoryczny wg Perfetti (Ryc. 4); rozpoczęliśmy elektrostymulację mięśni zewnętrznych ręki;
- Od 6 tyg.: ruchy oporowe, tj.: obejmowanie przedmiotów (walców) o różnej średnicy, trzymanie książki przeciw oporowi siły ciężkości;
- Od 10 tyg.: po potwierdzeniu zadawalającego zrostu kostnego: ruchy pronacji – supinacji ręki, tj. przekręcanie gałki drzwi, kurka, itp.; ćwiczenia ruchów precyzyjnych, jak: chwytanie drobnych przedmiotów (kulki o różnej średnicy, monety itp.);
- Od 12 tyg.: potwierdzając zadawalający zrost kostny ostatecznie zrezygnowano z unieruchomienia, utrzymaliśmy natomiast ortezę na noc, ustalającą korzystne ustawienie palców; ćwiczenia ruchowe

rious diameters, grasping books against the force of gravity.

- From week 10: once a successful bony union had been confirmed, pronation-supination and precise movements were introduced, such as operating door knobs or picking up fine objects (balls of various diameters, coins).
- From week 12: limb immobilization was removed because final bony union had been confirmed; nonetheless, the orthosis was kept for night-time in order to ensure a favorable finger positioning; the following exercises were introduced: squeezing balls, lifting weights of 0.5 – 1 kg, training to use the limb to wash oneself and perform easy household chores.
- Between week 13 and month 6: precise grip exercises, tactile stimulation, practice in using the limb for domestic routines, grip strengthening.
- Months 7-12: perfecting limb coordination (in the 9th month the patient took up a half-time job as a forklift operator.
- Months 13-24: the limb was fully employed in household routines and at the workplace (since month 13 the patient has been working full time). However, on follow-ups the patient is strongly advised not to exert the hand too strenuously.

After 24 months post-transplant the patient uses his new limb with ease both in everyday household chores and at work. Thirteen months after the opera-



Ryc. 3. Dynamiczna orteza wyprostna umożliwia bierny ruch wyprostowania stawów DIP, PIP palców oraz czynny ruch zgięcia palców w tych stawach przeciw kontrolowanemu naprężeniu gumek. Wyprost stawów MCP jest zablokowany (szczegółowy opis w tekście) – materiał własny

Fig. 3. Outrigger extension splint enables passive extension movements of DIP and PIP joints as well as active flexion of these joints against resistance exerted by rubber bands. Extension of MCP joints is blocked (see the text for details) – own material



Ryc. 4. Trening wizualno-motoryczny wg Perfetti (chory przed lustrem symuluje ruchy niewidocznej kończyny transplantowanej) – materiał własny

Fig. 4. Visual-motor training according to Perfetti's method (the patient imitates movements of the hidden transplanted limb in front of a mirror) – own material

w tym okresie to: ściskanie piłeczek, podnoszenie obciążników 0,5-1,0 kg, trening wykorzystania kończyny przy toalecie, lekkich pracach domowych;

- Od 13 tyg. – 6 miesięcy: ćwiczenia chwytów precyzyjnych, stymulacja czuciowa, doskonalenie posługiwania się kończyną w czynnościach domowych, ćwiczenia wzmacniające siłę chwytu;
- Od 7 miesiąca – 12 miesiąca: doskonalenie wykonywanych kończyną czynności (od 9 miesiąca chory pracuje jako kierowca wózka widłowego ½ etatu),
- Od 13 miesiąc – 24 miesiąca pełne wykorzystanie kończyny w pracach domowych i pracy zawodowej (od 13 miesiąca pełny etat na ww. stanowisku pracy). Istotny element badań kontrolnych stanowi powstrzymanie chorego przed nadmiernym obciążeniem kończyny.

Po 24 miesiącach od TR chory swobodnie posługuje się kończyną w zajęciach domowych i pracy zawodowej – po upływie 13 miesięcy od transplantacji pracuje stale na pełnym etacie na stanowisku kierowcy wózka widłowego, bierze aktywny udział w spotkaniach towarzyskich (uprzednio unikanych), na których z dumą eksponuje kończynę.

Zakres ruchu: zakres aktywnego ruchu palców (AROM) – 210°, tj. 80% AROM palców ręki nieuszkodzonej; swobodnie dotyka opuszkami palców 3-5 dalszej kresy dłoniowej, odległość opuszki wskazi-

tion he works as a full-time forklift operator, participates in social events (avoided after the amputation and before HTx), during which he proudly demonstrates his new limb.

Range of movement: fingers' active ROM is 210°, that is 80% of AROM of uninjured hand; the patient is capable of touching the palmar distal crease with fingers 3 to 5; the distance between fingertip of the index finger and the crease is 7 mm; hand pronation/supination is 25°; dorsal and palmar flexion are 65° and 35°, respectively.

Tactile sensation: two-point discrimination: 10 mm (index finger) and 15 mm (little finger); Semmings-Weinstein filament test: median nerve – blue filament (3.22 – 3.61); ulnar nerve – purple filament (3.84 – 4.31).

Muscle strength: global grip strength has been assessed to be 4.5 kG.

ciela od kresy – 7 mm; pronacja supinacja ręki – 25°; zgięcie grzbietowe – 65°, zgięcie dłoniowe – 35°.

Czucie: rozróżnialność 2-punktowa – 10 mm (wskaźnik), 15 mm (palec mały); test filamentowy (Semmensa – Weinsteina): n. pośrodkowy – filament niebieski (3.22 – 3.61), n. łokciowy – filament purpurowy (3.84 – 4.31g).

Siła mięśniowa: oceniano siłę chwytu globalnego – 4,5 kG.

Subiektywna ocena funkcji kończyny: DASH – 65 pkt, SF-36 – 115 pkt, CFSS – 90 pkt., tj. bardzo dobra.

DYSKUSJA

Postępowanie usprawniające dotyczące przeszczepionych kończyn górnych wzorowane jest na regulacjach wypracowanych dla przypadków R przeprowadzonej na analogicznej wysokości [2,3,5,15]. Istnieją jednak w tym zakresie istotne różnice wynikające z krańcowo różnej sytuacji wyjściowej:

- R: chory nie ma wrażenia braku kończyny, a jedynie jej powypadkowej dysfunkcji; centralne ośrodki regulacji ruchowej działają po amputacji/replantacji w sposób niezaburzony;
- TR: chorzy oczekują na przeszczep przez wiele lat, w ciągu tego czasu zawiadujące funkcją pola ruchowe kory mózgowej ulegają zanikowi; determinowana różnymi czynnikami zdolność regeneracji tych pól (określana jako „plastyczność” mózgu) decyduje w znacznej mierze o stopniu powrotu funkcji;
- R: zespolenie nerwów przeprowadzane jest w warunkach sprzyjających ich regeneracji, tj. na „ostro”, bez obciążeń wynikających ze zmian degeneracyjnych, w tym nerwiaków;
- TR: zespolenie nerwów dotyczy po stronie kikutu „uśpionego neuronu” (przewodzenie bodźców było przez długi okres czasu zablokowane, występują zmiany degeneracyjne oraz nerwiaki);
- R: brzusce mięśniowe kończyny replantowanej, jakkolwiek uszkodzone często poza bezpośrednim obszarem rany urazowej, są pozbawione zmian degeneracyjnych, a możliwość skrócenia kończyny stwarza warunki ich zespolenia w zdrowych granicach
- TR: pozostałe w zakresie kończyny biorczej brzusce mięśniowe objęte są procesem degeneracyjnym, a dodatkowo utrudnienie ich zespolenia z brzuscami (oraz innymi elementami anatomicznymi) kończyny dawczej stanowi naturalną anatomiczną różnicą ich rozmiarów.

Ważną sprawą, z którą musi uporać się zespół terapeutów, jak i lekarzy jest stan zaburzonej psychiki chorego po TR. Po przeprowadzonej R chory odczu-

DISCUSSION

Transplanted limbs are subject to a rehabilitation process based on that used in limb replantation at a corresponding level [2,3,5,15]. Nevertheless, there are some significant differences due to completely different initial conditions:

- LR: patients do not perceive the lack of the limb; instead, they are only affected with the limb's post-traumatic dysfunction; after amputation/replantation the brain motor structures function undisturbed;
- HTx: the amputees wait for the procedure for a couple of years during which the cortical motor areas (CMA) undergo involution; recovery of hand function strongly depends upon CMA regenerative abilities (so called “brain plasticity”), themselves determined by a variety of factors;
- LR: nerve anastomoses are performed under conditions favorable for their regeneration, without degenerative changes, including neuromas.
- HTx: on the stump side, nerve anastomoses involve the dormant neuron (impulse conduction blocked for a long time, degenerative changes, including neuromas, are present);
- LR: despite their damage exceeding the direct area of traumatized tissue, muscle bellies of the replanted limb do not degenerate and the possibility of limb shortening allows for anastomosis within the limits of healthy tissue;
- HTx: muscle bellies of the recipient site undergo extensive degeneration; what makes the anastomoses even more difficult is the presence of natural anatomical differences in size between the donor and recipient muscles.

After HTx the recipient develops psychological issues which have to be dealt with by the team of therapists and doctors. In contrast to that, patients after replantation, although anxious about limb survival, demonstrate an optimistic attitude regarding future long-term rehabilitation process. At the same time, HTx recipients face the problem of ac-

wa naturalny dyskomfort związany z przebytą operacją i doznąą amputacją, niepokoi się o przeżycie kończyny, w większości przypadków jest jednak nastawiony pozytywnie do perspektywy długotrwałego usprawniania. W przypadkach TR oprócz wyżej wymienionych występują dodatkowe trudności. Chory musi bowiem zaakceptować przeszczepioną kończynę jako własną. Niezwykle ważne jest aby w tym wczesnym okresie otrzymał on właściwe wsparcie psychiczne ze strony całego zespołu leczącego. Kolejnym problemem jest przeprowadzanie ćwiczeń/zabiegów w warunkach ostrego „reżimu sanitarnego” (chory po TR znajduje się w stanie głębokiej immunosupresji).

W odróżnieniu od R, chory po TR musi jakby „na nowo” nauczyć się posługiwania się kończyną. Cenną pomoc stanowi w tym zakresie jest wprowadzony przez Perfetti system ćwiczeń wizualno-motorycznych wykonywanych przed lustrem, pozorujących ruchy kończyny przeszczepionej. Metoda ta wprowadzona pierwotnie do usprawniania chorych z poudarowymi zaburzeniami ruchu, znalazła obecnie szerokie zastosowanie w usprawnianiu chorych po TR [1,3,4,8,11]. Odgrywa ona w prawdzie większą rolę w przypadkach TR przeprowadzonych na wyższym poziomie (np. w połowie przedramienia), gdyż świadomość ruchu oraz zdolność jego koordynacji jest u chorych po TR na poziomie nadgarstka względnie duża, niemniej włączenie jej do protokołu ćwiczeń chorego D. M. wydaje się korzystne.

Utrudnieniem występującym w początkowym okresie procesu usprawniania kończyny, zarówno w przypadkach R, jak i TR stanowi brak czucia głębokiego. Chory nie może więc ocenić siły napięcia zespolonych ścięgien, dlatego w trakcie przeprowadzanych ćwiczeń niezbędna jest stała asysta fizjoterapeuty. Podobnie jak w przypadkach R duże znaczenie w zakresie usprawniania ruchowego TR przywiązujemy do stosowania dynamicznej szyny wyprostnej. Bardzo zachęcające rezultaty uzyskane tą drogą u chorych po replantacji kończyny przedstawił Schecker [13,14]. Orteza ta utrzymując korzystnie funkcjonalnie ustawienie ręki (nadgarstek ustalony w lekkim wyproście przy zablokowaniu wyprostu stawów MCP, ustalonych w zgięciu dłoniowym 50-70°), ułatwia zginanie palców w stawach PIP i DIP przeciw niewielkiemu oporowi wywieranemu przez napięte gumki. Ruch wyprostu wykonywany jest biernie, poprzez gumki zwalniające uzyskane ruchem zgięcia napięcie.

Nieodłącznym elementem procesu usprawniania jest dokładna rejestracja uzyskiwanych w kolejnych etapach czasowych wyników, która obok istotnego znaczenia naukowego posiada dla chorego ogromne znaczenie motywacyjne.

cepting the limb as their own. Of vital importance is appropriate support provided by the entire transplant team. Another difficulty lies in the necessity of performing exercises under a sanitary regime due to profound immunosuppression the recipient is in shortly after the procedure. In contrast to replantation patients, HTx recipients have to learn anew how to use their limbs. A useful tool in that process is the visual-motor exercises introduced by Perfetti. They are performed in front of a mirror and imitate movements of the grafted limb. This method, originally introduced in post-stroke therapy, has currently been extensively used in physiotherapy of HTx recipients [1,3,4,8,11]. Movement consciousness and coordination skills after wrist-level HTx are quite high and thus Perfetti exercises seem to be more beneficial for high-level Tx (e.g. mid-forearm); nonetheless, because of their high potential usefulness we included these exercises in the rehabilitation process of the patient D.M.

A difficulty commonly encountered at the beginning of rehabilitation of both HTx and replantation patients is the lack of deep tactile sensation. This impedes correct assessment of tension exerted on the anastomosed tendons and makes it essential for the physiotherapist to continuously assist the patient. Similar to replantation cases, we find the outrigger extension splint to be of great use in HTx rehabilitation programs. Schecker et al. described interesting results of post-replantation therapy with this splint [13,14]. This orthosis maintains a functionally beneficial position of the hand: a slightly extended wrist with the MCP joints blocked in palmar flexion of 50-70°, which facilitates flexing the fingers in the DIP and PIP joints against the low resistance offered by tensed rubber bands. Finger extension is passive and occurs when the rubber bands release their tension.

Recording the results achieved at predetermined intervals, an indispensable element of rehabilitation, not only has important research value but also provides great motivation for the patient to continue their efforts.

The functional results achieved by the patient D.S. are among the best ones in this group (distal forearm) [19,20]. The range of movements has proved to be very wide, which is rarely seen in patients after hand replantation [21]. The observed recovery of intrinsic muscle function is noteworthy. The ability to abduct the fifth finger allows for grasping big objects like a volleyball, while correct thumb opposition makes it possible for the recipient to perform precision-demanding tasks, like turning pages or picking up coins. These abilities determine the high scores achieved by the patient in the DASH, SF-36 and CFSS questionnaires. Lower muscle strength

Uzyskany u przedstawianego chorego wynik czynnościowy plasuje go pośród najlepszych w tej grupie (tj. TR na poziomie 1/3 dalszej przedramienia) [19,20]. Zakres ruchów jest bardzo duży, rzadko osiągany u chorych po R [21]. Zwraca uwagę powrót funkcji mięśni wewnętrznych. Możliwość odwiezienia palca małego zezwala na uchwycenie przedmiotów o większej średnicy (np. piłki siatkowej), a sprawna opozycja kciuka wraz z doskonałym czuciem umożliwia sprawne wykonywanie czynności precyzyjnych (np. odwracanie kartek książki, podnoszenie monet). Zdolności te decydują o wysokiej punktacji ocen osiągniętej przez chorego przy użyciu kwestionariuszy: DASH, SF-36, CFSS. Na wynik ten nie wpływa niekorzystnie stwierdzana u chorego słabsza siła mięśniowa, ma ona bowiem mniej istotne znaczenie w ocenie funkcji ręki [19,21].

Szczegółowe opracowania dotyczące usprawniania chorych po TR należą do nielicznych. Wydaje się, że stosowane we wszystkich ośrodkach podstawowe reguły dotyczące usprawniania TR są zbliżone, a zarazem wzorowane są na protokołach przyjętych dla R. Różnice dotyczą w większym stopniu czasu wprowadzania określonych ćwiczeń, niż ich rodzaju. Dla przykładu ośrodek w Louisville wdraża ćwiczenia na dynamicznej szynie wyprostnej już w trakcie 1 tyg. pooperacyjnego, podczas gdy autorzy z Brukseli oraz Mediolanu nie wspominają w ogóle o zastosowaniu tego urządzenia [3,5,11,12, 15]. Podobnie autorzy amerykańscy rozpoczynają elektrostymulację mięśni wewnętrznych już od drugiego tyg. poop., podczas gdy autorzy włoscy wdrażają ten zabieg dopiero po pojawieniu się czucia w obszarze śródreżca przeszczepionej kończyny [3]. Różnice te przedstawia Tab. 1.

Doświadczenia wieloośrodkowe wykazują, że transplantowane kończyny uzyskują funkcję porównywalną,

detected during follow-up visits does not impact these results because of its lesser significance in the evaluation of hand function [19,21].

There are few detailed reports concerned with rehabilitation after HTx. The main differences regard the timing of introduction of exercises rather than the types of exercises. For example, the Louisville center begins outrigger extension splint exercises as soon as the first week post-transplant, while the teams from Brussels and Milan do not mention having used this device at all [3,5,11,12,15]. Similarly, the American authors introduce electrical stimulation of the muscles during week 2 post-op, while the Belgian and Italian authors use this method only after tactile sensation is recovered within the metacarpus of the grafted limb [3]. These differences are summed up in Table 1.

Multicenter experiences show that limb function recovery is more complete after transplantation than after replantation at the same level [1]. The meticulously scheduled and performed rehabilitation may be partially responsible for these outcomes.

Tab. 1. Czas wdrażania procedur rehabilitacyjnych wybranych ośrodkach u pacjentów po TR

Tab. 1. Time of commencing rehabilitation procedures in HT patients in different centers

Procedura/ Procedure	Ośrodek / Center			
	Louisville (USA)	Brussel (B)	Milan (I)	Trzebnica (PL)
elektrostymulacja / electrical stimulation				
nerwy / nerves	2 dzień / day 2	2 dzień / day 2	14 dzień / day 14	14 dzień / day 14
mięśnie wewnętrzne / intrinsic muscles	2 tydzień / week 2	2 tydzień / week 2	12 tydzień / week 12	2 tydzień / week 2
mięśnie zewnętrzne / external muscles	2 tydzień / week 2	6 tydzień / week 6	8 tydzień / week 8	4 tydzień / week 4
stymulacja czuciowa/ sensory stimulation	?	1 tydzień / week 1	8 tydzień / week 8	13 tydzień / week 13
ruchy czynne / active motion	1 tydzień / week 1	3 tydzień / week 3	4 tydzień / week 4	3 tydzień / week 3
ruchy oporowe / resistance movements	6 tydzień / week 6	6 tydzień / week 6	5 tydzień / week 5	6 tydzień / week 6
dynamiczna szyna wyprostna / outrigger dynamic splint	1 tydzień / week 1	?	?	3 tydzień / week 3

bądź lepszą niż kończyny replantowane w analogicznej strefie [1]. Nie bez wpływu na taki wynik wydaje się pozostawać bardzo starannie zaprogramowana i przeprowadzana rehabilitacja.

WNIOSEK

Uzyskany u chorego wynik, jak również wyniki przedstawione przez innych autorów, potwierdzają potrzebę wdrożenia po przeprowadzonej TR, jak najwcześniejszej, ukierunkowanej wielostronnie rehabilitacji.

CONCLUSION

The results achieved by our hand transplant recipient as well as those described by other authors confirm the need to introduce early and multidirectional rehabilitation following hand transplantation surgery.

PIŚMIENICTWO/REFERENCES

1. Schuind F, Abramowicz D, Schneeberger S. Hand transplantation: The state-of-the-art. *J Hand Surg* 2007; 32 (Br): 2-17.
2. Gorantla VS, Breidenbach WC. Posttransplant rehabilitation. W: Hewitt CW, WP Lee, editors. *Transplantation of composite tissue allografts*. I wyd. Nowy Jork; Springer; 2008, p. 224.
3. Urso G, Stroppa L, Barchitta T. et al. Return of sensibility and motor recovery of extrinsic and intrinsic muscles. W: Lanzetta M, Dubernard JM, Petruzzo P editors. *Hand transplantation*. I wyd. Mediolan: Springer; 2007, p. 279- 289.
4. Ninovic M. Rehabilitation and assesment of function after hand and face transplantation 1st ACRTS Conference, Philadelphia 2008, July 20-22, p. 54.
5. Schuind F, Van Holder C, Mouraux D, et al. The first Belgium hand transplantation-37 month term results. *J Hand Surg (Br)* 2006; 31 (4): 371-76.
6. Jablecki J, Kaczmarzyk L, Domanasiewicz A et al. Przeszczep ręki – ocena wyniku po 6 miesiącach. *Doniesienie wstępne. Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2010; 12: 90 -99.
7. Jablecki J, Maj A, Kocięba R. Własne doświadczenia w zakresie usprawniania kończyn po replantacji na wysokości nadgarstka. *Chir Narz. Ruchu Ortop. Pol.* 1999; 64 (6): 603-609.
8. Perfeti C. *Der hemiplegische Patient (Kognitiv Therapeutische Ubungen)* Pflaum Verlag, Munich 1997.
9. Syrko M, Jablecki J. Nowe możliwości usprawniania ręki metodą ciągłych ruchów biernych za pomocą urządzenia Artromot-F. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2008; 73 (4): 257-258.
10. Żyłuk A. Metody usprawniania palców ręki po operacyjnym leczeniu uszkodzeń ścięgien zginaczy w strefie I i II. *Chir Narz Ruchu Ortop Polska* 1999; 64 (3): 327-333.
11. Moreaux D, Robert Ch, Meyer A. Rehabilitation after hand transplantation. Multidisciplinary approach. *Proceedings of the 15th Brussels International Symposium: Vascularized and non-vascularized allografts in hand surgery*. 2007, Feb 3-4 Genval, Belgium, p. 174.
12. Leong PC. Rehabilitation of the hand. W: Boswick JA jr, editor. *Current concepts of hand surgery*. I wyd. Filadelfia: Lea Febiger; 1983, p. 255-264.
13. Schecker LR, Hodges A. Brace and rehabilitation after replantation and revascularisation. *Hand Clinic* 2001; 17 (3): 473- 480.
14. Schecker LR, Cheshier SP, Netscher DT et al. Functional results of dynamic splinting after transmetacarpal, wrist and distal forearm replantation. *J Hand Surg* 1995; 20 (5): 584-590.
15. Hodges A, Cheshier SP, Fernanda S. Hand transplantation, rehabilitation. Case report. *Microsurgery* 2000; 20: 389- 392.
16. Beaton D, Katz J, Fossel A. et al. Measuring the whole or the parts? Validity, reliability and responsiveness of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand: outcome measure in different regions of the upper extremity. *J Hand Ther* 2003; 14: 128 -31.
17. Lanzetta M, Petruzzo P. A comprehensive score system in hand transplantation. In: Lanzetta M, Dubernard JM, editors. *Hand transplantation*, I wyd. Mediolan: Springer Verlag; 2007, p. 462 – 76.
18. Tylka J. Czy badanie jakości życia jest dobrym kryterium oceny skuteczności rehabilitacji. *Rehab Med* 2003; 7 (4): 23-26.
19. Herzberg G, Parmentier H, Erhard L. Assessment of functional outcome in hand transplantation patients. *Hand Clin* 2003; 19 (3): 505-509.
20. The International Registry on Hand and Composite Tissue Transplantation (IRHCTT)[cited 2010 Aug. 20] Available from: www.handregistry.com
21. Żyłuk A, Walaszek I. Ocena wyników replantacji kończyn górnych. *Chir Narz Ruchu Ortop Pol* 2007; 72 (3): 165-173.

Liczba słów/Word count: 5958

Tabele/Tables: 1

Ryciny/Figures: 4

Piśmiennictwo/References: 21

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Jerzy Jablecki, MD, PhD

Department of General Surgery, St Hedwig's Hospital in Trzebnica
55-100 Trzebnica, ul. Prusicka 53, tel.: 601-157-163, e-mail: jerzy.jablecki@interia.pl

Otrzymano / Received

16.11.2010 r.

Zaakceptowano / Accepted

07.01.2011 r.