

# Doświadczenia własne w leczeniu operacyjnym okołoporodowych obrażeń splotu ramiennego – wyniki w różnych typach uszkodzeń

## Our Experience with Surgical Treatment of Perinatal Brachial Plexus Palsy – Results in Different Types of Lesions

Jerzy Gosk<sup>1(A,B,D,E,F)</sup>, Roman Rutowski<sup>1,2(A,D)</sup>, Maciej Urban<sup>1(B,E,F)</sup>,  
Roman Wiącek<sup>1(B,E,F)</sup>, Piotr Mazurek<sup>1(B,E,F)</sup>

<sup>1</sup> Katedra Chirurgii Urazowej, Klinika Chirurgii Urazowej i Chirurgii Ręki, Akademia Medyczna, Wrocław

<sup>1</sup> Hospital Department of Traumatology, University Department of Traumatology and Hand Surgery, Wrocław Medical University

<sup>2</sup> Katedra Biostruktury, Zakład Medycyny Sportu i Żywienia, Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław

<sup>2</sup> Department of Biostructure, Division of Sports Medicine and Nutrition, University of Physical Education of Wrocław

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** Okołoporodowe uszkodzenia splotu ramiennego występują pod postacią uszkodzeń górnych (C5-C6), górnio-środkowych (C5-C6-C7) i całkowitych (C5-Th1). Celem pracy była ocena wyników leczenia operacyjnego w poszczególnych typach uszkodzeń splotu ramiennego.

**Materiał i metody.** Materiał kliniczny stanowiło 80 dzieci, u których wykonano pierwotny zabieg naprawczy splotu ramiennego (neuroлиза zewnętrzna, neuroлиза wewnętrzna, rekonstrukcja szwem bezpośrednim, rekonstrukcja z wszczepami, rekonstrukcja pozaanatomiczna wewnątrzsplotowa, rekonstrukcja pozaanatomiczna pozasplotowa). U 31 dzieci wykonano dodatkowo 39 zabiegów tenomioplastycznych. W oparciu o powszechnie uznane skale oceny dokonano u 70 dzieci analizy wyników leczenia operacyjnego w różnych typach uszkodzeń.

**Wyniki.** W wyniku przeprowadzonego leczenia operacyjnego u wszystkich dzieci z uszkodzeniami górnymi uzyskano dobrą i bardzo dobrą funkcję stawu ramiennego i łokciowego. W uszkodzeniach górnio-środkowych dobrą i bardzo dobrą funkcję stawu ramiennego obserwowano w 61,5%, a dobrą funkcję stawu łokciowego w 76,9% przypadków. U dzieci z uszkodzeniami całkowitymi dobrą funkcję stawu ramiennego uzyskano w 51,2%, a dobrą funkcję stawu łokciowego w 61% przypadków. W grupie uszkodzeń całkowitych użyteczną funkcję ręki uzyskano w 53,6% przypadków.

**Wnioski.** 1. Interwencja operacyjna może być wskazana w każdym typie lokalizacyjnym uszkodzenia splotu ramiennego. Najczęściej jest ona jednak niezbędna w uszkodzeniach całkowitych i górnio-środkowych. 2. Uzyskiwane wyniki leczenia operacyjnego zależą od rozległości uszkodzenia splotu ramiennego. Najbardziej korzystne rokowniczo są izolowane uszkodzenia części górnej splotu ramiennego.

**Słowa kluczowe:** okołoporodowe uszkodzenia splotu ramiennego, uszkodzenia górne, uszkodzenia górnio-środkowe, uszkodzenia całkowite, leczenie chirurgiczne

### SUMMARY

**Background.** Perinatal brachial plexus palsies can be divided into upper (C5-C6), upper-middle (C5-C6-C7) and total injuries (C5-Th1). The study aimed to evaluate the results of surgical repair in the different types of palsies.

**Material and methods.** The patient population comprised 80 children who underwent primary repair of the brachial plexus (external neurolysis, internal neurolysis, direct neurorrhaphy, nerve grafts, extraanatomical intraplexus reconstruction, extraanatomical extraplexus reconstruction). 31 patients were additionally subjected to 39 tenoplasty procedures. Widely recognised assessment scales were used to evaluate the outcome of surgical treatment of different types of palsies in 70 patients.

**Results.** Good and very good post-operative function of the glenohumeral and elbow joints was demonstrated in all patients with upper palsy. In the group of upper-middle injuries, 61.5% of patients presented good and very good function of the shoulder and 76.9% had good function of the elbow. In subjects with total brachial plexus palsy, good function of the shoulder was demonstrated by 51.2%, good function of the elbow by 61% and 53.6% presented with a functionally useful hand.

**Conclusions.** 1. While surgical repair may be indicated in brachial plexus injuries at all levels, it is usually inevitable in total and upper-middle palsies. 2. The surgical outcome depends on the extent of baseline damage to the brachial plexus, with the best prognosis in isolated upper palsies.

**Key words:** perinatal brachial plexus palsy, upper injuries, upper-middle injuries, total injuries, surgical treatment

## WSTĘP

W większości przypadków okołoporodowych uszkodzeń splotu ramiennego obserwuje się stopniowy spontaniczny powrót funkcji. Najlepiej rokują uszkodzenia górnej części splotu ramiennego [1]. Analiza materiału klinicznego poszczególnych autorów wykazuje znaczące różnice w liczbie przypadków, w których doszło do samoistnej spontanicznej poprawy funkcji kończyny [2,3]. Niezwykle wysoki odsetek korzystnego przebiegu schorzenia obserwowali: Greenwald – 96%, Michelow – 92%, Bisinella – 88%, a mniej optymistyczne dane zawarte były w opracowaniach innych, którzy powrót funkcji kończyny górnej stwierdzali: Bager w 49%, Evans-Jones w 54%, Nehme w 57%, Hoeksma w 66%, Sjöberg w 73% przypadków [4,5]. Dysproporcje te wynikają z różnorodności materiału klinicznego, obejmującego przypadki obrażeń splotu ramiennego o różnej lokalizacji i stopniu ciężkości uszkodzenia. Nie bez znaczenia jest też fakt braku jednolitego zdefiniowania pojęcia: całkowity powrót funkcji [1]. Jest oczywiste, że pewna grupa dzieci ma małe szanse powrotu funkcji w drodze postępowania rehabilitacyjnego i wymaga interwencji operacyjnej [6-9]. Podjęcie takiej decyzji nie jest jednak we wstępnym okresie łatwe z uwagi na trudny do przewidzenia zakres spontanicznej reinerwacji.

Całkowite obrażenia splotu ramiennego, szczególnie w przypadkach podejrzanych o uszkodzenia przedzwojowe, wymagają leczenia operacyjnego w trybie pilnym. Większość autorów przyjmuje za optymalny do interwencji chirurgicznej 2-3 miesiąc życia dziecka [10-12]. W uszkodzeniach całkowitych decyzję o postępowaniu chirurgicznym powinno się podejmować w oparciu o stan kliniczny ręki, nawet mimo obserwowanej czasem poprawy funkcji górnej części splotu ramiennego [10]. Większe kontrowersje budzi kwalifikacja do leczenia operacyjnego w uszkodzeniach górnych i górno-środkowych. Uszkodzenia te występują najczęściej, a rokowanie jest w nich nieporównywalnie lepsze niż w uszkodzeniach całkowitych. Kluczowe jest więc skierowanie do operacji tylko tych dzieci, które nie mają szansy na powrót funkcji w wyniku leczenia zachowawczego.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał kliniczny stanowiło 80 dzieci (46 chłopców, 34 dziewczynki) w wieku od 2,5 miesiąca do 36 miesięcy, u których wykonano zabieg mikrochirurgiczny z powodu objawów okołoporodowego uszkodzenia splotu ramiennego. Zabiegi przeprowadzono w latach 1994-2007. W materiale stwierdzono 4 uszkodzenia w górnej części splotu ramiennego (C5-C6), 30 uszkodzeń części górno-środkowej (C5-C6-C7)

## BACKGROUND

Most patients with perinatal brachial plexus palsy will demonstrate gradual spontaneous recovery of function, with the best prognosis in upper injuries [1]. There is a considerable divergence in the percentages of spontaneous restoration of limb function reported by different authors [2,3]. Extraordinarily high rates of improvement were found by Greenwald (96%), Michelow (92%) and Bisinella (88%), whereas the following authors obtained less optimistic results: Bager (49%), Evans-Jones (54%), Nehme (57%), Hoeksma (66%), Sjöberg w (73%) [4,5]. The source of the discrepancy lies in diversity of the study populations, comprising subjects with brachial plexus injury of various severity and located at different levels. Another important factor is lack of a uniform definition of complete restoration of joint function [1]. It is obvious that a certain group of children has poor prospects of full recovery via rehabilitation and thus they require surgical exploration [6-9]. Nevertheless, the decision to operate is not easy in the initial period since the extent of spontaneous reinnervation is difficult to predict.

Total brachial plexus palsies require immediate surgery, especially if preganglionic damage is suspected. According to most authors, the optimum timing for operative treatment is 2-3 months of age [10-12]. In total injuries, the decision to operate should be based on the clinical presentation of the hand, regardless of occasional improvement in the function of the upper brachial plexus [10]. Qualification of patients with upper and upper-middle palsies for surgery is more controversial. Such injuries are the most prevalent and the prognosis is incomparably better than in cases of total damage. Thus, it is of key importance to operate only on those children who have no chance of recovery through conservative treatment.

## MATERIAL AND METHODS

The study population comprised 80 children (46 boys and 34 girls) aged 2.5-36 months who underwent microsurgical procedures due to signs of perinatal brachial plexus palsy between 1994 and 2007. There were 4 upper plexus injuries (C5-C6), 30 upper-middle (C5-C6-C7) and 46 total palsies (C5-Th1). Appropriate microsurgical techniques were applied (see Table 1).

oraz 46 uszkodzeń całkowitych (C5-Th1). W czasie leczenia operacyjnego zastosowano odpowiednie techniki mikrochirurgiczne – Tabela 1.

Zestawienie wieku operowanych dzieci w zależności od zastosowanych technik operacyjnych przedstawiono w Tabeli 2.

W grupie zabiegów rekonstrukcyjnych wiek operowanych wahał się od 2,5 miesiąca do 9 miesięcy u 29 dzieci (średni wiek – 4,2 miesiąca). Wyjątek stanowiło 1 dziecko, które zgłosiło się do leczenia z bardzo dużym opóźnieniem – zabieg rekonstrukcyjny był wykonany w 33 miesiącu życia. Wiek dzieci, u których wykonano neuroлизę z powodu nerwiaka w ciągłości wahał się od 3,5 do 36 miesięcy (średni wiek – 12,9 miesiąca). Wiek dzieci, u których wy-

Table 2 presents the age of the subjects by the operative technique.

In the group which underwent reconstruction, the age at surgery was 2.5–9 months in 29 children (with a mean age of 4.2 months). There was also one patient who sought treatment with much delay and was operated on at 33 months. The age of the subjects treated with neurolysis due to neuroma-in-continuity was 3.5–36 months (with a mean of 12.9 months). Finally, the children who had brachial plexus release were 3–29 months old (the mean age was 10.3 months).

Thirty-one patients additionally underwent tenomyoplasty, with 8 of them operated on twice. The following procedures were implemented:

Tab. 1. Rodzaj wykonanych zabiegów mikrochirurgicznych w poszczególnych typach uszkodzeń w zależności od mechanizmu uszkodzenia

Tab. 1. Microsurgical procedures performed in patients with different types of injury depending on mechanism of lesion

L.p. No	Mechanizm uszkodzenia Mechanism of injury	Rodzaj zabiegu Type of procedure	Obraz kliniczny uszkodzenia Clinical presentation of injury			Łącznie Total
			Uszk. górne Upper injury	Uszk. górno- środkowe Upper-middle injury	Uszk. całkowite Total injury	
1.	naciągnięcie + ucisk traction + compression	neurolyza zewnętrzna external neurolysis	2	16	10	28
2.	naciągnięcie + ucisk +zwłóknienie międzypęczkowe traction + compression + interfascicular fibrosis	neurolyza zewnętrzna i wewnętrzna external and internal neurolysis	0	1	2	3
3.	naciągnięcie + częściowe przerwanie + ucisk traction + partial rupture + compression	neurolyza zewnętrzna nerwiaka w ciągłości external neurolysis of neuroma-in-continuity	1	7	9	17
4.	naciągnięcie + częściowe przerwanie + zwłóknienie międrzypęczkowe + ucisk traction + partial rupture + interfascicular fibrosis + compression	neurolyza zewnętrzna i wewnętrzna nerwiaka w ciągłości external and internal neurolysis of neuroma- in-continuity	0	1	1	2
5.	naciągnięcie + całkowite przerwanie + ucisk traction + total rupture + compression	rekonstrukcja szwem bezpośrednim direct neurorrhaphy	1	2	5	8
6.	naciągnięcie + całkowite przerwanie + ucisk traction + total rupture + compression	rekonstrukcja – wszczepy reconstruction with grafts	0	2	4	6
7.	naciągnięcie + całkowite przerwanie + wyrwanie + ucisk traction + total rupture + avulsion + compression	rekonstrukcja pozaanatomiczna wewnątrzplotowa extraanatomical intraplexus reconstruction	0	0	5	5
8.	naciągnięcie + całkowite przerwanie + wyrwanie + ucisk traction + total rupture + avulsion + compression	rekonstrukcja pozaanatomiczna pozasplotowa extraanatomical extraplexus reconstruction	0	1 (1)*	10 (3)*	11
Łącznie Total			4	30	46	80

\* – w nawiasach podano liczbę przypadków, w których wykonano rekonstrukcję pozaanatomiczną selektywną

\* – the number of cases in which extraanatomical selective reconstruction was performed is given in brackets

Tab. 2. Wiek operowanych dzieci w zależności od techniki operacyjnej

Tab. 2. Age of surgically treated children by operative technique

Wiek operowanych dzieci Age of children	zabiegi rekonstrukcyjne reconstructive procedures	neuroлиза – nerwiak w ciągłości neurolysis of neuroma- in-continuity	neuroлиза neurolysis
do 3 miesiąca up to 3 months	11	0	4
> 3 do 6 miesiąca > 3 to 6 months	16	6	13
> 6 do 12 miesiąca > 6 to 12 months	2	6	6
> 12 miesiąca > 12 months	1	7	8
Łącznie operowanych Total	30	19	31

konano uwolnienie splotu, wahał się od 3 do 29 miesięcy (średni wiek – 10,3 miesiąca).

U 31 dzieci wykonano dodatkowo zabiegi tenomioplastyczne, w tym u 8 dzieci przeprowadzono po dwie tego typu operacje. Przeprowadzono następujące rodzaje zabiegów:

1. tenomioplastyki poprawiające funkcję stawu ramiennego (mięsień podłopatkowy, mięsień obły większy/mięsień najszerszy grzbietu, mięsień czworoboczny) – 23 zabiegi
2. tenomioplastyki korygujące ustawienie przedramienia (mięsień nawrotny obły, mięsień ramienno-promieniowy, mięsień dwugłowy ramienia) – 13 zabiegów
3. tenomioplastyki poprawiające funkcję nadgarstka (mięsień zginacz łokciowy nadgarstka) – 3 zabiegi.

Wiek operowanych dzieci, u których wykonano tenomioplastykę, wahał się od 1 roku 3 miesięcy do 14 lat.

Badania kontrolne oraz ocenę wyników leczenia przeprowadzono u 70 dzieci. Okres obserwacji wynosił od 3 do 14 lat. Zastosowano następujące skale oceny.

1. skala Gilberta dla oceny funkcji stawu ramiennego [10]
  - stopień 0 – całkowicie wiotki staw
  - stopień I – odwodzenie do 45°, brak czynnej rotacji zewnętrznej
  - stopień II – odwodzenie < 90°, rotacja zewnętrzna do pozycji zerowej
  - stopień III – odwodzenie = 90°, słaba rotacja zewnętrzna
  - stopień IV – odwodzenie < 120°, niecałkowita rotacja zewnętrzna
  - stopień V – odwodzenie > 120°, pełna czynna rotacja zewnętrzna

Ocena: stopień V – wynik bardzo dobry, stopień IV – wynik dobry, stopień III – wynik średni, stopień II – wynik słaby.
2. skala Gilberta i Raimondi dla oceny funkcji stawu łokciowego [10].

1. tenomyoplasty to improve the function of the glenohumeral joint (subscapular, teres maior / latissimus dorsi, trapezius) – 23 operations;
2. tenomyoplasty to correct forearm position (pronator teres, brachioradialis, biceps brachii) – 13 operations;
3. tenomyoplasty to improve wrist function (flexor carpi ulnaris) – 3 operations.

The age of children who underwent tenomyoplasty procedures was 15 months to 14 years.

The group followed up (observation period from 3 to 14 years) and assessed for surgical outcomes comprised 70 patients. The following assessment scales were utilized:

1. Gilbert's scale for evaluation of shoulder function [10]:
  - Stage 0 = flail shoulder
  - Stage I = abduction or flexion to 45°, no active lateral rotation
  - Stage II = abduction < 90°, lateral rotation to neutral
  - Stage III = abduction = 90°, weak lateral rotation
  - Stage IV = abduction < 120°, incomplete lateral rotation
  - Stage V = abduction > 120°, active lateral rotation

Evaluation: stage V – very good result, stage IV – good result, stage III – average result, stage II – poor result
2. Gilbert's and Raimondi's scale for evaluation of elbow function [10]:
  - A. Elbow flexion:
    - Nil or some contraction = 0 points
    - Incomplete flexion = 2 points
    - Complete flexion = 3 points
  - B. Elbow extension:
    - No extension = 0 points
    - Weak extension = 1 point
    - Good extension = 2 points

- A. Zgięcie stawu łokciowego  
 – brak lub skurcz mięśnia = 0 punktów  
 – niecałkowite zgięcie = 2 punkty  
 – całkowite zgięcie = 3 punkty
- B. Wyprost stawu łokciowego  
 – brak wyprost = 0 punktów  
 – słaby wyprost = 1 punkt  
 – dobry wyprost = 2 punkty
- C. Deficyt wyprost  
 –  $0^{\circ}$ - $30^{\circ}$  = 0 punktów  
 –  $30^{\circ}$ - $50^{\circ}$  = -1 punkt  
 –  $> 50^{\circ}$  = -2 punkty
- Ocena: stopień I – wynik słaby (0-1 punktów), stopień II – wynik średni (2-3 punkty), stopień III – wynik dobry (4-5 punktów).
3. skala Al-Qattan dla oceny ruchów obrotowych przedramienia [13]  
 stopień 1 – pronacja przedramienia znacznie upośledzająca funkcję kończyny i powodująca defekt kosmetyczny  
 stopień 2 – supinacja przedramienia znacznie upośledzająca funkcję kończyny i powodująca defekt kosmetyczny  
 stopień 3 – funkcjonalne ustawienie przedramienia (w pozycji pośredniej lub niewielkiej pronacji) bez lub z niewielką czynnością ruchową  
 stopień 4 – funkcjonalne ustawienie przedramienia z dobrym zakresem ruchu pronacji i supinacji  
 stopień 5 – normalna siła i zakres ruchu  
 Ocena: korekcji operacyjnej wymaga stopień 1 i 2.
4. skala Al-Qattan dla oceny funkcji nadgarstka [13]  
 stopień 0 – brak skurczu mięśnia lub ślad skurczu  
 stopień 1 – aktywny ruch przy wyeliminowaniu siły ciężkości  
 stopień 2 – aktywny ruch przeciwko sile ciężkości  
 stopień 3 – aktywny ruch przeciwko oporowi z ruchem  $\leq \frac{1}{2}$  normalnego zakresu  
 stopień 4 – aktywny ruch przeciwko oporowi z ruchem  $> \frac{1}{2}$  normalnego zakresu  
 stopień 5 – normalna siła i zakres ruchu  
 Ocena: jako funkcjonalnie użyteczny przyjmuje się stopień 3 i 4 zarówno dla funkcji zginania, jak i prostowania (Z/P).
5. skala Al-Qattan dla oceny funkcji ruchowej ręki [13]  
 stopień 0 – dłoń nieużyteczna – całkowite porażenie lub nieznaczne ruchy palców, bezużyteczny kciuk  
 stopień 1 – słaba funkcja – możliwy słaby chwyt  
 stopień 2 – zadowolająca funkcja – pewne aktywne zgięcie i/lub wyprost palców oraz pewna ruchomość kciuka, zaniki i brak funkcji mięśni wewnętrznych dłoni (intrinsic minus)
- C. Extension deficit:  
 –  $0-30^{\circ}$  = 0 points  
 –  $30-50^{\circ}$  = -1 point  
 – More than  $50^{\circ}$  = -2 points  
 Evaluation: grade I – poor result (0-1 points), grade II – average result (2-3 points), grade III – good result (4-5 points)
3. Al-Qattan's scale for evaluation of forearm rotation moves [13]:  
 1 = pronated forearm causing a functional or cosmetic disability  
 2 = supinated forearm causing a functional or cosmetic disability  
 3 = functional forearm position (mid pronation-supination or slight pronation) with no or minimal active motion  
 4 = same as 3 but with good active pronation and supination  
 5 = normal power and range of motion  
 Evaluation: operative correction is necessary in 1 and 2
4. Al-Qattan's scale for evaluation of wrist function [13]  
 0 = no contraction or flicker of contraction  
 1 = active movement with gravity eliminated  
 2 = active movement against gravity only  
 3 = active movement against resistance with motion reaching  $\leq \frac{1}{2}$  normal range  
 4 = active movement against resistance with motion reaching  $> \frac{1}{2}$  normal range  
 5 = normal power and range of motion  
 Evaluation: functional useful is 3 and 4 both to flexion and extension function (F/E)
5. Al-Qattan's scale for evaluation of hand motor function [13]  
 0 = useless hand – complete paralysis or slight finger motion of no use, useless thumb  
 1 = poor function – only very weak grip possible  
 2 = fair function – there is some active flexion and/or extension of the fingers and some thumb mobility but the hand posture is intrinsic minus  
 3 = good function – same as 2 but there is no intrinsic minus posture (intrinsic balance)  
 4 = excellent function – near normal active finger flexion/extension and thumb mobility, with some active intrinsic function  
 5 = normal function  
 Evaluation: functional useful is 3 and 4
6. BMRC scale modified by Omer and Dellon for evaluation of hand sensory function [14] – only in total palsies.

stopień 3 – dobra funkcja – obecne aktywne zgięcie i/lub wyprost palców i ruchomość kciuka, bez zaników mięśni wewnętrznych dłoni (intrinsic balance)

stopień 4 – bardzo dobra funkcja – prawie normalny zakres ruchów zgięcia i wyprostu palców oraz kciuka, pewna aktywna czynność mięśni wewnętrznych dłoni

stopień 5 – normalna (prawidłowa) funkcja dłoni  
Ocena: za funkcjonalnie użyteczny uważa się stopień 3 i 4.

6. skala BMRC zmodyfikowana przez Omera i Del-lona dla oceny funkcji czuciowej ręki [14] – tylko w uszkodzeniach całkowitych.

### WYNIKI

Wyniki oceny funkcji stawu ramiennego w poszczególnych typach uszkodzeń przedstawiono w Tabeli 3.

W grupie uszkodzeń górnych u 3 dzieci uzyskano dobrą i bardzo dobrą funkcję stawu ramiennego (100%). W grupie uszkodzeń górno-środkowych dobrą i bardzo dobrą funkcję stawu ramiennego obserwowano u 16 dzieci (61,5%), natomiast średnią u 7 (26,9%). W tej grupie wykonano 8 zabiegów tenomioplastycznych poprawiających funkcję stawu ramiennego. W grupie uszkodzeń całkowitych dobry efekt funkcjonalny uzyskano u 21 dzieci (51,2%), a średnią funkcję stawu ramiennego u 10 (24,3%). W tej grupie wykonano 15 zabiegów tenomioplastycznych u 14 dzieci. Ogólnie dobrą i bardzo dobrą funkcję stawu ramiennego uzyskano u 40 z 70 (57,1%) badanych dzieci, średnią u 17 (24,2%), a słabą u 7 (10%). W pozostałych 6 przypadkach nie obserwowano użytecznej funkcji stawu ramiennego.

Ocenę funkcji stawu łokciowego zawarto w Tabeli 4.

W grupie uszkodzeń górnych 3 dzieci uzyskało dobrą funkcję stawu łokciowego (100%). W grupie uszkodzeń górno-środkowych dobrą funkcję stawu łokciowego obserwowano u 20 (76,9%), natomiast w grupie uszkodzeń całkowitych u 25 dzieci (61%). Ogólnie dobrą funkcję stawu łokciowego uzyskano

### RESULTS

Shoulder function in injuries at different levels is presented in Table 3.

Good and very good post-operative function of the shoulder was seen in three patients with upper palsy (100%). In the group of upper-middle injuries, 16 patients (61.5%) demonstrated good and very good function and seven displayed average function (26.9%). Patients in this group underwent 8 tenomyoplasty procedures to improve function of the shoulder. As regards total brachial plexus palsy patients, good and average function was obtained in 21 (51.2%) and 10 children (24.3%) respectively. A total of 15 tenomyoplasty procedures were conducted in 14 children from this group. Globally, good and very good function of the glenohumeral joint was seen in 40 out of the 70 subjects (57.1%), average function in 17 (24.2%) and poor in 7 (10%). In the 6 remaining children the joint was not functionally useful.

For elbow function in the groups see Table 4.

Good function of the elbow was obtained in all children with upper palsy, 20 with upper-middle injuries (76.9%) and 25 with total palsy (61%). Globally, good function of the joint was seen in 48 of the 70 subjects (68.6%), average in 18 (25.7%) and poor in 4 (5.7%).

Tab. 3. Ocena funkcji stawu ramiennego w poszczególnych typach uszkodzeń

Tab. 3. Shoulder function in different types of injuries

Stopień funkcji stawu ramiennego Shoulder function	Uszkodzenia górne Upper injuries	Uszkodzenia górno-środkowe Upper-middle injuries	Uszkodzenia całkowite Total injuries	Łącznie Total
0	-	1	1	2
I	-	-	4	4
II	-	2	5	7
III	-	7	10	17
IV	1	14	21	36
V	2	2	-	4
Liczba badanych No. of patients evaluated	3	26	41	70

Tab. 4. Ocena funkcji stawu łokciowego w poszczególnych typach uszkodzeń

Tab. 4. Elbow function in different types of injuries

Liczba punktów w skali Gilbert-Raimondi Gilbert-Raimondi score	Uszkodzenia górne Upper injuries	Uszkodzenia górno- środkowe Upper-middle injuries	Uszkodzenia całkowite Total injuries	Łącznie Total
0	-	-	3	3
1	-	-	1	1
2	-	1	7	8
3	-	5	5	10
4	-	6	8	14
5	3	14	17	34
Liczba badanych No. of patients evaluated	3	26	41	70

Tab. 5. Ocena ruchów obrotowych przedramienia w poszczególnych typach uszkodzeń

Tab. 5. Forearm rotation in different types of injuries

Stopień funkcji obrotowych przedramienia Rotation function of forearm	Uszkodzenia górne Upper injuries	Uszkodzenia górno- środkowe Upper-middle injuries	Uszkodzenia całkowite Total injuries	Łącznie Total
1	-	7	6	13
2	-	-	6	6
3	1	10	27	38
4	2	9	2	13
Liczba badanych No. of patients evaluated	3	26	41	70

u 48 z 70 (68,6%) badanych dzieci, średnią u 18 (25,7%), a słabą u 4 (5,7%).

Wyniki oceny ruchów obrotowych przedramienia przedstawiono w Tabeli 5.

W grupie uszkodzeń górnych u 3 dzieci (100%) obserwowano funkcjonalne ustawienie przedramienia, a u 2 z nich dobry zakres ruchów pronacji i supinacji przedramienia. W uszkodzeniach górno-środkowych stwierdzano wyłącznie deformacje pronacyjne. W tej grupie wykonano 6 zabiegów tenomioplastycznych. Korzystną funkcję uzyskano u 19 dzieci (73%). W grupie uszkodzeń całkowitych obserwowano zarówno deformacje pronacyjne, jak i supinacyjne. W tej grupie wykonano 7 zabiegów tenomioplastycznych. Korzystne ustawienie przedramienia uzyskano u 29 dzieci (70,7%).

#### Ocena funkcji nadgarstka w poszczególnych typach uszkodzeń

W uszkodzeniach górnych funkcja nadgarstka była prawidłowa w okresie przedoperacyjnym, a w czasie badań kontrolnych nie stwierdzono pogorszenia funkcji (zginanie/prostowanie – 5/5). W uszkodzeniach górno-środkowych funkcja zgięcia dłoniowego nadgarstka była wyjściowo dobra, a deficyt dotyczył wyłącznie funkcji prostowania. W czasie badań kontrolnych u 24 dzieci funkcja zgięcia dłoniowego wynosiła 5 według skali Al-Qattan. U 1 dziecka rozwinął się utrwalony przykurcz zgięciowy dłoniowy (zginanie/prostowanie – 0/0) przy zachowanej funkcji wypro-

Table 5 presents the results of forearm rotation examination.

The three patients (100%) with upper brachial plexus injury demonstrated functional positioning of the forearm, with 2 of them having a good range of pronation and supination. In children with injury at the upper-middle level, only pronation deformities were found. Six tenomyoplasty procedures were performed in this group. A good functional outcome was seen in 19 children (73%). In patients with total brachial plexus palsy, both pronation and supination deformities were observed. Seven tenomyoplasty procedures were conducted in this group. Functional positioning of the forearm was obtained in 29 children (70.7%).

#### Wrist function in different types of brachial plexus palsy

In upper injuries, wrist function was normal preoperatively with no deterioration in the follow-up (F/E – 5/5). Children with upper-middle brachial plexus palsy had good flexion of the wrist at baseline, with a deficit found only in the extension of the wrist. In the follow-up examination, wrist flexion was at Al-Qattan's scale 5 in 24 children. One patient developed a fixed flexion contracture (F/E – 0/0) with intact finger extension. The child who underwent transfer of the carpal flexor tendons demonstrated a deterioration of the wrist flexion from Grade 5 to 4

stu palców. U dziecka, u którego wykonano przeniesienie ścięgien mięśni zginaczy nadgarstka stwierdzono osłabienie zgięcia dłoniowego ze stopnia 5 na 4, a poprawę prostowania ze stopnia 1 na 2 (zginanie/prostowanie – 4/2). W pozostałych 24 przypadkach funkcja nadgarstka była następująca: zginanie/prostowanie – 5/1 – 5 dzieci; 5/3 – 4 dzieci; 5/4 – 13 dzieci, 5/5 – 2 dzieci. Spośród 5 dzieci z brakiem prostowania nadgarstka u 3 stwierdzono również deficyt wyprostowania palców, podczas gdy u 2 pozostałych funkcja prostowania palców była zachowana. Użyteczną funkcję stawu nadgarstkowego uzyskano u 19 spośród 26 dzieci (73%). W uszkodzeniach całkowitych użyteczną funkcję nadgarstka uzyskano u 19 z 41 dzieci (46,3%). W tej grupie wykonano 2 zabiegi tenomioplastyczne (przeniesienie przyczepu ścięgna mięśnia zginacza łokciowego nadgarstka) uzyskując poprawę zgięcia grzbietowego ze stopnia 1 na 3. W 1 przypadku doszło do utrwalonego przykurczu w korzystnym funkcjonalnie zgięciu grzbietowym nadgarstka i zachowaną funkcją wyprostowania palców. U pozostałych 21 dzieci dysfunkcja nadgarstka wynikała z braku możliwości wyprostowania, przy czym u 14 z tych dzieci zachowana była funkcja zgięcia dłoniowego. W pozostałych 7 przypadkach obserwowano brak funkcji zarówno zgięcia, jak i wyprostowania. U 5 dzieci z brakiem funkcji prostowania nadgarstka obecny był wyprost palców.

#### Ocena funkcji ruchowej ręki

W uszkodzeniach górnych funkcja ręki była wyjściowo prawidłowa i ten stan rzeczy obserwowano również w czasie badań kontrolnych. W uszkodzeniach górno-środkowych upośledzenie funkcji ręki wynikało tylko z braku prostowania nadgarstka i/lub palców, w tych przypadkach, w których nie uzyskano powrotu tej funkcji. W uszkodzeniach całkowitych stwierdzono następujące wyniki leczenia: stopień 0 – 3 przypadki, stopień 1 – 5 przypadków, stopień 2 – 11 przypadków, stopień 3 – 9 przypadków, stopień 4 – 13 przypadków. Użyteczną funkcję ruchową ręki (stopień 3 i 4) uzyskano u 22 z 41 (53,6%) badanych dzieci, natomiast pewną poprawę (stopień 2) u 26,8% z ogólnej liczby badanych.

#### Ocena funkcji czuciowej ręki

Badaniami objęto 41 chorych z uszkodzeniami całkowitymi splotu ramiennego. Użyteczny poziom czucia (S3+, S4) uzyskano u 25 z 41 badanych (61%). Generalnie obserwowano zbieżność powrotu funkcji ruchowej i czuciowej ręki. Tylko u 3 pacjentów, stwierdzono poprawę czucia do poziomu S3+, przy stosunkowo słabej funkcji ruchowej ręki (stopień 2).

and improvement in extension from 1 to 2 (F/E – 4/2). The following results (F/E) were found in the remaining 24 patients: 5/1 in 5 children, 5/3 in 4 children, 5/4 in 13 children, and 5/5 in 2 children. Three of five children who could not extend their wrist also had a deficit of finger extension, whereas in the other two finger function was intact. The wrist was functionally useful in 19 of the 26 patients in the group (73%). As regards total injuries, a functionally useful wrist was seen in 19 of 41 children (46.3%). Two tenomyoplasty procedures (transfer of the flexor carpi ulnaris tendon) in the group brought improvement in the dorsal flexion of the wrist from Grade 1 to 3. One patient with full finger extension developed a functionally useful dorsal flexion contracture of the wrist. The remaining 21 children had wrist dysfunction due to the absence of extension. Fourteen of them had normal flexion of the wrist and 7 had neither flexion nor extension. Five children with no extension of the wrist were able to extend their fingers.

#### Motor function of the hand

The children with upper brachial plexus palsy demonstrated normal function of the hand at baseline which did not deteriorate on follow-up. In patients with upper-middle injuries, hand function was impaired only due to the absence of wrist and/or finger extension in those children who did not recover the function. The patients with total palsies demonstrated the following results at follow-up: Grade 0 – 3 patients, Grade 1 – 5 patients, Grade 2 – 11 patients, Grade 3 – 9 patients, and Grade 4 – 13 patients. Functionally useful hands (Grades 3 and 4) were demonstrated in 22 of the 41 subjects (53.6%), whereas a slight improvement (to Grade 2) was seen in 26.8% of the total number of the subjects.

#### Sensory function of the hand

Sensory function of the hand was assessed in the 41 patients with total brachial plexus palsy. A useful level of sensory perception in the hand (S3+, S4) was demonstrated in 25 subjects (61%). Recovery of motor and sensory function generally coincided. Only three patients who improved to the S3+ level had relatively poor motor function of the hand (Grade 2).



## DYSKUSJA

Zagadnieniem budzącym wiele kontrowersji jest ustalenie optymalnego czasu podjęcia leczenia operacyjnego w wymagających tego przypadkach [11, 12, 15]. Ustalenia dokonane przez różnych autorów mają często charakter teoretyczny. W praktyce dzieci z okołoporodowymi uszkodzeniami splotu ramienno-nejednokrotnie trafiają do ośrodków specjalistycznych zajmujących się leczeniem operacyjnym tego powikłania z pewnym opóźnieniem. Slooff wykonywał pierwotne zabiegi naprawcze u dzieci w wieku od 2,3 do 29 miesięcy, a O'Brien przeprowadzał tego typu procedury u dzieci w przedziale wiekowym od 4 do 60 miesięcy (średni wiek 9,7 miesiąca) [11]. Średni wiek dzieci operowanych przez Abbotta wynosił 14,5 miesiąca, a leczonych przez Clarke 10 miesięcy [16]. Najszybciej do ośrodków specjalistycznych docierają dzieci z ciężkimi uszkodzeniami splotu ramienno- i całkowitym brakiem funkcji kończyny górnej. Tę prawidłowość dało się zauważyć również w materiale własnym. Średni wiek 29 operowanych dzieci wymagających wykonania zabiegów rekonstrukcyjnych wynosił 4,2 miesiąca (poza 1 dzieckiem operowanym w 33 miesiącu życia). W analizowanym materiale własnym dominowały uszkodzenia całkowite (46 przypadków). Dzieci z uszkodzeniami całkowitymi były kwalifikowane do leczenia operacyjnego niezwłocznie po zgłoszeniu się do Kliniki w oparciu o badanie fizykalne oraz badania dodatkowe. Spośród 30 przeprowadzonych zabiegów rekonstrukcyjnych 24 operacje dotyczyły dzieci z objawami całkowitego uszkodzenia splotu ramienno- (Tabela 1). Drugą pod względem liczebności grupę stanowiły dzieci z uszkodzeniem górno-środkowej części splotu (30 przypadków). Uważa się, że towarzyszące uszkodzeniu pnia górnego objawy dysfunkcji części środkowej splotu ramienno- wskazują na działanie większej siły, co w konsekwencji prowadzi do poszerzenia rozległości i wzrostu stopnia ciężkości uszkodzenia [1]. Uszkodzenia górno-środkowe częściej, niż izolowane obrażenia pnia górnego, wymagają interwencji operacyjnej [1]. Znajduje to odzwierciedlenie w materiale własnym, w którym uszkodzenie górne stwierdzono u 4 operowanych dzieci.

W piśmiennictwie funkcjonuje szereg skal oceny wyników leczenia okołoporodowych uszkodzeń splotu ramienno- opracowanych przez różnych autorów [10, 13, 17, 18]. W czasie analizy własnego materiału klinicznego wykorzystano skale, których zaletą jest łatwość ich zastosowania oraz właściwa ocena stanu funkcjonalnego kończyny górnej [10, 13]. W wyniku przeprowadzonego leczenia operacyjnego

## DISCUSSION

The question of optimal timing for surgery on the brachial plexus in cases when surgery is required remains highly controversial [11, 12, 15]. Conclusions drawn by different authors are of theoretical nature. In reality, children with perinatal trauma to the brachial plexus are often referred to specialist centers which offer operative treatment of this complication with some delay. Slooff performed primary microsurgical reconstruction in children aged 2.3-29 months and O'Brien operated on 4-60-month-old patients (mean age 9.7 months) [11]. Abbott's patients were on average 14.5 months old and Clarke's, 10 months [16]. The children referred to specialist centers the earliest are those with severe damage to the brachial plexus and total loss of hand function, which was also evident in our investigation. The mean age at surgery of the 29 subjects requiring microsurgical reconstruction was 4.2 months (excluding one child operated at 33 months of age). In our material most of children (46 cases) had total brachial plexus palsy. These children were qualified for surgery immediately on presentation at the Department on the basis of a physical examination and accessory investigations. Twenty-four of the 30 reconstructions were performed in patients with signs of total brachial plexus palsy (Table 1). The second most numerous group (30 cases) comprised children with upper-middle injuries. It is believed that signs of dysfunction of the medial portion of the brachial plexus that accompany injury to the upper trunk indicate that the trauma is caused by a greater force, thus leading to more extensive and more severe damage [1]. Upper-middle palsies require surgery more frequently than isolated damage to the upper trunk [1], which was reflected in our study, which included only 4 patients with upper palsy.

Numerous authors have developed their own scales for evaluating treatment outcomes in perinatal brachial plexus palsy [10, 13, 17, 18]. In the present study, we administered scales that are easy to utilize and assess the function of the upper limb appropriately [10, 13]. The surgery provided for good and very good function of the glenohumeral and elbow joints in all three (100%) patients with upper palsy. In the group of upper-middle injuries, 61.5% of the patients demonstrated good and very good function of the shoulder joint and 76.9% had good function of the elbow. As regards subjects with total brachial plexus palsy, good function of the glenohumeral joint and the elbow was demonstrated by 51.2%, and 61% respectively. A relationship between the post-operative improvement in the functional status of the joints and the extent of baseline injury is clearly

w grupie uszkodzeń górnych dobrą i bardzo dobrą funkcję stawu ramiennego i stawu łokciowego obserwowano u 3 badanych dzieci (100%). W uszkodzeniach górno-środkowych dobrą i bardzo dobrą funkcję stawu ramiennego stwierdzono w 61,5%, a dobrą funkcję stawu łokciowego w 76,9% operowanych przypadków. W uszkodzeniach całkowitych dobrą funkcję stawu ramiennego uzyskano w 51,2%, a dobrą funkcję stawu łokciowego w 61% przypadków. Daje się tu zauważyć wyraźną zależność uzyskanej poprawy funkcji stawu ramiennego i łokciowego od rozległości uszkodzenia splotu ramiennego. Potwierdzają to obserwacje innych autorów [11,12,19]. Niewątpliwie pozytywną rolę odgrywa zachowana w uszkodzeniach części górnej splotu ramiennego sprawność ręki, która ułatwia w znaczący sposób prowadzenie leczenia usprawniającego i wykonywanie czynności dnia codziennego. Lepsza funkcja stawu łokciowego w stosunku do funkcji obręczy barkowej wynika z kolei z większej tendencji do powstawania przykurczy i wtórnych deformacji stawu ramiennego. Lepsze wyniki leczenia operacyjnego w uszkodzeniach części górno-środkowej w stosunku do uszkodzeń całkowitych dały się również zauważyć przy ocenie funkcji nadgarstka. Użyteczną funkcję tego stawu uzyskano u 73% operowanych dzieci z uszkodzeniami górno-środkowymi, a w uszkodzeniach całkowitych u 46,3% leczonych operacyjnie dzieci. Podobną prawidłowość obserwował w swoim materiale Dumont [19]. Poprawa sprawności ręki w całkowitych uszkodzeniach splotu ramiennego stanowi poważne wyzwanie. W materiale własnym dobrą, użyteczną funkcję dłoni uzyskano w 53,6% operowanych przypadków. Analiza światowego piśmiennictwa wykazuje, że cały czas około 20-50% dzieci z uszkodzeniami całkowitymi splotu ramiennego nie osiąga sprawności ręki o znaczeniu użytkowym [4,10,20]. Zwraca się również uwagę na fakt wolnego powrotu funkcji ręki, który to proces w pewnych przypadkach trwać może nawet kilka lat [10,20,21]. Różnorodność stosowanych skal oceny, a także samego materiału klinicznego utrudnia dosłowne porównanie wyników leczenia operacyjnego poszczególnych autorów. Jednakże osiągnięte wyniki leczenia operacyjnego w przedstawianym przez nas materiale można uznać za zbliżone do wyników prezentowanych w zagranicznym piśmiennictwie [9-12,22].

Analizując przyczyny niepowodzeń leczenia operacyjnego okołoporodowych uszkodzeń splotu ramiennego w pierwszym rzędzie bierze się pod uwagę zaburzenia przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Mogą one wynikać z nieadekwatności zastosowanej techniki operacyjnej np. zbyt ograniczonego wycięcia nie przewodzących fragmentów nerwo-

visible and has also been confirmed by other authors [11,12,19]. Preservation of hand function in upper palsies is undoubtedly of importance since it considerably facilitates rehabilitation and activities of daily living. Better function of the elbow as compared to the shoulder girdle is, in turn, the result of a greater likelihood of contractures and secondary deformities of the glenohumeral joint. Superior effectiveness of surgical repair in upper-middle vs. total palsies was also evident in wrist function as 73% of children with injuries at C5-C6-C7 and 46.3% of those with a completely damaged brachial plexus demonstrated a functionally useful wrist in follow-up. A similar observation was made by Dumont [19]. Improvement of hand function in total palsies poses a challenge. 53.6% of our subjects had a good, functionally useful hand after the surgery. An analysis of international literature revealed that as much as 20-50% of patients with total brachial plexus palsy do not have a functionally useful hand [4,10,20]. It has also been noted that the hand regains functionality at a slow pace, sometimes even over several years [10,20,21]. The diversity of evaluation scales and of the patient populations these scales are applied to hinders direct comparison of surgical outcomes obtained by different authors. Still, our results may be regarded as similar to those found in international publications [9-12,22].

When analysing the causes of surgical treatment failure in perinatal brachial plexus palsies, disorders of neuromuscular conduction should be considered first. This complication may be caused by an inappropriate operative technique, e.g. inadequate resection of the non-conducting neural segments. The status of the muscle effector is also important. Irreversible changes to the motor end plates occur approximately at the age of 2 years, although some authors suggest that the plates display greater elasticity in children [12]. Completely denervated muscles undergo fibrosis and are replaced with scar and fatty tissue after about 3 years [1]. It is believed that surgical repair performed in children beyond 18 months of age is less likely to be effective. Nevertheless, successful reconstruction has been reported in patients aged over 24 months [23]. We found no correlation between the timing of surgery and its outcome either in children subjected to reconstruction or in those who underwent neurolysis. Surprisingly good function of the glenohumeral and elbow joints was noted after microsurgical reconstruction in the child operated at 33 months of age. In the neurolysis group, a marked improvement was seen in children aged both over and under 12 months (see Table 2 for the age limits). At the same time, no improvement was

wych. Istotny jest także stan efektora mięśniowego. Nieodwracalne zmiany w płytkach motorycznych występują około 2 roku życia, choć niektórzy sugerują ich większą elastyczność u dzieci [12]. Zwłóknienie całkowicie odnerwionych mięśni i ich zastąpienie przez tkankę bliznowatą i tłuszczową dokonuje się po około 3 latach [1]. Przyjmuje się, że leczenie operacyjne przeprowadzone po 18 miesiącu życia ma mniejsze szanse powodzenia. Jednocześnie istnieją doniesienia o uzyskaniu dobrych wyników po wykonaniu zabiegów rekonstrukcyjnych u dzieci powyżej 24 miesiąca życia [23]. W materiale własnym nie zauważono ewidentnej zależności uzyskanych wyników od czasu podjęcia leczenia operacyjnego zarówno w grupie zabiegów rekonstrukcyjnych, jak i grupie w której wykonano neuroлизę splotu ramiennego. W grupie zabiegów rekonstrukcyjnych zaskakująco dobry efekt funkcjonalny w zakresie stawu ramiennego i łokciowego obserwowano u dziecka operowanego w 33 miesiącu życia. Po neuroлизie splotu ramiennego wyraźną poprawę obserwowano zarówno u dzieci poniżej pierwszego roku życia, jak i starszych (w granicach wiekowych podanych w tabeli 2). Jednocześnie brak poprawy w części przypadków stwierdzano zarówno u dzieci operowanych powyżej pierwszego roku życia, jak i młodszych. Większość autorów jest zgodna, że graniczny wiek dziecka, w którym uzasadniona jest interwencja mikrochirurgiczna pozostaje nieokreślony [11,12]. W ocenie własnej zabiegi te mogą być uzasadnione nawet u 3-letnich dzieci z wielomiejscowymi deficytami funkcji kończyny górnej, ale praktycznie zawsze muszą być skojarzone z wykonywanymi w niedługim terminie zabiegami tenomioplastycznymi. W pewnych przypadkach pomimo odtworzenia prawidłowego przewodnictwa nerwowo-mięśniowego nie udaje się uzyskać funkcji ruchowej kończyny górnej. Sugerowany jest dla wyjaśnienia tej sytuacji mechanizm centralny (developmental apraxia) [8]. W warunkach prawidłowych w kolejnych miesiącach życia dziecka prymitywne, nieefektywne ruchy kończyny zamieniane są na precyzyjne ruchy kierowane wzrokiem. Porażenie kończyny górnej w tym istotnym okresie rozwoju powoduje, że ruchowe rejony mózgu nie wytwarzają prawidłowego programu ruchowego dla uszkodzonej kończyny [8,24]. Wpływ ma tu nie tylko brak ruchów kończyny, ale i utrata bodźców czuciowych z mięśni, stawów i skóry [8]. Przyczyną upośledzenia funkcji ruchowej kończyny górnej może być też synkineza (co-contraction) [9,25]. Jako jedną z możliwych przyczyn niepowodzeń w leczeniu okołoporodowych uszkodzeń splotu ramiennego rozważa się również znaczny zanik komórek rogów przednich rdzenia kręgowego [21,26].

found in some children aged over 1 year as well as younger ones. Most authors agree that there is no clear upper limit of age following which microsurgery is not feasible [11,12]. Our experience is that the procedure can be effective even in children aged 3 with multiple functional deficits of the upper limb. However, the treatment should practically always be combined with a tenomyoplasty procedure soon afterwards. In some cases, despite restoration of normal neuromuscular conduction, the motor function of the upper limb does not recover, which might be due to a central mechanism (developmental apraxia) [8]. In normal conditions, in the following months of child's life, primitive and ineffective limb movements are gradually replaced with precise sight-controlled movements. If the limb is paralysed at this critical period in a child's development, the motor areas of the brain do not create the normal motor patterns for the affected limb [8,24], which is the result not only of lack of motion, but also loss of sensory stimuli from the muscles, joints and skin [8]. Impaired motor function of the upper limb can also be caused by co-contraction [9,25]. Severe atrophy of anterior horns cells of the spinal cord is regarded to be another possible cause of unsuccessful surgical repair of the brachial plexus [21,26].

## WNIOSKI

1. Interwencja operacyjna może być wskazana w każdym typie lokalizacyjnym uszkodzenia splotu ramiennego. Najczęściej jest ona jednak niezbędna w uszkodzeniach całkowitych i górno-środkowych.
2. Uzyskiwane wyniki leczenia operacyjnego zależą od rozległości uszkodzenia splotu ramiennego. Najbardziej korzystne rokowniczo są izolowane uszkodzenia części górnej splotu ramiennego.

## CONCLUSIONS

1. While surgical repair may be indicated in brachial plexus injuries at all levels, it is usually inevitable in total and upper-middle palsies.
2. The surgical outcome depends on the extent of baseline damage to the brachial plexus, with the best prognosis in insolated upper palsies.

## PIŚMIENICTWO / REFERENCES

1. Benjamin K. Injuries to the brachial plexus: mechanisms of injury and identification of risk factors. Distinguishing physical characteristics and management of brachial plexus injuries. *Adv Neonat Care* 2005;5:181-189,240-51.
2. Pondaag W, Malessy MJ, van Dijk JG, Thomeer RTWM. Natural history of obstetric brachial plexus palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2004;46:138-44.
3. Sibiński M, Synder M. Okołoporodowe porażenie splotu ramiennego – czynniki ryzyka i rokowanie. *Ortop Traumatol Rehab* 2007;9(6):569-76.
4. Bisinella GL, Birch R. Obstetric brachial plexus lesions: a study of 74 children registered with the British Paediatric Surveillance Unit (March 1998 – March 1999). *J Hand Surg* 2003;28B:40-5.
5. Hoeksma AF, ter Steeg AM, Nelissen RGHH, van Ouwerkerk WJR, Lankhorst GJ, de Jong BA. Neurological recovery in obstetric brachial plexus injuries: an historical cohort study. *Develop Med Child Neurol* 2004;46:76-83.
6. Gosk J, Rutowski R. Pierwotne zabiegi naprawcze w okołoporodowych uszkodzeniach splotu ramiennego – własne doświadczenia. *Pol Przegl Chir* 2006;78:1361-7.
7. Gosk J, Rutowski R, Rabczyński J. The analysis of the intrasurgical view of the obstetric brachial plexus palsy. *Folia Neuropathol* 2005;43:143-7.
8. Brown T, Cupido C, Scarfone H, Pape K, Galea V, McComas A. Developmental apraxia arising from neonatal brachial plexus palsy. *Neurol* 2000;55:24-30.
9. Piatt JH. Birth injuries of the brachial plexus. *Pediatr Clin N Am* 2004;51:421-40.
10. Haerle M, Gilbert A. Management of complete obstetric brachial plexus lesions. *J Pediatr Orthop* 2004;24:194-200.
11. O'Brien DF, Park TS, Noetzel MJ, Weatherly T. Management of birth brachial plexus palsy. *Childs Nerv Syst* 2006;22:103-12.
12. Waters PM. Update on management of pediatric brachial plexus palsy. *J Pediatr Orthop* 2005;25:116-26.
13. Al-Qattan MM. Assessment of the motor power in older children with obstetric brachial plexus palsy. *J Hand Surg* 2003;28B:46-9.
14. Omer GE. Report of the Committee for evaluation of the clinical result in peripheral nerve injury. *J Hand Surg* 1983;8:754-8.
15. Smith NC, Rowan P, Benson LJ, Ezaki M, Carter PR. Neonatal brachial plexus palsy. Outcome of absent biceps function at three months of age. *J Bone Joint Surg* 2004;86A:2163-70.
16. Abbott R, Abbott M, Alzate J, Lefton D. Magnetic resonance imaging of obstetrical brachial plexus injuries. *Childs Nerv Syst* 2004;20:720-5.
17. Curtis CG, Stephens D, Clarke HM, Andrews D. The active movement scale: an evaluative tool for infants with obstetrical brachial plexus palsy. *J Hand Surg* 2002;27A:470-8.
18. Bae DC, Waters PM, Zurakowski D. Reliability of three classification systems measuring active motion in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg* 2003;85A:1733-8.
19. Dumont CE, Forin V, Asfazadourian H, Romana C. Function of the upper limb after surgery for obstetric brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg* 2001;83B:894-900.
20. Terzis JK, Kokkalis ZT. Outcomes of hand reconstruction in obstetric brachial plexus palsy. *Plast Reconstr Surg* 2008;122:516-26.
21. Anand P, Birch R. Restoration of sensory function and lack of long-term chronic pain syndromes after brachial plexus injury in human neonates. *Brain* 2002;125:113-22.
22. Strömbeck C, Krumlinde-Sundholm L, Remahl S, Sejersen T. Long-term follow-up of children with obstetric brachial plexus palsy I: functional aspects. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:198-203.
23. Laurent JP, Lee RT. Birth related upper brachial plexus injuries in infants: operative and nonoperative approaches. *J Child Neurol* 1994;9:111-17.
24. Noetzel MJ, Wolpaw JR. Emerging concepts in the pathophysiology of recovery from neonatal brachial plexus injury. *Neurol* 2000;55:5-6.
25. Gosk J, Rutowski R, Szmida A. Okołoporodowe obrażenia splotu ramiennego. W: Czernik J, editor. *Powikłania w chirurgii dziecięcej* Warszawa: PZWL;2009. str. 297-313.
26. Knakiewicz M, Rutowski R, Gosk J i wsp. The evaluation of the influence of a high injury to brachial plexus elements on the condition of neurons of the anterior horns of the spinal cord – experimental research. *Folia Neuropathol* 2009;47:347-53.

Liczba słów/Word count: 6782

Tabele/Tables: 5

Ryciny/Figures: 0

Piśmiennictwo/References: 26

Adres do korespondencji / Address for correspondence

dr hab. Jerzy Gosk

50-556 Wrocław, ul. Borowska 213

tel. +48 668324010, fax. +48 71 7343800, e-mail: chiruraz@churaz.am.wroc.pl

Otrzymano / Received

31.01.2011 r.

Zaakceptowano / Accepted

03.10.2011 r.