

Agnieszka Jackiewicz
Aleksandra Kawecka
Jacek Gwoździewicz
Józef Prajs
Wojciech Marks
Włodzimierz Deja
Jerzy Lipiński
Jerzy Lasek

Katedra i Klinika Chirurgii Urazowej
Gdański Uniwersytet Medyczny
Kierownik: Prof. dr hab. n. med. Jerzy Lasek

Key words:

ręka
urazy
uraz wysokociśnieniowy
urazy zawodowe

Słowa kluczowe:

hand
injuries
high-pressure injection injury
work-related injuries

Adres do korespondencji:

Responsible for correspondence:
Dr n. med. Agnieszka Jackiewicz
Katedra i Klinika Chirurgii Urazowej
Gdański Uniwersytet Medyczny
ul. Dębinki 7, Gdańsk 80-211
tel. 58 349 24 02
e-mail: agnaj02@wp.pl
tel.: 608662810

Obrażenia ręki o charakterze wysokociśnieniowego nastrzyknięcia tkanek

High - Pressure Injection Injury HPII

Wysokociśnieniowe nastrzyknięcie tkanek (High-Pressure Injection Injury - HPII) to rzadko występujące, ciężkie obrażenia ręki, obciążone wysokim odsetkiem powikłań, amputacji obwodowych części palców i utrwalałym upośledzeniem funkcji ręki. Powstają zazwyczaj podczas pracy z wykorzystaniem urządzeń aplikujących substancje pod ciśnieniem od 40 do 800 atmosfer. W Katedrze i Klinice Chirurgii Urazowej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego w latach 1978-2006 leczono 24 chorych z obrażeniami ręki typu HPII. Wszyscy chorzy byli płci męskiej, ich wiek wahał się od 21 do 51 lat, średnio wynosił 34 lata. Najczęściej wstrzykniętą substancją była farba malarska. Wszystkich chorych operowano w trybie pilnym. U 20,8% chorych konieczna była amputacja obwodowych części palców. Czas pobytu w Klinice wahał się od 2 do 270 dni. Wszyscy chorzy wrócili do poprzednio wykonywanej pracy. Analiza przedstawionych przypadków wykazuje, iż jedynie wczesne leczenie operacyjne, polegające na szerokim otwarciu rany, usunięciu ciał obcych wraz z dekompresją struktur naczyniowo-nerwowych oraz pochewek ścięgnistych, wpływa na zmniejszenie liczby powikłań i uzyskanie optymalnych wyników leczenia.

Wysokociśnieniowe nastrzyknięcie tkanek (*High-Pressure Injection Injury – HPII*) to obrażenia powstające w wyniku wstrzyknięcia w tkanki miękkie substancji obcej pod wysokim ciśnieniem. Ten typ uszkodzeń ręki jako pierwszy opisał Rees w 1937 roku przedstawiając przypadek nastrzyknięcia tkanek miękkich ręki olejem napędowym podczas naprawy silnika Diesla [1]. HPII to rzadki mechanizm urazów kończyny górnej, występujący u jednego na 600 chorych z obrażeniami ręki [2]. W następstwie HPII dochodzi zazwyczaj do powstania ciężkich uszkodzeń, które pomimo niezbyt alarmującego stanu klinicznego bezpośrednio po urazie, obciążone są dużym ryzykiem amputacji palców i upośledzenia funkcji ręki [2-5].

Obrażenia typu HPII powstają zazwyczaj w wyniku wypadku podczas wykonywania pracy, a najczęściej podawaną substancją jest farba malarska. Inne opisywane substancje to: smar olejowy, olej

High-Pressure Injection Injuries - (HPII) are infrequent hand injuries combined with a high morbidity and significant amputation rate of the distal part of the fingers. These are usually work-related injuries with high pressure equipment that may generate pressure from 40 to 800 atm. Since 1978 to 2006 twenty four patients were treated in the Department of Trauma Surgery Medical University in Gdańsk with HPII of the hand. All were male, the average age was 34 years (21-51 y. o.). The most commonly injected material was paint. All the patients underwent emergency surgical procedures. Amputation rate was of 20.8%. All the patients were able to return to their previous job. We propose that only early and extensive surgical exploration of the hand with removal of the injected material and extensive decompression of the neurovascular structures and tendon sheaths may diminish finger amputation rate and improve the final outcomes from HPII.

napędowy, rozpuszczalniki chemiczne, płynny plastik, silikon, półpłynny cement, piasek, woda, płyn hydrauliczny, sprężone gazy [1,6-9].

Mechanizm HPII jest złożony. Strumień substancji obcej zostaje wstrzyknięty z olbrzymią energią kinetyczną przez punktową ranę powłok, powodując znacznego stopnia uszkodzenia mechaniczne położonych głębiej tkanek. Równocześnie dochodzi do nagłego wzrostu ciśnienia śródtkankowego w małej, nierozciągliwej przestrzeni. Wstrzyknięta substancja rozprzestrzenia się wzdłuż powięzi, pęczków naczyniowo-nerwowych i pochewek ścięgnistych powodując ucisk na naczynia i nerwy oraz zaburzenia w ukrwieniu ręki [5,10]. Zasięg rozprzestrzeniania się substancji obcej może być rozległy i obejmować nadgarstek i przedramię, a nawet sięgać okolicy stawu łokciowego [5,11]. W wyniku ucisku i uszkodzenia pęczków naczyniowo-nerwowych powstają zmiany zakrzepowe w naczyni-

niach, co prowadzi do ostrego niedokrwienia z postępującą martwicą tkanek. Substancja obca powoduje również uszkodzenie chemiczne oraz silną reakcję zapalną. Efektem tego jest masywny wysięk, obrzęk oraz narastanie zaburzeń w ukrwieniu ręki [5,6,12].

W większości przypadków chorzy z HPII zgłaszają się w pierwszej kolejności do szpitalnych oddziałów ratunkowych, poradni chirurgicznych i lekarzy rodzinnych. Dokładna znajomość mechanizmu tych uszkodzeń, ich konsekwencji klinicznych i możliwych powikłań, jak również pilne wdrożenie specjalistycznego leczenia jest niezbędne dla zmniejszenia ryzyka amputacji palców i uzyskania optymalnego wyniku leczenia.

Pierwszy przypadek chorego z obrażeniami typu HPII leczonego w naszej jednostce przedstawił *Lipiński, Lasek* i wsp. [12]. Uszkodzenia te opisano u malarza okrętowego, który doznał obrażeń podczas pracy z użyciem wysokociśnieniowego pistoletu malarskiego.

Material i metodyka

W latach 1978-2006 w Katedrze i Klinice Chirurgii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego leczono 24 chorych z obrażeniami ręki typu HPII. Wszyscy chorzy byli płci męskiej. Wiek chorych wahał się od 21 do 51 lat i wynosił średnio 34 lata (SD=10 lat).

U wszystkich chorych stwierdzono obecność charakterystycznej punktowej rany wlotowej na dłoniowej powierzchni ręki (rycyna 1).

Każdy chory miał wykonane przed zabiegiem badanie radiologiczne ręki celem potwierdzenia obecności ciała obcego i zaplanowania zakresu operacji (rycyna 2).

We wstępnym leczeniu chorym podawano anaestezję tężcową oraz leki przeciwbólowe.

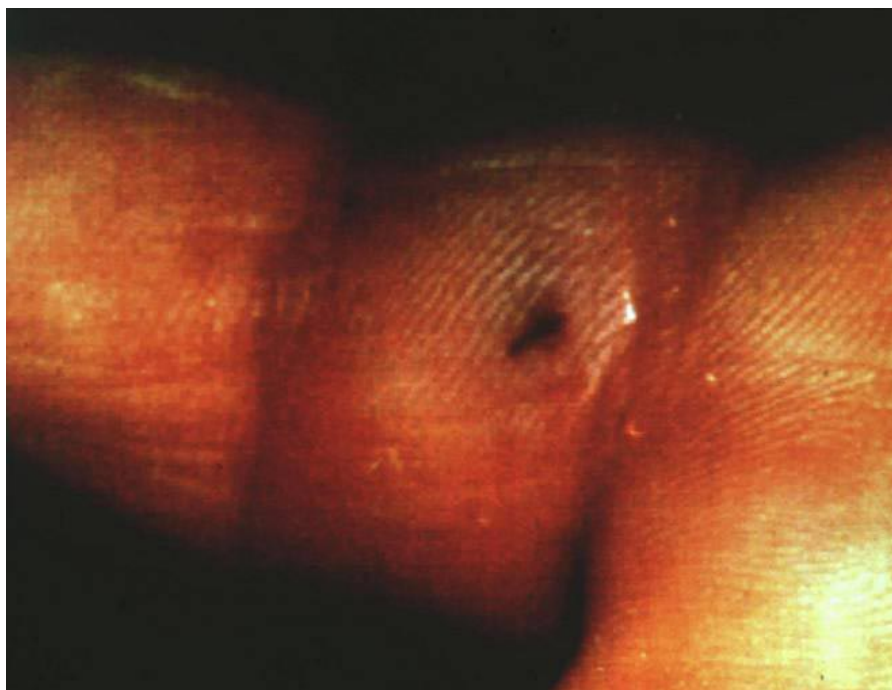
Tylko 1 chorego (po urazie z użyciem broni gazowej) zakwalifikowano do leczenia zachowawczego. Pozostałych 23 chorych (96%) leczono operacyjnie w trybie pilnym.

U 15 chorych zastosowano znieczulenie ogólne, 7 chorych operowano w bloku splotu barkowego, jednego chorego – w znieczuleniu odcinkowym dożylnym. Tylko u 1 chorego zastosowano znieczulenie miejscowe. Leczenie operacyjne polegało na szerokiej dekompresji tkanek ręki, rewizji wszystkich zajętych przedziałów oraz usunięciu ciał obcych wraz z martwymi tkankami. U 4 chorych zachodziła konieczność otwarcia i oczyszczenia pochewek ścięgniętych zginaczy (rycyna 3). Rany pozostawiono „na otwarty” lub luźno zbliżono brzoży skóry zapewniając swobodny drenaż pozostałości substancji obcej i wysięku zapalnego.

Po zabiegu operacyjnym u wszystkich chorych zastosowano uniesienie kończyny, antybiotykoterapię o szerokim spektrum oraz leki przeciwbólowe.

Rany pooperacyjne zaopatrywano wtórnymi szwami lub wygojono przez ziarninowanie. U jednego chorego półtora miesiąca od urazu wykonano rekonstrukcję ubytku powłok palca III uszypułowanym płatem pachwinowym (rycyna 4). Wszyscy chorzy poddani zostali intensywnej rehabilitacji.

W badanej grupie porównano odsetek amputacji palców w grupie chorych poddanych leczeniu operacyjnemu w ciągu pierwszych 24 godzin od urazu i w czasie dłuższym niż 24 godziny. Porównano również częstość amputacji w zależności



Rycina 1

Punktowa rana wlotowa w miejscu zadziałania urazu wysokociśnieniowego. Puncture entrance wound at site of high pressure injection injury.



Rycina 2

Zdjęcie RTG ukazujące cieniującą substancję w obrębie tkanek miękkich ręki po wysokociśnieniowym nastrzyknięciu tkanek farbą. Radiograph showing radio-opaque substance in soft tissues after high-pressure paint injection injury.

Tabela I

Rodzaj ciała obcego i odsetek amputacji. Material injected and amputation rate.

Rodzaj ciała obcego	Liczba chorych (%)	Amputacje palców n (%)
farba malarska	15 (62,5 %)	5 (33,3%)
piasek	3 (12,5 %)	0
masa plastyczna	2 (8,3 %)	0
gaz	2 (8,3 %)	0
półpłynny asfalt	1 (4,2 %)	0
olej napędowy	1 (4,2 %)	0
Razem	24 (100 %)	5 (20,8 %)

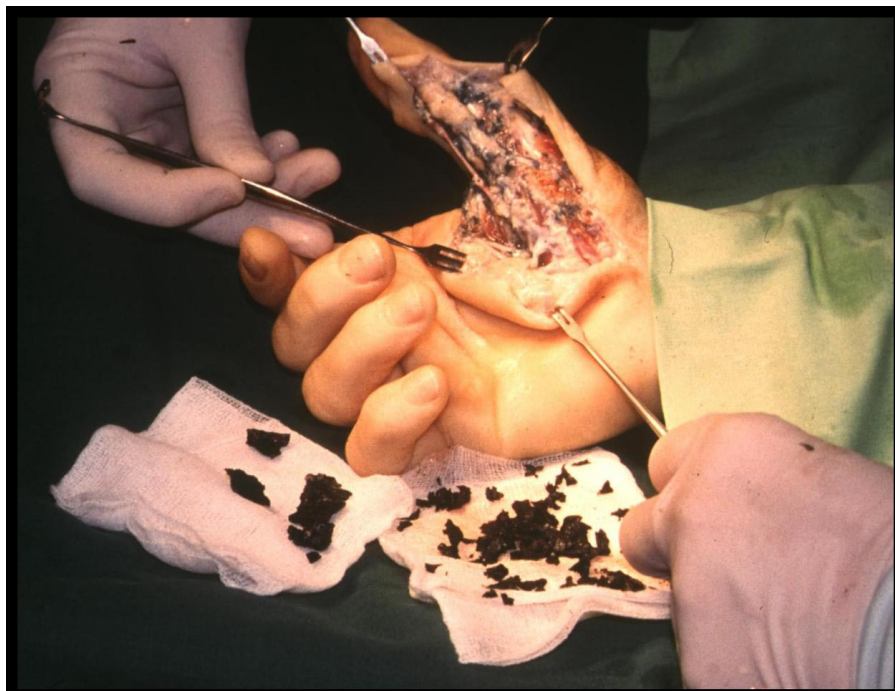
od charakteru wstrzykniętej substancji i umiejscowienia rany wlotowej. Analizę statystyczną przeprowadzono przy pomocy testu t-Studenta.

Wyniki

Główną przyczyną urazu był wypadek podczas pracy (92%). Jedynie u 2 chorych (8%) HPII powstały w trakcie czyszczenia broni gazowej. Najczęściej wstrzykniętą substancją była farba malarska (15 chorych – 62,5%) oraz piasek (3 chorych – 12,5%). U pozostałych osób stwierdzono obecność ciała obcego w postaci masy plastycznej, gazu, półpłynnego asfaltu i oleju napędowego (tabela I).

W badanej grupie u 12 chorych (50%) obrażenia dotyczyły ręki prawej (dominującej) u pozostałych 12 chorych uszkodzona była ręka lewa.

Rana wlotowa umiejscowiona była najczęściej w obrębie palców (75%). Uszkodzenia obejmowały głównie 4 palec (5 chorych), 2 i 3 palec (po 4 chorych), kciuk (3 chorych) oraz 5 palec (2 chorych). Pierwotne uszkodzenie powłok w okolicy śródreżca obserwowano u 6 chorych (25%) (tabela II).



Rycina 3
 Obraz śródoperacyjny wysokociśnieniowego nastrzyknięcia tkanek kciuka i kłębu kciuka farbą.
 Intraoperative appearance of high pressure paint injection injury to the thumb and thenar.



Rycina 4
 Rekonstrukcja ubytku powłok III palca uszypułowanym płatem pachwinowym.
 Flap reconstruction of the 3rd digit soft tissue defect.

Połowa chorych (12 osób) zgłosiła się do Kliniki bezpośrednio lub w ciągu kilku godzin od wypadku. Czas od urazu do przyjęcia wynosił w tej grupie od 35 minut do 19 godzin. U 9 chorych był on krótszy niż 6 godzin. Klinicznie stwierdzano bolesność, obrzęk i zaburzenia gry naczyniowej w obrębie uszkodzonej ręki. Wszystkich chorych leczono operacyjnie w trybie pilnym. Pozostałe 12 osób pierwotne zaopatrzenie otrzymało w warunkach ambulatoryjnych. Chorzy ci zgłosi-

li się do Kliniki w związku z niepowodzeniem dotychczasowego leczenia w czasie od 2 do 24 dni (średnio 9 dni). U 6 chorych pierwotnie wykonano niewielkie nacięcie w pobliżu rany wlotowej, drenaż rany i antybiotykoterapię. U kolejnych 6 chorych zastosowano wyłącznie leczenie zachowawcze (3 osoby z nastrzyknięciem tkanek farbą, 2 osoby z postrzałem z broni gazowej, 1 osoba – nastrzyknięcie masą plastyczną). Większość chorych leczonych ambulatoryjnie wyma-

gała leczenia chirurgicznego w trybie pilnym (11 z 12 osób). U wszystkich tych poszkodowanych stwierdzono śródoperacyjnie znaczne zaawansowanie stanu zapalnego, zaleganie treści ropnej wokół złogów ciała obcego lub też martwicę tkanek miękkich. Jedynie u 1 chorego z postrzałem z broni gazowej kontynuowano leczenie zachowawcze.

U ponad 33% chorych (8 z 24 osób) konieczne były kolejne operacje typu „second look” w celu usunięcia pozostałości ciała obcych, wycięcia tkanek martwych i drenażu rany.

W całej badanej grupie odsetek amputacji palców wynosił 20,8% (5 chorych). U 4 chorych konieczna była amputacja na poziomie paliczka środkowego, u 1 chorego na poziomie paliczka dystalnego. Wszyscy chorzy wymagający amputacji palców doznali obrażeń w wyniku nastrzyknięcia tkanek farbą (tabela I). W tej grupie chorych odsetek amputacji wynosił 33,3%. Porównano częstość amputacji w zależności od umiejscowienia rany wlotowej (tabela II). W przypadku pierwotnego uszkodzenia palców odsetek amputacji wynosił 22,2%. Był on nieco niższy, gdy miejscem wprowadzenia substancji obcej było śródrezcze. Wśród tych chorych wynosił on 16,7%, nie była to jednak różnica znamienista statystycznie.

Przeanalizowano również zależność liczby amputacji palców od czasu podjęcia leczenia operacyjnego (tabela III). U połowy chorych czas ten był krótszy niż 24 godziny i wynosił średnio 8,5 godziny. Konieczność amputacji palców stwierdzono w tej grupie u 16,7% chorych, natomiast przy opóźnieniu leczenia powyżej 24 godzin odsetek zwiększał się do 25%. Nie była to jednak zależność znamienista statystycznie ($p=0,317$).

Czas pobytu w Klinice wahał się w szerokich granicach od 2-270 dni i wynosił średnio 48 dni. Opóźnienie interwencji chirurgicznej wiązało się z większą liczbą powikłań i prawie dwukrotnie dłuższym czasem hospitalizacji (tabela III). Wszyscy chorzy wrócili do poprzednio wykonywanej pracy.

Dyskusja

Obrażenia typu HPPII powstają zazwyczaj w wyniku wypadku w czasie pracy. Rozpoznawane są głównie w grupie młodych mężczyzn, a średnia wieku chorych wynosi zwykle 35 lat. Obrażenia dotyczą przeważnie ręki niedominującej, a charakterystyczna niewielka rana wlotowa umiejscowiona jest na opuszcze palca II

Tabela IIUmiejscowienie rany wlotowej.
Distribution of the entrance wound.

Umiejscowienie rany wlotowej	liczba chorych	amputacje	wartość p
palce (w tym:)	18 (75%)	4 (22,2 %)	p=0,467
4 palec	5 (20,8%)		
3 palec	4 (16,7%)		
2 palec	4 (16,7%)		
1 palec	3 (12,5%)		
5 palec	2 (8,3%)	1 (16,7 %)	
śródręcze	6 (25%)		

Tabela IIIOdsetek amputacji palców w zależności od czasu podjęcia leczenia chirurgicznego.
Correlation between amputation rate and time of the surgical treatment.

Czas podjęcia leczenia chirurgicznego:		wartość p
< 24 godz.:	>24 godz.:	
średni czas od urazu 8,5 godz.	średni czas od urazu 9 dni (2-24 dni)	p=0,164
średni czas hospitalizacji 33 dni (SD=49 dni)	średni czas hospitalizacji 61 dni (SD=80 dni)	
Amputacje 2 chorych (16,7%)	Amputacje 3 chorych (25%)	p=0,317

[2,4,5,6,10,13]. Analizowaną grupę chorych z HPII stanowili wyłącznie mężczyźni, do wypadku dochodziło najczęściej w miejscu pracy. Średnia wieku poszkodowanych była zbliżona do podawanej w piśmiennictwie i wynosiła 34 lata. Nie potwierdzono jednak częstszego występowania obrażeń w obrębie ręki niedominującej.

W obrazie klinicznym HPII możemy wydzielić trzy fazy: wczesną, pośrednią i późną [5,6,10,14]. Faza wczesna rozwija się bezpośrednio po urazie. Obraz kliniczny w początkowym okresie zazwyczaj jest niezbyt niepokojący. W badaniu stwierdzamy punktową ranę skóry, ograniczony obrzęk oraz subiektywne uczucie rozpięcia w miejscu uszkodzenia. Wielu chorych w tym okresie nie zgłasza się do lekarza lub też otrzymuje niewystarczające i nieprawidłowe pierwotne zaopatrzenie polegające jedynie na częściowym usunięciu materiału obcego i wykonaniu niewielkiego nacięcia celem drenażu rany [4,5,12,15]. W ciągu kilku godzin od urazu dochodzi do ostrego niedokrwienia tkanek i rozległej reakcji zapalnej. Pojawia się silny ból, nieproporcjonalny do widocznych zewnętrznych uszkodzeń, zaburzenia czucia, bledność i wychłodzenie uszkodzonej ręki [6,12,14,15]. Niekiedy, przy nasilonej reakcji zapalnej obserwujemy objawy ogólne takie jak gorączka, leukocytoza, powiększenie węzłów chłonnych, ostra niewydolność nerek, a także cechy zatrucia zależne od właściwości chemicznych

wstrzykniętej substancji [5,6]. W badanym materiale połowa chorych otrzymała pierwotne zaopatrzenie w warunkach ambulatoryjnych. U większości z nich było ono niewystarczające. Chorzy ci wymagali hospitalizacji, pilnego leczenia operacyjnego i często kilku kolejnych rewizji rany. W tej grupie chorych obserwowano znacznie wyższy odsetek powikłań zapalnych i prawie dwukrotnie dłuższy czas leczenia szpitalnego.

Prawidłowe postępowanie chirurgiczne polega na szerokim nacięciu tkanek miękkich ręki i dokładnym usunięciu maksymalnej ilości substancji obcej [4,6,10,11,16]. W przypadku przebicia się substancji przez pochewki ścięgien należy otworzyć, zrewidować i oczyścić pochewki ścięgna [10,14,17]. Jeśli substancja obca ściśle okleja pęczki naczyniowo-nerwowe można wykorzystać mikroskop operacyjny celem uniknięcia uszkodzenia nerwów i naczyń palcowych podczas oddzielania ciał obcych [14]. Kolejnym etapem leczenia jest odbarczenie wszystkich zajętych przedziałów powięziowych ręki i usunięcie martwiczo zmienionych tkanek. Umiejscowienie rany wlotowej w obrębie palca I lub V często wiąże się z koniecznością przedłużenia cięcia w okolicę nadgarstka w związku z rozprzestrzenieniem się substancji obcej w obrębie pochewki ścięgna tych palców. W przypadku wystąpienia ostrego zespołu cieśni nadgarstka zalecane jest przecięcie powięzi poprzecznej nadgarstka [5,6,11,16].

Leczenie zachowawcze HPII jest zarezerwowane dla niewielkiej grupy chorych. Decyzję powinien podejmować chirurg z dużym doświadczeniem w leczeniu tego rodzaju obrażeń ręki, po dokładnej ocenie właściwości wstrzykniętej substancji, jej objętości, rozległości uszkodzeń i możliwych powikłań. Leczenie zachowawcze możemy rozważyć w przypadku wstrzyknięcia wody, sprężonego powietrza i niewielkiej ilości szczepionki [9,12,13,18-20]. Jednak wszyscy chorzy z HPII niezależnie od podanej substancji obcej wymagają hospitalizacji, uważnej obserwacji i badań kontrolnych. Należy również wdrożyć profilaktyczną antybiotykoterapię w związku z ryzykiem wniknięcia wraz z strumieniem wody mikroorganizmów oraz chemicznych zanieczyszczeń i rozwinięcia się powikłań infekcyjnych [7,13,19,21]. Obrażenia HPII pod postacią wstrzyknięcia wody należy leczyć operacyjnie w przypadku wystąpienia objawów zespołu przedziałów powięziowych [7,11,21]. Wśród chorych leczonych w Katedrze i Klinice Chirurgii Urazowej leczenie zachowawcze zastosowano zaledwie u 1 chorego z wysokociśnieniowymi obrażeniami ręki po postrzale z broni gazowej.

Leczenie chirurgiczne należy podjąć w trybie doraźnym. Zalecane jest znieczulenie ogólne lub regionalne – blok splotu barkowego, które sprzyja rozszerzeniu naczyń i poprawia ukrwienie tkanek. Wielu autorów nie zaleca znieczulenia miejscowego palców ze względu na zwiększanie ciśnienia śródtkankowego i ucisku na pęczki naczyniowo-nerwowe [10,14]. W naszej jednostce preferowanym sposobem znieczulenia było znieczulenie ogólne lub blokada splotu ramiennego, które zastosowano u 22 chorych.

W trakcie operacji istotne jest pobranie materiału na badanie bakteriologiczne. We wstępnych posiewach materiału pobranego śródoperacyjnie często nie stwierdza się obecności bakterii, co związane jest z właściwościami bakteriobójczymi lub bakteriostatycznymi wstrzykniętej substancji obcej [5,14,16]. Jednak uszkodzone, niedokrwione i martwiczo zmienione tkanki są znakomitą podłożem do rozwoju wtórnych infekcji. Dlatego też większość autorów zaleca wczesne wdrożenie profilaktycznej antybiotykoterapii o szerokim spektrum [16,22].

W ciągu kilku dni – tygodni po urazie, w fazie pośredniej HPII rozwija się zapalenie przydatki naczyń własnych palców, co w połączeniu z rozległą za-

krzepicą naczyń powoduje martwicę skrzepową skóry i tkanki podskórnej [5,10,14]. W tym okresie często niezbędne są zabiegi typu „second look” polegające na usunięciu pozostałości ciał obcych, oczyszczeniu rany i wycięciu martwiczych tkanek. U części chorych zachodzi konieczność amputacji palców [6,10,11,14]. W badanym materiale 1/3 chorych wymagała kilkukrotnych rewizji rany, a u 1/5 chorych konieczna była amputacja dystalnych części palców.

Po opanowaniu zaburzeń ukrwienia i infekcji możliwe jest zamknięcie rany. W niektórych przypadkach konieczne jest zastosowanie przeszczepów skórno-naskórkowych lub plastyki płatowej celem pokrycia ubytków powłok ręki [4,11,23]. W materiale 24 chorych leczonych w Klinice większość ran leczono przez ziarninowanie. U jednego chorego, po wczesnej amputacji palca IV, wykorzystano płat pachwinowy do pokrycia ubytku na dłoniowej powierzchni palca III z odsłonięciem ścięgien zginaczy uzyskując dobry efekt kosmetyczny i funkcjonalny.

Późna faza HPII przebiega w ciągu kolejnych tygodni i miesięcy od urazu. W tym czasie rozwija się przewlekły proces zapalny obejmujący pochewki ścięgniaste i onerwie przyczyniający się do rozległego włóknienia tkanek. Prowadzi to do powstania przykurczy i ograniczenia ruchomości palców oraz utrwalonych zaburzeń czucia. Wokół zalegających fragmentów substancji obcej dochodzi do otorbiana się ciał obcych i powstawania ziarniniaków [10,14,24]. Pojawiają się owrzodzenia i przetoki skórne w okolicy otorbionych złogów. Odległym powikłaniem przewlekłych owrzodzeń i przetok może być przemiana nowotworowa tkanek w kierunku raka kolczystokomórkowego [5,10].

Rokowanie w przypadku HPII zależy od wielu czynników. Do najważniejszych należą: właściwości ciała obcego (lepkość, toksyczność), objętość wstrzykniętej substancji, ciśnienie wytwarzane przez urządzenie aplikujące, umiejscowienie rany wlotowej oraz czas podjęcia leczenia chirurgicznego. Największy odsetek amputacji obserwujemy jeśli wstrzykniętą substancją jest farba lub rozpuszczalniki chemiczne. Farby malarskie działają silnie toksycznie na tkanki powodując nasiloną odpowiedź zapalną, przy ujemnych wynikach badań bakteriologicznych. Niedokrwienie rozwija się wcześniej po urazie powodując rozległą martwicę tkanek miękkich i skóry. Ryzyko amputacji jest znaczne i wynosi od 36 do 60% [2,10,14].

Równie wysoką toksycznością charakteryzują się rozpuszczalniki chemiczne. Mniejsza lepkość tych substancji umożliwia rozległe rozprzestrzenianie się ich w tkankach miękkich znacznie zwiększając obszar uszkodzenia. Rokowanie u tych chorych jest poważne, a odsetek amputacji sięga nawet 80% [2]. Podobnie wysoki odsetek amputacji odnotowano w przypadku wysokociśnieniowego nastrzyknięcia tkanek olejem napędowym (67-71,5%) [2,10]. W badanej grupie u wszystkich chorych wymagających amputacji palców wstrzykniętą substancją była farba malarska. We wstępnym badaniu klinicznym stwierdzano u tych chorych cechy nasilonej reakcji zapalnej i martwicy tkanek. W tej grupie chorych odsetek amputacji był wysoki i wynosił 33,3%.

Smary olejowe charakteryzują się niewielką toksycznością. Wywołują mniej nasiloną reakcję zapalną i rzadko obserwuje się zmiany niedokrwienne. Amputacja palców konieczna jest u 23-28,5% chorych. Występuje jednak silna tendencja do tworzenia ziarniniaków, przetok i postępującego włóknienia, co wiąże się z powstaniem przykurczy i ograniczeniem funkcji ręki [2,4,10]. Wśród chorych leczonych w Klinice Chirurgii Urazowej nie obserwowano wysokociśnieniowego nastrzyknięcia tkanek smarem olejowym i związanych z tym powikłań.

Wysokociśnieniowe nastrzyknięcie tkanek wodą lub gazem ma zazwyczaj łagodniejszy przebieg kliniczny. Występuje niewielki odczyn zapalny i znacznie mniejsza destrukcja tkanek. Zagrożeniem jest rozległa odma podskórna, zatopy powietrzne i zespół przedziałów powięziowych, co związane jest bezpośrednio z objętością podanej substancji. Rozwijają się również powikłania infekcyjne. Ogółem w tego typu obrażeniach odnotowywane są bardzo dobre wyniki leczenia [13,14,18,19,21]. W badanej grupie leczono 2 chorych z nastrzyknięciem tkanek miękkich sprężonym powietrzem. U jednego z nich konieczne było leczenie operacyjne z powodu powikłań infekcyjnych, drugiego natomiast leczono zachowawczo. U obu chorych ostateczny wynik leczenia był bardzo dobry.

Kolejnym, niezwykle ważnym czynnikiem rokowniczym jest czas podjęcia prawidłowego leczenia chirurgicznego. Całkowity odsetek amputacji palców w HPII może sięgać 43-48% [2,10]. Przy wdrożeniu prawidłowego leczenia chirurgicznego z rozległą dekompresją tkanek w czasie krótszym niż 6-10 godzin jest on niższy i wynosi około 13-22% [4,5,10,14,

22,23]. W grupie chorych leczonych w Katedrze i Klinice Chirurgii Urazowej konieczność amputacji palców stwierdzono u 20,8% chorych. W badanym materiale potwierdzono znaczenie czasu podjęcia prawidłowego postępowania chirurgicznego. Wśród chorych operowanych w ciągu 1 doby od urazu odsetek amputacji palców wynosił 16,7%, natomiast przy opóźnieniu leczenia powyżej 24 godzin odsetek zwiększał się do 25%.

Podsumowanie

1. Analiza przedstawionego materiału wykazuje, iż wczesne leczenie operacyjne, polegające na szerokim otwarciu rany, usunięciu ciał obcych wraz z dekompresją struktur naczyniowo-nerwowych wpływa na zmniejszenie liczby powikłań i uzyskanie optymalnych wyników leczenia.

2. Najważniejszymi czynnikami ryzyka są czas upływający od urazu do podjęcia prawidłowego leczenia chirurgicznego oraz właściwości chemiczne ciała obcego.

3. Dokładna znajomość patomechanizmu i następstw klinicznych HPII wśród lekarzy, a także prawidłowe przeszkolenie osób obsługujących urządzenia wysokociśnieniowe są niezbędne w zapobieganiu oraz w prawidłowym leczeniu tych niezwykle ciężkich obrażeń ręki.

Piśmiennictwo

1. Rees CE. Penetration of the tissues by fuel oil under high pressure from a diesel engine. JAMA 1937; 109: 866-67.
2. Schoo MJ, Scott FA, Boswick JA. High-pressure injection injuries of the hand. J Trauma 1980; 20: 229-38.
3. Christodoulou L, Melikyan EY. Functional outcome of high-pressure injection injuries of the hand. J Trauma 2001; 50: 717-20.
4. Pinto MR, Turkula-Pinto LD, Cooney WP, Wood MB, Dobyns JH. High-pressure injection injuries of the hand: review of 25 patients managed by open wound technique. J Hand Surg Am 1993; 18: 125-30.
5. Luber KT, Rehm JP, Freeland AE. High-pressure injection injuries of the hand. Orthopedics 2005; 28: 129-32.
6. Barr ST, Wittenborn W, Nguyen D, Beatty E. High-pressure cement injection injury of the hand: a case report. J Hand Surg 2002; 27: 347-49.
7. Curka PA, Chisholm CD. High-pressure water injection injury to the hand. Am J Emerg Med 1989; 7: 165-67.
8. Klareskov B, Gebuhr P, Rordam P. Compressed air injuries of the hand. J Hand Surg 1986; 11B: 436-37.
9. Kendrick RW, Colville J. Conservative treatment of a high pressure injection injury to the hand. Hand 1982; 14: 159-61.
10. Kaufman HD. The clinicopathological correlation of high pressure injection injuries. Br J Surg 1968; 55: 214-18.
11. Geller ER, Gursel E. A unique case of high-pressure injection injury of the hand. J Trauma 1986; 26: 483-85.
12. Lipiński J, Lasek J, Prajs J. Wstępne doniesienia na temat rzadko spostrzeganych obrażeń rąk w związku z wprowadzeniem

nowoczesnej technologii przemysłowej. Bydgoskie Towarzystwo Naukowe. Prace Wydziału Nauk Przyrodniczych 1981; 20: 91-95.

13. **Snarski JT, Birkhahn RH.** Non-operative management of a high-pressure water injection injury to the hand. *Can J Emerg Med* 2005; 7: 124-26.
14. **Hayes CW, Pan HC.** High-pressure injection injuries to the hand. *South Med J* 1982; 75: 1491-98.
15. **Lipiński J, Prajs J, Lasek J, Gwoździejcz J, Ręcki M.** Obrażenia rąk u malarzy okrętowych typu "High-pressure injection injury". *Pol Hand Surg* 1989; 1-2: 21-26.
16. **Mirzayan R, Schnall SB, Chon JH.** Culture and amputation rates in high-pressure paint gun injuries of the hand. *Orthopedics* 2001; 587-89.
17. **Obert L, Lepage D, Jeunet D, Gérard F, Garbuio P, Tropet Y.** Traumatisme de la main par injection sous pression: spécificité lésionnelle de l'huile industrielle. Injection injuries: specificity of the injury caused by industrial oil. *Chirurgie de la main* 2002; 21: 343-49.
18. **Caspi I, Lin E, Nerubay J, Ezra E, Horoszowski H.** Subcutaneous emphysema following high-pressure injection injury of inert gas. *J Trauma* 1987; 27: 1305-6.
19. **Kon M, Sagi A.** High-pressure water jet injury of the hand. *J Hand Surg* 1985; 10A: 412-14.
20. **Couzens G, Burke FD.** Veterinary high-pressure injection injuries with inoculations for larger animals. *J Hand Surg* 1995; 20B: 497-99.
21. **Weltmer JB, Pack LL.** High-pressure water injection injuries to the extremities. *J Bone Joint Surg* 1988; 70A: 1221-23.
22. **Wieder A, Lapid O, Plakht Y, Sagi A.** Long-term follow-up of High-pressure injection injuries to the hand. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117: 186-89.
23. **Hart RG, Smith GD, Haq A.** Prevention of high-pressure injection injuries to the hand. *Am J Emerg Med* 2006; 24: 73-76.
24. **Mizani MR, Weber BE.** High-pressure injection injury of the hand: the potential for disastrous results. *Postgrad Med* 2000; 108: 183-90.