

DOSTĘP DOSZPIKOWY W STANACH ZAGROŻENIA ŻYCIA

Intraosseous access in life-threatening conditions

Marzena Jędrzejczyk¹, Dariusz Bazaliński^{2,3}, Paweł Więch², Andrzej Włodyka⁴

¹Institut Półożnictwa i Ratownictwa Medycznego, Uniwersytet Rzeszowski

²Institut Pielęgniarstwa i Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Rzeszowski

³Oddział Pomocy Dorażnej, Szpital Specjalistyczny, Podkarpacki Ośrodek Onkologiczny w Brzozowie

⁴Oddział Pomocy Dorażnej, Szpital Powiatowy, Zespół Opieki Zdrowotnej w Strzyżowie

Pielęgniarstwo Chirurgiczne i Angiologiczne 2012; 2: 52-63

Praca wpłynęła: 3.04.2011; przyjęto do druku: 8.03.2012

Adres do korespondencji:

Dariusz Bazaliński, Szpital Specjalistyczny, Podkarpacki Ośrodek Onkologiczny w Brzozowie, ul. ks. Bielawskiego 18, 36-200 Brzozów,
e-mail: darek.bazalinski@wp.pl

Streszczenie

Uzyskanie dostępu donaczyniowego u pacjenta w stanie bezpośredniego zagrożenia życia jest jedną z najtrudniejszych procedur ratowniczych w warunkach pomocy przedszpitalnej. Włknięcie doszpikowe stanowi szybką i bezpieczną alternatywę dostępu do układu krwionośnego w sytuacji, gdy tradycyjna kaniulizacja naczynia żylnego jest znacznie utrudniona bądź niemożliwa. W pracy przedstawiono aspekty prawne dotyczące wykonania dostępu doszpikowego (*intraosseous* – IO) w praktyce pielęgniarki ratunkowej, jak również ratownika medycznego. Przedstawiono historię, omówiono wskazania, przeciwwskazania oraz potencjalne powikłania związane z uzyskaniem dostępu śródkościowego na podstawie aktualnych rekomendacji Europejskiej Rady Resuscytacji (*European Resuscitation Council* – ERC), Polskiej Rady Resuscytacji (*Polish Resuscitation Council* – PRC), *American Council of Learned Societies* (ACLS), Amerykańskiego Towarzystwa Kardiologicznego (*American Heart Association* – AHA). Dokonano porównania dostępnych na rynku manualnych i mechanicznych narzędzi do IO, przedstawiając ich zalety oraz wady na podstawie doniesień naukowych. Skoncentrowano się na punktach anatomicznych dostępu do jamy szpikowej, dokładnie omówiono technikę i zaproponowano procedurę zakładania i pielęgnacji dostępu doszpikowego w warunkach szpitalnego oddziału ratunkowego.

Wnioski: Dostęp doszpikowy jest bezpiecznym, wiarygodnym i szybkim rozwiązaniem w nagłych wypadkach u dorosłych i dzieci w sytuacji braku możliwości lub trudności w dostępie dożylnym. Czas wytworzenia dostępu doszpikowego jest znacząco krótszy w porównaniu z kaniulizacją naczyń obwodowych. Dostęp doszpikowy jest rozwiązaniem krótkoterminowym, w uzasadnionych przypadkach nie powinien być utrzymywany dłużej niż 96 godz., optymalny czas utrzymania to 24 godz. Pielęgniarka systemu może wykonać włknięcie doszpikowe po odbyciu specjalistycznego kursu.

Słowa kluczowe: iniekcja doszpikowa, dostęp doszpikowy, stan zagrożenia życia, pielęgniarka ratunkowa, ratownik medyczny, BIG, EZ-IO.

Summary

Obtaining intravenous access in patients with a direct life-threatening condition is one of the most difficult rescue interventions in pre-hospital care settings. Intraosseous infusion is a fast and safe alternative of IV access in a situation when traditional venous cannulation is very difficult or impossible. This paper presents legal aspects of intraosseous infusion (IO) in medical practice concerning emergency nurses and paramedics. IO history is presented, indications, contraindications, and possible complications related to intraosseous access based on current recommendations of ERC, PRC, ACLS, and AHA are discussed. The authors compared commercially available automated IO devices and manual techniques of IO needle insertion and presented advantages and disadvantages of their application based on scientific reports. The review focused on anatomic sites for IO access to marrow space. The authors discussed available IO placement techniques in detail and suggested procedures of obtaining IO access as well as its care in emergency unit settings.

Conclusions: Intraosseous infusion (IO) is a safe, reliable, and fast solution in life-threatening conditions in adult and paediatric patients when obtaining intravenous access is very difficult or impossible. The time needed to place an IO device or needle is significantly shorter than peripheral vein cannulation. However, intraosseous access is a temporary solution and should not last longer than 96 hours if necessary. The optimum time of IO cannulation does not exceed 24 hours. Nurses are allowed to perform IO cannulation after receiving specialist training.

Key words: intraosseous infusion (IO), life-threatening condition, emergency nurse, paramedic, BIG, EZ-IO.

Wstęp

Dostęp do układu krwionośnego celem podania farmaceutyków oraz prowadzenia płynoterapii w opiece nad osobami w krytycznym stanie to jedna z priorytetowych i kluczowych procedur terapeutycznych. Obwodowy dostęp dożylny jest złotym standardem, który jeszcze przez wiele lat nie ulegnie zmianie. Kaniulacja żył obwodowych jest procedurą inwazyjną, trudną do wykonania i czasochłonną, zwłaszcza w sytuacji zaburzeń hemodynamicznych, hipotermii, otyłości i młodego wieku [1, 2]. W bezpośrednim stanie zagrożenia życia powinna być wykonana zawsze przez wyspecjalizowany, doświadczony personel medyczny (pielęgniarka, lekarz, ratownik medyczny) świadomy powikłań związanych z kaniulacją i przedłużaniem czasu wykonania procedury. Opóźnienie lub nieuzyskanie dostępu donaczyniowego znacząco pogarsza sytuację pacjenta (poszkodowanego) i zmniejsza rokowanie.

W badaniach Rosetti i wsp. w grupie 66 dzieci z zatrzymaniem akcji serca doświadczony personel medyczny potrzebował ponad 10 min, aby uzyskać dostęp do żyły w 24% przypadków, a w 6% w ogóle nie udało się uzyskać dostępu naczyniowego [3]. W badaniach Brunette i wsp. odsetek uzyskania dostępu doszypikowego (*intraosseus* – IO) u dzieci z zatrzymaniem akcji serca był wyższy (83%) niż innych form dostępu – chirurgiczna wena stomia piszczelowa (81%), żyła podobojczykowa (77%) oraz dostęp przezskórny obwodowy (17%) [4]. W praktyce klinicznej odnotowuje się nieuzasadnione przypadki wydłużania czasu uzyskania dostępu donaczyniowego, zwłaszcza powyżej 2 prób, podejmowanie prób kaniulacji przez niedoświadczony personel czy kaniulację często żyłkowatych, powierzchownych naczyń obwodowych w obrębie kończyn dolnych. Takie kontrowersyjne działania nie powinny być podejmowane w sytuacji, gdy każda minuta może wpływać na przeżycie pacjenta. Zastosowanie wkłucia IO w warunkach przedszpitalnych stanowi najlepszy i bezpieczny sposób podawania leków donaczyniowo w sytuacji, gdy kaniulacja naczyń obwodowych jest znacznie utrudniona bądź niemożliwa, zarówno u dzieci, jak i dorosłych. Wśród wskazań zastosowania drogi IO można wymienić: próby wkłucia do naczyń obwodowych zakończone niepowodzeniem u osób wymagających natychmiastowego podania leków, przypadki resuscytacji, jeśli w ciągu pierwszych 2 min nie uda się uzyskać dostępu dożylnego, sytuacje, gdy czasochłonny dostęp centralny nie jest możliwy, oparzenie dużej powierzchni ciała [2, 5]. Leki podane doszypikowo osiągają pożądaną stężenie w osoczu w czasie porównywalnym z lekami wstrzykniętymi przez cewnik umieszczony w żyłę centralnej (znacznie krótszy czas wchłaniania niż w przypadku podania dotchawiczego) [6]. Kaniulacja jamy szypikowej jest tradycyjnie stosowana u dzieci z powodu trudności z uzyskaniem dostępu dożylnego. Obecnie uważa się, że wykonanie tego typu zabiegu jest bezpieczne i skuteczne zarówno w przypadku dzieci, jak i w grupie

pacjentów dorosłych. Dostęp do jamy szypikowej jest wykonywany stosunkowo rzadko, w badaniu prospektywnym przeprowadzonym przez Gazin i wsp. na 4666 dostępów donaczyniowych wytworzono 39 dostępów do jamy szypikowej (30 w nagłym zatrzymaniu krążenia, 9 we wstrząsie), co stanowiło poniżej 1% [7]. Przed wdrożeniem farmakoterapii istnieje możliwość pobrania aspiratu szypiku celem oznaczenia grupy krwi i próby krzyżowej, wykonania analiz chemicznych oraz gazometrii (wartości są porównywalne z wartościami gazometrii krwi żyłnej, jeśli żaden lek nie został podany do jamy szypikowej) [5, 7–11]. W prezentowanej pracy autorzy przedstawili dostępne narzędzia do iniekcji doszypikowych oraz zasady ich stosowania w bezpośrednim zagrożeniu życia i resuscytacji w warunkach przedszpitalnych.

Historia dostępu doszypikowego

Droga doszypikowego podawania leków znana jest od lat 30. XIX w. Pierwszy opis wykonanego dostępu do jamy szypikowej u człowieka pochodzi z 1834 r. W 1922 r. Drinker i wsp. zbadali ukrwienie mostka oraz zaproponowali, aby wykorzystać to miejsce do transfuzji krwi [12, 13]. W 1940 r. Henning dokonał pierwszej transfuzji przez mostek u chorego z rozpoznaną granulocytopenią [14]. W 1942 r. Pepper wykazał, że czas przepływu płynu przez sieć naczyń krwionośnych w jamie szypikowej jest praktycznie taki sam jak w żylnym naczyniu obwodowym [15]. W latach 40. i 50. XX w. dostęp IO stosowano szeroko zwłaszcza u żołnierzy i dzieci wymagających przetoczeń krwi i podawania antybiotyków. W latach 50. na rynku amerykańskim pojawiły się plastikowe cewniki dożylne, co negatywnie wpłynęło na zainteresowanie dostępem IO [2]. Ponowne zwrócenie uwagi na dostęp IO nastąpiło w latach 80. XX w. jako alternatywa szlaku dożylnego, w sytuacjach krytycznych w pediatrii i było związane z amerykańskim pediatrą Jamesem Orłowskim. Orłowski, zajmując się chorymi na cholere podczas praktyki lekarskiej w Indiach, zwrócił uwagę na trudności w dostępie dożylnym u pacjentów pediatrycznych. Swoje spostrzeżenia opublikował w słynnej pracy *My kingdom for an intravenous line* [13, 16]. W 1989 r. Cameron i wsp. opublikowali pracę prezentującą techniki pomiarowe z użyciem radionukleoidów, wykazując empirycznie, że droga IO podania płynów jest tak samo szybka jak droga dożylna [2, 17, 18]. W 1994 r. Warren i wsp. przedstawili wyniki badań przeprowadzonych na świniach, wnioskując, że wkłucia doszypikowe wykonywane w różnych miejscach (kość udowa, ramienna, piszczelowa, kostka) dają takie same efekty terapeutyczne (czas osiągnięcia stężenia we krwi i działania leku). W związku z powyższym nie ma potrzeby zmian dawkowania leku w zależności od miejsca wkłucia [19]. Hurren przeprowadził biochemiczną analizę krwi pobranej z jamy szypikowej, stwierdzając, że poziom hemoglobiny oraz stężenia hematokrytu, sodu, mocznika, kreatyniny i wap-

nia w pobranej krwi są wystarczająco zbliżone do występujących we krwi obwodowej. Stężenia potasu i glukozy różniły się jednak znacząco od ich poziomu we krwi obwodowej [20]. Fiser i wsp. oceniali radiologicznie przyrost kości piszczelowej w ciągu 12–24 miesięcy po wkłuciu doszpikowym. Badanie nie wykazało różnic pomiędzy kośćmi, w których było wykonane wkłucie, i tymi bez wkłucia [21]. Obecnie dostęp IO uznaje się za standard medycyny ratunkowej zarówno u dzieci, jak i dorosłych. Jest metodą zalecaną w protokołach postępowania ERC, PRC, ACLS, AHA u dzieci i dorosłych jako alternatywny sposób dostępu do układu naczyniowego, gdy założenie cewnika dożylnego nie jest możliwe lub przedłuża się w czasie [2].

Anatomiczne miejsca dostępu doszpikowego, wskazania i przeciwwskazania do stosowania dostępu doszpikowego

Grono autorów podkreśla, że uzyskanie funkcjonalnego dostępu donaczyniowego u pacjenta w stanie zagrożenia życia jest jednym z kluczowych elementów postępowania, będąc równocześnie trudne do wykonania i mogąc się przedłużyć w czasie, zwłaszcza u dzieci i u osób w wieku geriatrycznym [2, 5, 8, 18, 22]. Zabieg może być wykonany przez lekarza, ratownika medycznego lub pielęgniarkę, która ukończyła specjalistyczny kurs. Określenie lokalizacji i miejsca założenia wkłucia doszpikowego w praktyce zazwyczaj nie przysparza trudności i jest stosunkowo łatwe do wykonania. Jednakże zawsze należy brać pod uwagę czynniki utrudniające, takie jak: wiek pacjenta (kości długie dzieci są delikatne i małych rozmiarów, w okresie wzrostu charakteryzują się obecnością chrząstki wzrostowej, u osoby w wieku geriatrycznym kończyny często są zwyrodniałe, podatne na uszkodzenia), kruchość kośćca (związana najczęściej z nierozpoznaną postępującą osteoporozą), urazy (pacjenci z potencjalnymi nierozpoznanymi złamaniami w obrębie kości długich). Wymienione potencjalne problemy mogą wpłynąć na rzetelność i skuteczność wykonanego zabiegu oraz determinować wystąpienie powikłań. Ogólne wskazanie do zastosowania IO stanowi niewydolność jednego z ważnych życiowo układów (oddechowy, krążenia, nerwowy) lub zatrzymanie krążenia przy braku zabezpieczonego dostępu donaczyniowego [5, 23]. Jednym z najważniejszych przeciwwskazań są zmiany infekcyjne na skórze w miejscu wkłucia oraz złamanie kości, na której planowane jest założenie dostępu IO. Może to skutkować przeciekaniem i wystąpieniem zespołu ciasnoty przedziałów powięziowych spowodowanym przedostawaniem się płynu do przestrzeni śródpowięziowej [2, 4, 11].

Wskazania szczegółowe do wykonania dostępu doszpikowego

Wskazania szczegółowe do wykonania dostępu IO obejmują:

- brak możliwości uzyskania dostępu dożylnego w sytuacji stanu zagrożenia życia (dzieci – po trzeciej nieudanej próbie uzyskania dojścia dożylnego, dorośli – po drugiej nieudanej próbie uzyskania dojścia dożylnego) [24],
- podczas resuscytacji dorosłych, jeśli w ciągu dwóch pierwszych minut nie uda się uzyskać dostępu dożylnego [5],
- w każdej sytuacji, gdy dostęp dożylny u dziecka w stanie krytycznym przedłuża się powyżej 1 minuty [25],
- inne stany kliniczne, w których dostęp dożylny jest utrudniony bądź niemożliwy do uzyskania (rozległe oparzenia, wstrząs, stan drgawkowy, hipotermia) [26].

Potencjalne powikłania

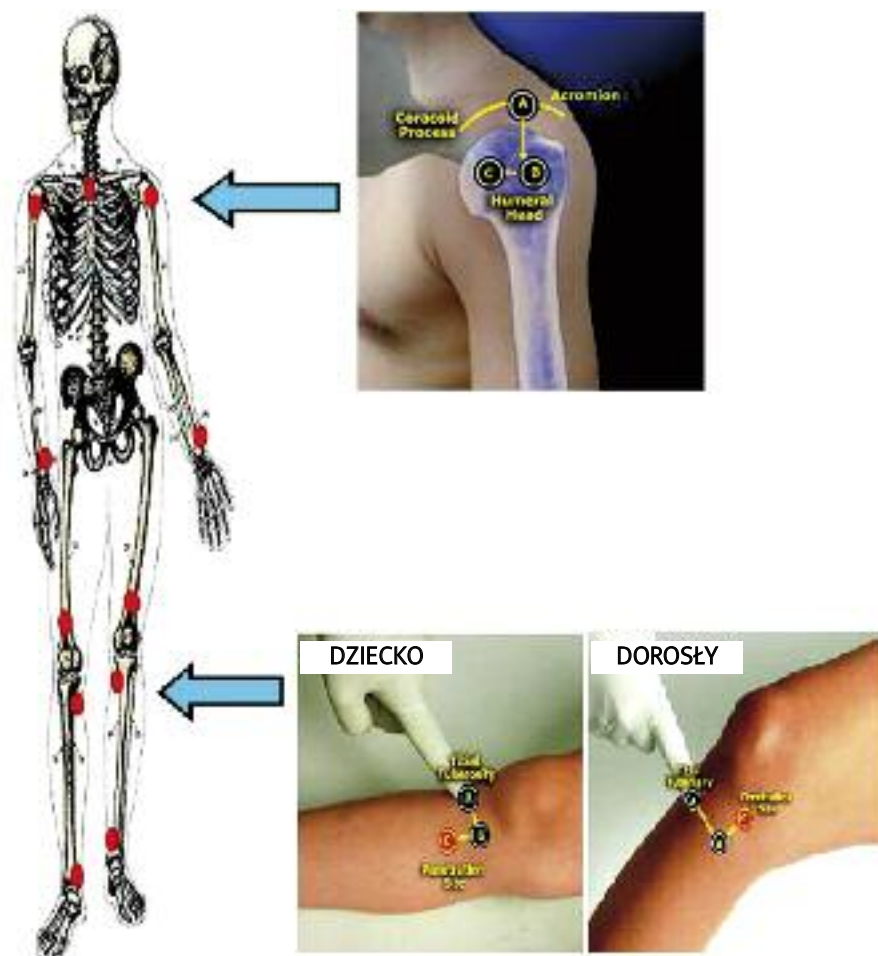
Powikłania kaniulizacji jamy szpikowej są rzadkie, jednak mogą wystąpić w sytuacji trudności związanych z dostępem do przestrzeni śródkostnej, niepoprawnie wykonanej procedury lub zbyt długiego utrzymania IO – powyżej 96 godz. [26, 27]. W badaniu prospektywnym obejmującym 553 pacjentów prowadzonym przez Dawidoff i wsp. nie opisano żadnego z tych powikłań [28]. W dużym badaniu przeprowadzonym przez Rosetti i wsp. na podstawie 4270 kolejnych zabiegów kaniulacji mostka lub kości piszczelowej u dzieci stwierdzono odsetek zakażeń szpiku na poziomie 0,6% [29, 30]. Inni autorzy donoszą o jeszcze rzadszych przypadkach powikłań. Najczęściej opisywane w literaturze to: zapalenie skóry, krwiak, wynaczynienie, zespół ciasnoty przedziałów powięziowych, martwica skóry, zapalenie szpiku, martwica szpiku w przypadku stosowania hipertonicznych płynów [51], złamanie kości, zator tłuszczowy [26].

Miejsca dostępu doszpikowego

Na ludzkim ciele istnieje kilka anatomicznych miejsc dostępu wykorzystywanych do kaniulizacji jamy szpikowej (ryc. 1). Najczęstsza lokalizacja to przyśrodkowa górna część kości piszczelowej, następnie mostek – wykorzystywany w sytuacjach możliwego dostępu do zestawu FAST 1, górna część kości ramiennej. Rzadziej wykorzystywane miejsca dostępu to dystalna część kości promieniowej oraz dystalna część kości udowej. Bez względu na miejsce wkłucia, efekty terapeutyczne (czas dotarcia leku) są w zasadzie identyczne [5, 8, 19], choć trudno się zgodzić z przekonaniem, że lek podany do jamy szpikowej kości piszczelowej dotrze do serca w tym samym czasie co lek podany do jamy szpikowej kości ramiennej.

Kość piszczelowa – u osób dorosłych najlepszym i rekomendowanym miejscem do założenia dostępu IO jest przyśrodkowy proksymalny odcinek kości piszczelowej; 2 cm poniżej guzowatości piszczeli na powierzchni przednio-przyśrodkowej. Dystalny odcinek piszczeli; 2 cm powyżej kostki przyśrodkowej.

Mostek – zalecane miejsce wkłucia to linia środkowa rękodości mostka 15 mm poniżej wcięcia jarzmowego most-



Ryc. 1. Miejsca dostępu do szpikowego

ka, co daje dużą płaską powierzchnię. Miejsce to wykorzystywane jest wyłącznie przy zastosowaniu wkłucia typu FAST.

Kość ramienna – wkłucia wykonuje się na przedniej powierzchni głowy kości ramiennej.

Kość promieniowa – zewnętrzna dystalna część nasady kości promieniowej (po przeciwnej stronie do miejsca wyczuwania tętna) [26].

Ze względu na proces wzrostu kośćca i odmienności anatomiczne w poszczególnych przedziałach wiekowych u dzieci istnieje kilka możliwych miejsc dostępu IO. Wybór miejsca dostępu ma na celu umieszczenie igły w miejscach oddalonych od chrząstek wzrostowych kości, znajdujących się w przy nasadach kości długich.

Zalecane miejsca dostępu IO u dzieci:

- u dzieci poniżej 6. roku życia IO przednio-przyśrodkowa powierzchnia kości piszczelowej – 2–3 cm poniżej guzowatości piszczeli (ryc. 1),
- u dzieci powyżej 6. roku życia – przyśrodkowa strona kości piszczelowej, 3 cm powyżej kostki przyśrodkowej,
- rzadziej wykorzystywane miejsce to kość udowa, 3 cm powyżej kłykcia bocznego, oraz kość biodrowy górny przedni [31–33].

Porównanie dostępnych na rynku narzędzi do iniekcji doszpikowych

Na rynku krajowym istnieje kilka interesujących narzędzi do kaniulacji jamy szpikowej różniących się ceną, wyglądem, mechanizmem działania i techniką stosowania. Planując zakup narzędzi na wyposażenie ambulansów czy też oddziałów ratunkowych, należy brać pod uwagę nie tylko cenę jednostkową produktu, lecz także inne parametry, takie jak funkcjonalność, efektywność czy wydajność. Koszt zestawów doszpikowych jest nadal bardzo wysoki w porównaniu z ceną igieł do kaniulizacji naczyń typu „wenflon”, jednakże należy pamiętać, iż interwencje w obrębie jamy szpikowej wykonuje się w określonych, ściśle sprecyzowanych sytuacjach klinicznych. W badaniu prowadzonym przez Calcins żołnierze z sił specjalnych Stanów Zjednoczonych testowali 4 zestawy do wkłuć doszpikowych (2 manualne i 2 mechaniczne), dopuszczone do stosowania medycznego (FAST, BIG, JN, SF). Badanie przeprowadzono z randomizacją, miało ono charakter porównawczy. Żołnierze zostali pouczeni o zastosowaniu zestawów, zapoznali się z materiałami wideo i ćwiczyli na manekinach. Następnie wkłucia wykonywane były w prosektorium. Kolej-

Tabela 1. Ocena narzędzi do wkłuć doszpikowych

System	Zalety	Wady
FAST 1	<ul style="list-style-type: none"> • łatwy w obsłudze • kompletność zestawu • krótki czas dostępu 	<ul style="list-style-type: none"> • tylko do kaniulacji rękojeści mostka • jednorazowego użytku • ograniczone zastosowanie w urazach mostka, osteoporozie i u pacjentów pediatrycznych • konieczność użycia siły
BIG	<ul style="list-style-type: none"> • łatwy w obsłudze • krótki czas dostępu • możliwość kaniulacji jamy szpikowej kości długich • możliwość stosowania u dorosłych i dzieci 	<ul style="list-style-type: none"> • możliwość przypadkowego wystrzału • jednorazowego użytku
EZ-IO	<ul style="list-style-type: none"> • łatwy w obsłudze • możliwość kaniulacji jamy szpikowej kości długich • urządzenie napędzające wielorazowego użytku • możliwość stosowania u dorosłych i dzieci (różne igły) 	<ul style="list-style-type: none"> • kosztowne igły
SF (igła SurFast)	<ul style="list-style-type: none"> • możliwość kaniulacji jamy szpikowej kości długich • niski koszt jednostkowy 	<ul style="list-style-type: none"> • konieczność użycia siły • zwiększone ryzyko powikłań w porównaniu z innymi zestawami • możliwość zatkania odłamkiem kostnym
JN (igła Jamshidi)	<ul style="list-style-type: none"> • możliwość kaniulacji jamy szpikowej kości długich • niski koszt jednostkowy 	<ul style="list-style-type: none"> • konieczność użycia siły • zwiększone ryzyko powikłań w porównaniu z innymi zestawami • możliwość zatkania odłamkiem kostnym



Ryc. 2. Zestaw do iniekcji doszpikowej FAST 1

ność wyboru narzędzi była losowa. Wszystkie zestawy w opinii badanych były proste w zakresie nauki ich stosowania. Czas wprowadzenia igły był korzystny w porównaniu z koniecznością wkłucia się do obwodowych naczyń

krwionośnych w przypadku krwotoku. Analizując uzyskane wyniki, badacze uznali, że wszystkie testowane zestawy są proste w obsłudze, natomiast BIG był najczęściej wybierany jako narzędzie pierwszego lub drugiego rzutu (65%) [34] (tab. 1).

System FAST został zaprojektowany i przeznaczony wyłącznie do umieszczania na rękojeści mostka. Stanowi kompletny manualny zestaw zawierający: narzędzia do wkłucia, alkohol, jodynę, opatrunek ochronny i zabezpieczający, a także zestaw do usunięcia wkłucia (ryc. 2.). Po wykonaniu dezynfekcji miejsca wkłucia (rękojeść mostka w linii pośrodkowej ok. 1,5 cm poniżej wcięcia jarzmowego mostka) umieszcza się samoprzylepną płytkę z otworem na wkłucie (ryc. 2. D). Prowadnica umieszczana jest w otworze płytki. W prowadnicy znajduje się zestaw igieł tworzących okrąg, których celem jest weryfikacja jamy szpikowej mostka. Dokonując nakłucia rękojeści mostka, należy użyć przyłożonej siły. Następuje zwolnienie wewnętrznej igły prowadzącej plastikową rurkę infuzyjną zakończoną metalową końcówką (portal kostny) (ryc. 2. A). Centralna igła (sonda kostna) zatrzymuje się dokładnie 5 mm głębiej w stosunku do igieł, które zatrzymały się w jamie szpikowej. Metalowa końcówka rurki infuzyjnej zatrzymuje się na przedniej warstwie korowej mostka (ryc. 3.). Wycofanie prowadnicy pozostawia wystającą rurkę infuzyjną. Dodatkowe sprawdzenie pozycjonowania rurki odbywa się poprzez zassanie szpiku i gwałtowny przepływ przez rurkę podłączoną do zbiornika z płynem. Całość zabezpieczona jest kopułką z rzepezem. Usunięcie rurki infuzyjnej wymaga zastosowania bagnetu dołączonego do

zestawu. Nie należy usuwać rurki poprzez pociąganie, gdyż metalowa końcówka może pozostać w jamie szpikowej mostka. Wiąże się to z koniecznością późniejszej ingerencji chirurgicznej. Podczas stosowania tego typu narzędzia należy zachować szczególną ostrożność w przypadku niewielkich rozmiarów pacjenta, stanów po sternotomii, uszkodzenia skóry okolicy wktucia, osteoporozy. Czas wykonania procedury zazwyczaj nie przekracza 90 s [2, 35].

Zestaw BIG (*Bone Injection Gun*) (ryc. 4.) to mechaniczny system zawierający ściśniętą sprężynę, której uwolnienie prowadzi do wstrzelenia igły. Oczekiwana głębokość wktucia igły regulowana jest za pomocą dalszej końcówki poprzez jej wkręcenie lub wykręcenie przy jednoczesnym usunięciu zabezpieczenia z przeciwnego końca. Złożenie się sił i naprężeń (wskazówki dotyczące postępowania umieszczone są na opakowaniu) prowadzi do wystrzelenia narzędzia. Sprawdzenie głębokości wktucia jest możliwe poprzez aspirację, a następnie przepłukanie tą samą strzykawką oraz przepływ przez łącznik. Pin zabezpieczający jest przesuwany na igłę celem zapewnienia jej stabilności. Igłę usuwa się przy użyciu niewielkich zacisków pinu, wykonując ruch obrotowy [34]. Gliman i wsp. w swoich badaniach wykazali, że zastosowanie BIG nie przynosi zysku w zakresie czasu aplikacji i skuteczności zabiegu w porównaniu z narzędziami standardowymi [36]. Hubble i wsp. porównywali zastosowanie BIG z wenostronią żyły piszczelowej i stwierdzili, że wktucie za pomocą BIG było szybsze, częściej zakończone sukcesem i wiązało się z mniejszą liczbą komplikacji [37]. Narzędzie to jest stosowane na szeroką skalę w opiece przedszpitalnej w Izraelu [13].

Zestaw EZ-IO (ryc. 5.) to cieszące się dużą popularnością wśród zespołów ratunkowych poręczne półautomatyczne narzędzie, zawierające mechaniczny napęd wielokrotnego użycia o budowie wiertarki, zasilany wbudowanym akumulatorem. Wyposażone jest w zestaw jednorazowych zintegrowanych igieł o specjalnej wyprofilowanej końcówce. Użytkownik ma do dyspozycji 3 długości igieł; 15G × 15 mm zalecane dla dzieci o masie ciała 3–39 kg (czerwona), dla dorosłych 15G × 25 mm (niebieska) oraz dla osób umięśnionych i otyłych 15G × 45 mm (żółta) [38, 39]. W ostatnich latach opublikowano kilka interesujących prac na temat wydajności EZ-IO [40]. Porównanie FAST 1 i EZ-IO wykazało większą skuteczność wktuć za pomocą EZ-IO [41]. Porównanie zestawu EZ-IO z igłą do wktucia doszpikowego BIG na modelu zwłok ludzkich wykazało, że wktucia przy pomocy EZ-IO charakteryzowały się wyższym odsetkiem skuteczności i były bardziej przyjazne dla wykonującego [42]. W badaniu Hortona dokonano oceny 95 wktuć przy użyciu EZ-IO w grupie pacjentów pediatrycznych. Wykazano, że powyższe narzędzie jest bezpieczne i skuteczne [43]. Zostało również pozytywnie ocenione przez brytyjskich komandosów podczas służby w Afganistanie [44].

Zestaw SF (igła SurFast) składa się z rączki, gwintowanej igły SF i miniaturowego skalpela. Po uprzednim przy-



Ryc. 3. Lokalizacja FAST



Ryc. 4. Zestaw BIG (niebieski dla dorosłych, pomarańczowy dla dzieci)



Ryc. 5. Półautomatyczne urządzenie EZ-IO

gotowaniu miejsca wktucia nacina się skórę skalpelem. Manualny ruch do przodu i do tyłu powoduje wysunięcie igły, która następnie prowadzona jest do przodu dzięki obrotowi zgodnemu z ruchem wskazówek zegara i naciśnięciu na rączkę. Producent nie zleca aspiracji szpiku, jedynie przepłukanie płynem ze strzykawki i obserwację przepływu przez rurki. Miejsce wktucia opatrywane jest przez osobę dokonującą zabiegu. Mimo że igła jest zabezpieczona, a wktucie stabilne, możliwe jest jej proste usunięcie poprzez obrót przeciwny do ruchu wskazówek zegara. Zestaw jest coraz rzadziej stosowany w praktyce [34].

Zestaw JN (igła Jamshidi) wywodzi się od igieł stosowanych do biopsji jamy szpikowej, znana jest również pod nazwą „igła Illinois do umieszczenia w mostku” (nie są zalecane do wkłuwania się w mostek w warunkach medycyny ratunkowej). Głębokość wkłucia reguluje się, wkręcając lub wykręcając końcówkę. Igła postępuje do przodu dzięki obrotowi i przyłożonemu manualnemu naciskowi. W chwili gdy igła „wpada” do przestrzeni śródszpikowej, następuje utrata oporu. Następnie odkręca się górną końcówkę, usuwając sondę. Po aspiracji szpiku należy przepłukać jałowym płynem ze strzykawki (NaCl 0,9%). Osoba dokonująca wkłucia opatruje jego miejsce. Dobrze wprowadzona igła JN wystaje ze skóry przynajmniej 5 cm. Igłę usuwa się poprzez pociągnięcie z równoczesnym przekręceniem. Zestaw obecnie rzadko jest stosowany w praktyce [34].

Procedura założenia dostępu doszpikowego

W pielęgniarstwie procedura jest określana jako opis czynności wykonywanej w ramach świadczonej opieki, natomiast standard w myśl definicji określa poziom świadczonej opieki [45, 46]. Szczegółowa procedura założenia dostępu IO uzależniona będzie od wielu czynników warunkujących poprawność jej wykonania, takich jak: wiek pacjenta, odrębności anatomiczne, przyjęta metoda iniekcji doszpikowej, sprzęt, jakim dysponuje osoba wykonująca, warunki, w jakich zabieg jest wykonywany (opieka przedszpitalna, szpitalny oddział ratunkowy). Na podstawie wielu prac badawczych autorzy udowodnili, że wystarczy maksymalnie dwugodzinne szkolenie, aby szybko i bezpiecznie opanować technicznie wykonanie dostępu doszpikowego. Dane wskazują, że 93–100% uczestników szkoleń uzyskiwało zdolność i sprawność w zakresie kaniulacji jamy szpikowej w czasie nie dłuższym niż 2 min [47–49]. W związku z powyższym przedstawiono propozycję ogólnej procedury wykonania dostępu IO.

Cel procedury

Celem założenia dostępu IO jest uzyskanie możliwości podawania leków i płynów infuzyjnych u pacjentów w stanie bezpośredniego zagrożenia życia, jako alternatywa wkłucia dożylnego.

Zakres procedury

Założenie dostępu IO dotyczy osób dorosłych oraz dzieci będących w stanie zagrożenia życia.

Odpowiedzialność

Profesjonalny personel medyczny:

- lekarz,
- pielęgniarka systemu (pod warunkiem ukończenia kursu specjalistycznego),

- ratownik medyczny wykonujący medyczne czynności ratunkowe.

Niezbędny sprzęt

Bezwzględnie:

- rękawiczki jałowe,
- rękawiczki niejałowe,
- maska jednorazowa,
- zestaw wkłuć doszpikowych (EZ-IO wraz z zestawem igieł, BIG, igła Jamshidi itp.),
- środek antyseptyczny (szybko działający, do skóry),
- zestaw przedłużający (dren, kranik trójdrożny),
- strzykawka 10 ml,
- strzykawka 5–10 ml z roztworem NaCl o stężeniu 0,9%,
- jałowe gaziki,
- opatrunek mocujący (alternatywnie zwinięte bandaż).

Względnie:

- mankiet do szybkiego toczenia,
- strzykawka *luer lock* 60 ml lub Żaneta 100 ml,
- zestaw kroplowy (płyn infuzyjny + dren),
- strzykawka do pobrania badań laboratoryjnych,
- pompa infuzyjna,
- dren do infuzji,
- lignokaina 1%, strzykawka 2 ml, igła 0,5–0,6 (ostrzyknięcie miejsca wkłucia u pacjentów przytomnych) [24].

Algorytm założenia dostępu doszpikowego

1. Założenie niejałowych rękawiczek.
2. Wyznaczenie miejsca wkłucia (ryc. 6.–8.).
3. Dekontaminacja i dezynfekcja miejsca wkłucia (ryc. 9.).
4. Założenie jałowych rękawiczek (alternatywnie czyste niejałowe rękawice).
5. Znieczulenie miejsca wkłucia 1% lignokainą u osób przytomnych – podskórnie i nad okostną – lekarz [24]. U pacjentów nieprzytomnych, w nagłym zatrzymaniu krążenia nie wykonuje się znieczulenia.
6. Stabilizacja ręczna kończyny (osoba wykonująca wkłucie stabilizuje ręką niedominującą).
7. Wprowadzenie igły przez skórę i tkankę podskórną aż do kości – w momencie wycucia oporu jej wkręcenie do momentu „wpadnięcia” igły, oznaczającego wejście do jamy szpikowej.
8. Usunięcie przewodnika (trokaru) z igły (ryc. 10.).
9. Sprawdzenie poprawności założenia wkłucia:
 - kontrola igły (umocowanie, stabilizacja);
 - swobodna aspiracja szpiku do strzykawki – ewentualne pobranie do badań laboratoryjnych (morfologia, próba krzyżowa, elektrolity itp.) jest możliwe tylko przed podaniem płynu (przepłukaniem). Poziom hemoglobiny, hematokrytu, stężenie sodu, mocznika, kreatyniny i wapnia we krwi pobranej ze szpiku są zbliżone do występujących we krwi obwodowej. Stężenia potasu i glukozy różnią się znacząco od ich poziomu we krwi obwodowej [20, 50].;



Ryc. 6. Bliższy koniec kości piszczelowej [50]



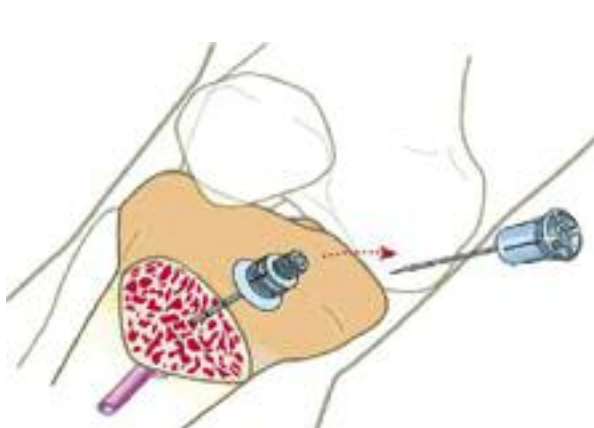
Ryc. 7. Dalszy koniec kości piszczelowej [50]



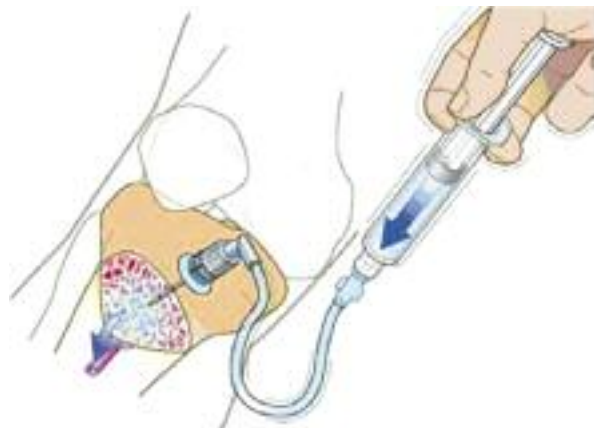
Ryc. 8. Kość ramienna [50]



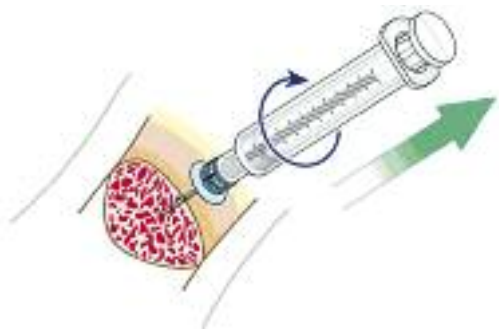
Ryc. 9. Dezynfekcja miejsca wkłucia [50]



Ryc. 10. Odłączenie przewodnika (trokaru) [50]



Ryc. 11. Podawanie soli fizjologicznej [50]



Ryc. 12. Usunięcie igły ruchem obrotowym [50]

- podanie 1–2 ml roztworu 1–2% lidokainy u przytomnych pacjentów (zmniejsza ból i uczucie rozpierania) lub przepłukanie 5–10 ml soli fizjologicznej z lekkim oporem i jednoczesnym brakiem śladów wynaczynienia (obserwacja pod kątem obrzęku i przebarwienia);
 - w sytuacji braku pewności poprawnej lokalizacji wkłucia należy wykonać wkłucie w innej lokalizacji (nigdy na tej samej kości – duża możliwość przecieku płynu) [2, 32] (ryc. 11).
10. Połączenie igły z drenem przedłużającym zakończonym trójnikiem – dren powinien być uprzednio wypełniony roztworem NaCl o stężeniu 0,9%.
 11. Podanie leku ze strzykawki w bolusie, podłączenie wlewu infuzyjnego, podłączenie pompy infuzyjnej (opcjonalnie), nie należy podawać płynów hiperosmolarnych [51]. Podczas płynoterapii zalecane jest wywarcie nacisku na butelkę poprzez włożenie jej do mankietu do szybkiego toczenia lub podawanie płynu w bolusie ze strzykawki 100 ml:
 - każdy lek podany w bolusie ze strzykawki powinien być przepłukany solą fizjologiczną w ilości kilku/kilkunastu mililitrów,
 - alternatywą dla wlewów automatycznych są wlewy ręczne w dawkach bolusowych (50–100 ml) [2],
 - każdy lek podawany dożylnie w stanie zagrożenia życia może być podany do szpiku poprzez IO z wyjątkiem nierozcieńczonych leków hiperosmolarnych.
 12. Zabezpieczenie igły poprzez oklejenie opatrunkiem włókninowym, taśmą samoprzylepną, plastikową zawleczką (BIG) bądź przezroczystą folią (alternatywnie zabezpieczenie jałową gazą i bandażami ułożonymi równoległe do założonej igły, delikatne przybandażowanie – procedura podobna do zabezpieczenia ciała obcego w ranie zależna od typu i umiejscowienia igły).
 13. Unieruchomienie kończyny w sytuacji, gdy istnieje możliwość uszkodzenia wkłucia.
 14. Pielęgnacja założonego wkłucia (procedura opisana poniżej).
 15. Utrzymanie wkłucia w zależności od potrzeb i założonego sprzętu:
 - manualnie wkręcana igła IO – 6–12 godz. [52],
 - igła mechaniczna (BIG, EZ-IO) – optymalnie do 24 godz. [30, 52],

- maksymalny czas pozostawienia wkłucia – 72–96 godz. (w przypadku braku alternatywy) [27].

Usunięcie wkłucia

1. Uprzednie założenie innego dostępu dożylnego (wkłucie obwodowe, centralne).
2. Usunięcie oklejenia (opatrunku zabezpieczającego).
3. Dezynfekcja skóry i okolicy wkłucia.
4. Odłączenie drenu przedłużającego z trójnikiem od igły doszypikowej.
5. Zamontowanie pustej strzykawki 10-mililitrowej (pełni funkcję uchwytu przy wyjmowaniu igły) (ryc. 12).
6. Delikatne usunięcie igły ruchem obrotowym.
7. Wyrzucenie igły do plastikowego pojemnika na odpady skażone.
8. Uciśnięcie miejsca poiniekcyjnego jałowym gazikiem z antyseptykiem do momentu ustąpienia krwawienia.

Procedura pielęgnacji miejsca wkłucia doszypikowego

Dostęp IO jest rzadko stosowany w praktyce klinicznej, mimo że jest to akceptowana i zalecana przez towarzystwa medyczne metoda dostępu do układu naczyniowego. Postęp technologiczny znacznie uprościł i poprawił technikę wykonywania i obsługi takich wkłuć [2]. Założone wkłucie doszypikowe pomimo stosunkowo krótkiego okresu pozostawiania w jamie szypikowej – do 24 godz. [26, 30, 48, 52], a w wyjątkowych przypadkach do 72–96 godz. – wymaga wnikliwej obserwacji pod kątem powikłań zagrażających zdrowiu i życiu pacjenta [27]. Stosowanie się do zasad aseptyki i antyseptyki stanowi podstawę działań profilaktycznych w praktycznej obsłudze wkłucia IO. Dostęp IO powinien być traktowany przez personel medyczny w podobny sposób jak dostęp do żyły centralnej.

Cel procedury

Celem pielęgnacji dostępu IO jest uniknięcie powikłań ściśle związanych z normalnym użytkowaniem założonego wkłucia.

Zakres procedury

Pielęgnacja dostępu IO dotyczy każdego pacjenta z założonym wkłuciem IO.

Odpowiedzialność

- Profesjonalny personel medyczny:
- każda pielęgniarka przeszkolona z zakresu obsługi wkłucia IO, zmiany opatrunku wokół wkłucia, podawania leków, wymiany linii infuzyjnej.

Niezbędny sprzęt

Konieczne wyposażenie:

- rękawiczki niejałowe,
- rękawiczki jałowe,
- antyseptyk,
- dren przedłużający,
- trójnik,
- strzykawka 10 ml z 0,9-procentowym NaCl, igła 8–12,
- jałowe gaziki,
- jałowa serweta,
- miska nerkowata,
- jałowy opatrunek (włókninowy lub przezroczysta folia),
- maseczka jednorazowa.

Algorytm pielęgnacji wklucia doszpikowego

1. Higieniczne umycie rąk + dezynfekcja + założenie maseczki na twarz.
2. Przygotowanie niezbędnego sprzętu (ministolik opatrunkowy):
 - rozłożenie jałowego obłożenia/serwety w zasięgu ręki (alternatywnie każda powierzchnia przygotowana spełniająca warunki jałowości – opakowanie po jałowych gazikach, opakowanie po jałowych rękawiczkach itp.),
 - nasączenie jałowych gazików antyseptykiem i wyrzucenie ich na jałowe obłożenie,
 - wyrzucenie na jałowe obłożenie: jałowych gazików, „przedłużacza” (krótki drenik łączący), trójnika wraz z 10-mililitrową strzykawką i igłą (zasada: 1 trójnik – 1 strzykawka – 1 igła),
 - przygotowanie jałowych rękawiczek.
3. Przygotowanie miski nerkowatej w zasięgu ręki (alternatywnie powierzchni na odpadki).
4. Otwarcie ampułek z 0,9-procentowym NaCl (przez nasączony antyseptykiem gazik) – położenie ich w zasięgu ręki.
5. Poinformowanie pacjenta o wykonywanym zabiegu.
6. Lokalizacja założonego wklucia.
7. Założenie niejałowych rękawiczek.
8. Podłożenie pod wklucie jałowego szerokiego gazika (uchwycenie za dystalne części gazika).
9. Zdjęcie opatrunku.
10. Obserwacja założonego wklucia, miejsca wokół wklucia pod kątem cech stanu zapalnego, przecieku. Palpacyjne sprawdzenie bolesności uciskowej wokół wklucia, ewentualnego wysięku.
11. Naniesienie/rozpylenie antyseptyku na całości wystającego wklucia, miejsca wklucia, drenu wraz z kranikiem/trójnikiem.
12. Zmiana rękawiczek, założenie jałowych rękawiczek.
13. Nabranie do strzykawki 10 ml 0,9-procentowego NaCl z uprzednio otworzonej ampułki (niedotykanie jałowymi rękawiczkami ampułek przy nabieraniu), a następnie przepłukanie trójnika z równoczesnym pozostawieniem

strzykawki wypełnionej płynem w kraniku – odłożenie na jałową serwetę/obłożenie (stolik opatrunkowy).

14. Trzykrotna dezynfekcja miejsca wklucia (ruchy na zewnątrz) jałowymi gazikami (po wykonaniu dezynfekcji odczekać przewidywany czas podany na butelce antyseptyku, poczekać do wyschnięcia) [53].
 15. Założenie jałowego opatrunku na IO (opatrzonego datą i godziną założenia oraz opisem rodzaju dostępu), czas utrzymania opatrunku włókninowego nie dłużej niż 24 godz.
 16. Dezynfekcja końcówki igły IO jałowym gazikiem nasączonym antyseptykiem.
 17. Odtączenie „starego” drenu z kranikiem (przez jałowy gazik).
 18. Podłączenie nowego drenu przedłużającego z kranikiem/trójnikiem wypełnionego 0,9-procentowym NaCl wraz z 10-mililitrową strzykawką z roztworem NaCl o stężeniu 0,9%.
 19. Otwarcie światła kranika/trójnika, aspiracja szpiku do momentu pojawienia się go w końcówce strzykawki.
 20. Pulsacyjne podanie 10 ml 0,9-procentowego NaCl, zabezpieczenie kranika jałowym korkiem (pulsacja powoduje skuteczniejsze przepłukanie założonego układu).
 21. Ponowne naniesienie antyseptyku na całość drenu wraz z trójnikiem, pozostawienie do wyschnięcia.
 22. Usunięcie uprzednio podłożonego jałowego gazika spod trójnika.
 23. Zabezpieczenie trójnika dużym, jałowym, suchym gazikiem (lub jałową gazą).
 24. Zdjęcie rękawiczek, uprzątnięcie użytego sprzętu, higieniczne umycie i dezynfekcja rąk.
 25. Odnotowanie wykonania czynności w karcie obserwacji założonego wklucia doszpikowego.
- Powyższy algorytm jest propozycją pielęgnacji wklucia doszpikowego przez jedną osobę. Wszystkie czynności usystematyzowano w myśl zasady jak najdłuższego utrzymania jałowości wykonywanych czynności. Lepszą alternatywą jest stosowanie fabrycznie przygotowanych jednorazowych jałowych zestawów zawierających gotowy sprzęt do zmiany kraników oraz opatrunku na wkluciu lub wykonanie procedury przez 2 osoby z zachowaniem podziału na osobę asystującą i bezpośrednio wykonującą daną procedurę (znaczące skrócenie czasu wykonania).

Zalecenia pielęgnacyjne zapobiegające powikłaniom

- Ryzyko infekcji pozostaje w bezpośrednim związku z czasem utrzymania wklucia doszpikowego przekraczającym kilka dni, poprzedzającą go bakteriami, niewystarczającymi warunkami aseptycznymi w trakcie wklucia czy też wykorzystywaniem linii do podawania płynów [30].
- Wnikliwa obserwacja miejsca wklucia minimum 3 razy na dobę (możliwy stan zapalny, wynaczynienie itp.).

- Przestrzeganie zasad aseptyki i antyseptyki podczas użytkowania dostępu szpikowego, używanie jałowych strzykawk, korków, drenów, leków, płynów (**ważne** – założenie rękawiczek jałowych nie jest równoznaczne z wykonaniem procedury jałowo!).
- Zmiana opatrunku wokół miejsca wkłucia co 24 godz. lub w razie zabrudzenia.
- Obserwacja ogólnych objawów zakażenia (osłabienie, gorączka, dreszcze etc.) – pobranie krwi na posiew.
- W uzasadnionym podejrzeniu zakażenia – usunięcie wkłucia doszpikowego, pobranie wymazów z miejsca wkłucia oraz końcówki wkłucia.
- Wymaniana zestawów do przetoczeń i drenów nie rzadziej niż co 24 godz. [54].
- Nieużywane kraniki powinny być zamknięte korkiem, odkręconego korka nie wolno używać ponownie (przełukanie i wymiana na jałowy).
- Wskazane stosowanie portów do podawania leków [55].
- Zachowanie szczególnej ostrożności przy podawaniu leków hipertonicznych, o właściwościach uszkadzających tkankę (*natrium bicarbonicum*, *thiopental*), amin katecholowych (*dopamina*, *dobutamina*, *noradrenalina*) – duże ryzyko martwicy tkanki podskórnej i mięśni w przypadku wynacznienia leku.
- Monitorowanie ewentualnego bólu związanego z założonym wkłuciem, podażą płynów – ocena dostępnymi skalami (np. VAS, NRS, KUSS) u pacjentów z zachowaną świadomością.
- Dokumentowanie w karcie obserwacji wkłucia IO wszelkich informacji mających związek z pielęgnacją założonego wkłucia – odnotowanie daty założenia wkłucia, daty zmiany opatrunku, rozmiaru założonej igły, nazwiska osoby odpowiedzialnej za wykonanie danej czynności, ewentualnych powikłań.

Wnioski

1. Dostęp IO jest bezpiecznym, wiarygodnym i szybkim rozwiązaniem w nagłych wypadkach u chorych dorosłych i dzieci w sytuacji braku możliwości założenia dostępu dożylnego lub trudności z jego uzyskaniem.
2. Czas wytworzenia dostępu doszpikowego jest znacząco krótszy w porównaniu z kaniulizacją naczyń obwodowych.
3. Dostęp IO jest rozwiązaniem krótkoterminowym, w uzasadnionych przypadkach nie powinien być utrzymywany dłużej niż 96 godz., optymalny czas utrzymania to 24 godz.
4. Pielęgniarka może wykonać wkłucie IO po odbyciu specjalistycznego kursu.
5. Każda pielęgniarka powinna znać zasady zaopatrzenia i użytkowania dostępu IO.

Piśmiennictwo

1. Hazinski MF, Cummins RO, Field JM (eds.). Basic life support for health care providers. In: Handbook of Emergency Cardiovascular Care for Healthcare Providers. Dallas TX: American Heart Association, 2002; 1-2: 96.
2. LaRocco BG, Wang HE. Intraosseus infusion. Prehosp Emerg Care 2003; 2: 280-285.
3. Rosetti V, Thompson BM, Aprahamian C, Darin JC, Mateer JR. Difficulty and delay in intravascular access in pediatric arrests. Ann Emerg Med 1984; 13: 406.
4. Brunette DD, Fischer R. Intravascular access in pediatric cardiac arrest. Am J Emerg Med 1988; 6: 577-579.
5. Deakina CD, Noland JP, Soarc J, Sunded K, Kostere RW, Smith GB, Perkins GD. Zaawansowane zabiegi resuscytacyjne u osób dorosłych. W: Wytyczne Resuscytacji 2010. Polska Rada Resuscytacji. Kraków 2010; 120, 136.
6. Wenzel V, Lindner KH, Augenstein S, Voelckel W, Strohmenger HU, Pregel AW, Steinbach G. Intraosseous vasopressin improves coronary perfusion pressure rapidly during cardiopulmonary resuscitation in pigs. Crit Care Med 1999; 27: 1565-1569.
7. Gazin N, Auger H, Jabre P, Jaulin C, Lecarpentier E, Bertrand C, Margenet A, Combes X. Efficacy and safety of the EZ-IO™ intraosseous device: Out-of-hospital implementation of a management algorithm for difficult vascular access. Resuscitation 2011; 82: 126-129.
8. Ong ME, Chan YH, Oh JJ, Ngo AS. An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO. Am J Emerg Med 2009; 27: 8-15.
9. Frascone RJ, Jensen JP, Kaye K, Salzman JG. Consecutive field trials using two different intraosseous devices. Prehosp Emerg Care 2007; 11: 164-171.
10. Johnson L, Kisson N, Fiallos M, Abdelmoneim T, Murphy S. Use of intraosseous blood to assess blood chemistries and hemoglobin during cardiopulmonary resuscitation with drug infusions. Crit Care Med 1999; 27: 1147-1152.
11. Luck RP, Haines C, Mull CC. Intraosseous access. J Emerg Med 2010; 39: 468-475.
12. Drinker CK, Drinker KR, Lund CC. The circulation of the mammalian bone marrow. Am J Physiol 1922; 62: 1-92.
13. Wayne MA. Adult Intraosseous Acces: An idea whose time has come. Israeli J Emerg Med 2006; 2: 41-45.
14. Henning N. Intrasternal injections and transfusions. JAMA 1945; 128: 240.
15. Papper EM. Bone marrow route for injecting fluids and drugs into the general circulation. Anesthesiology 1942; 3: 307-313.
16. Orłowski JP. My kingdom for an intravenous line. Am J Dis Child 1984; 138: 803.
17. Miller LJ, Kuhn JG, Von Hoff DD. Does IO equal i.v.? Prehosp Emerg Care 2005; 9: 102.
18. Cameron JL, Fontanarosa PB, Passalacqua AM. A comparative study of peripheral to central circulation delivery times between intraosseous and intravenous injection using a radionuclide technique in normovolemic and hypovolemic canines. J Emerg Med 1989; 7: 123-127.
19. Warren DW, Kisson N, Mattar A, Morrissey G, Gravelle D, Rieder MJ. Pharmacokinetics from multiple intraosseous and peripheral intravenous site injections in normovolemic and hypovolemic pigs. Crit Care Med 1994; 22: 838-843.
20. Hurren JS. Can blood taken from intraosseous cannulations be used for blood analysis? Burns 2000; 26: 727-730.
21. Fiser RT, Walker WM, Seibert JJ, McCarthy R, Fiser DH. Tibial length following intraosseous infusion: a prospective, radiographic analysis. Pediatr Emerg Care 1997; 13: 186-188.
22. Schwartz D, Amir L, Dichter R, Figenberg Z. The use of a powered device for intraosseous drug and fluid administration in a national EMS: a 4-year experience. J Trauma 2008; 64: 650-655.
23. Macnab A, Christenson J, Findlay J, et al. A new system for sternal intraosseous infusion in adults. Prehosp Emerg Care 2000; 4: 173-177.
24. Zaawansowane zabiegi resuscytacyjne u dzieci. Polska Rada Resuscytacji, Kraków 2005; 50-53.
25. Biarent D, Bingham R, Eich C, Lopez-Hercend J, Maconochie I, Rodriguez-Nunez A, Rajkag T, Zideman D. Zaawansowane zabiegi resuscytacyjne u dzieci/w/ Wytyczne Resuscytacji 2010. Polska Rada Resuscytacji, Kraków 2010; 193-194.
26. Lipska E. Dostęp doszpikowy (IO) w ratownictwie medycznym u dzieci, cz. I. OPM 2004; 6: 30-31.

27. Gluckman W, Forti RJ. Intraosseous cannulation. eMedicine 2006. Dostęp w internecie: <http://emedicine.medscape.com/article/908610-overview#showall> (data wejścia: 14.12.2011).
28. Davidoff J, Fowler R, Gordon D, et al. Clinical evaluation of a novel intraosseous device for adults: prospective, 250-patient, multi-center trial. *JEMS* 2005; 30: 20-23.
29. Rosetti VA, Thompson BM, Miller J, Mateer JR, Aprahamian C. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access. *Ann Emerg Med* 1985; 14: 885-888.
30. Leidel BA, Kirchoff C, Bogner V, Stegmaier J, Mutschler W, Kanz KG, Braunstein V. Is the intraosseous access route fast and efficacious compared to conventional central venous catheterization in adult patients under resuscitation in the emergency department? A prospective observational pilot study. *Patient Saf Surg* 2009; 3: 24.
31. Konieczny J (red.). Bezpieczeństwo dzieci w nagłych stanach zagrożenia zdrowotnego: ratownictwo medyczne, pomoc psychologiczna i pedagogiczna. Garmond, Poznań 2009; 102-104.
32. Lipska E. Dostęp doszpikowy (IO) w ratownictwie medycznym u dzieci, cz. II. *OPM* 2004; 7: 36-37.
33. Clem M, Tierney P. Intraosseous infusions via the calcaneus. *Resuscitation* 2004; 62: 107-112.
34. Calkins MD, Fitzgerald G, Bentley TB, Burris D. Intraosseous infusion devices: a comparison for potential use in special operations. *J Trauma* 2000; 48: 1068-1074.
35. FAST1 – system infuzji doszpikowej z kontrolą głębokości wkłucia. Paramedica Polska.
36. Gilman EA, Menegazzi JJ, Wang HE, Krell J. Traditional intraosseous needle vs. spring-loaded device in a pediatric swine model. *Acad Emerg Med* 2002; 9: 515.
37. Hubble MW, Trigg DC. Training prehospital personnel in saphenous vein cutdown and adult intraosseous access techniques. *Prehosp Emerg Care* 2001; 5: 181-189.
38. Blumberg SM, Gorn M, Crain EF. Intraosseous infusion: a review of methods and novel devices. *Pediatr Emerg Care* 2008; 24: 50-56.
39. Shavit I, Hoffmann Y, Galbraith R, Waisman Y. Comparison of two mechanical intraosseous infusion devices: a pilot, randomized crossover trial. *Resuscitation* 2009; 9: 1029-1033.
40. Weiser G, Hoffmann Y, Galbraith R, Shavit I. Current advances in intraosseous infusion – a systematic review. *Resuscitation* 2012; 1: 20-26.
41. Frascone RJ, Jensen JP, Kaye K, Salzman JG. Consecutive field trials using two different intraosseous devices. *Prehosp Emerg Care* 2007; 11: 164-171.
42. Brenner T, Bernhard M, Helm M, et al. Comparison of two intraosseous infusion systems for adult emergency medical use. *Resuscitation* 2008; 78: 314-319.
43. Horton MA, Beamer C. Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for pediatric emergency patients. *Pediatr Emerg Care* 2008; 24: 347-350.
44. Cooper BR, Mahoney PF, Hodgetts TJ, Mellor A. Intra-osseous access (EZ-IO) for resuscitation: UK military combat experience. *J R Army Med Corps* 2007; 153: 314-316.
45. Kózka M. Metodologia opracowania procedur pielęgniarstwa. W: Procedury pielęgniarstwa. Kózka M, Płaszewska-Żywko L (red.). PZWL, Warszawa 2011; 33.
46. Kózka M. Metodologia opracowania standardów i procedur postępowania pielęgniarstwa. W: Stany zagrożenia życia. Kózka M (red.). Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2011; 29.
47. Spriggs NM, White LJ, Martin SW, Brawley D, Chambers RM. Comparison of two intraosseous infusion techniques in an EMT training program. *Acad Emerg Med* 2000; 7: 1168.
48. Leidel BA, Kirchoff C, Bogner V, Stegmaier J, Mutschler W, Kanz KG, Braunstein V. Is the intraosseous access route fast and efficacious compared to conventional central venous catheterization in adult patients under resuscitation in the emergency department? A prospective observational pilot study. *Patient Saf Surg* 2009; 3: 24.
49. Brenner T, Bernhard M, Helm M, et al. Comparison of two intraosseous infusion systems for adult emergency medical use. *Resuscitation* 2008; 78: 314-319.
50. Intraosseous Infusion System. Directions for Use. Vidacare Corporation, 2008. Dostęp w internecie: [www.vidacare.com, http://pdfszone.com/pdf/ez-intraosseous-infusion-system.html](http://pdfszone.com/pdf/ez-intraosseous-infusion-system.html) (data wejścia: 14.12.2011).
51. Alam HB, Punzalan CM, Koustova E, Bowyer MW, Rhee P. Hypertonic saline: intraosseous infusion causes myonecrosis in a dehydrated swine model of uncontrolled hemorrhagic shock. *J Trauma* 2002; 52: 18-25.
52. Saskatoon Health Region: Intraosseous infusion insertion by registered nurses. Policies & Procedures, 2010, 1185, 1-6. Dostęp w internecie: http://www.saskatoonhealthregion.ca/about_us/documents/Nursing%20Affairs/Intraosseous_Infusion-Assisting_with_Insertion_and-Removal-1186.pdf (data wejścia: 14.12.2011).
53. Cwajda J, Szewczyk MT. Rola pielęgniarki w stosowaniu antyseptyków na ranę przewlekłą. *Piel Chir Angiol* 2007; 2: 77-80.
54. Płaszewska-Żywko L. Asystowanie przy kaniulacji żył centralnych. W: Kózka M, Płaszewska-Żywko L. Procedury pielęgniarstwa. PZWL, Warszawa 2009; 541-546.
55. Wojewódzka-Żeleźnikowicz M, Ładny JR, Czabin SL. Procedura pielęgnacji dostępu centralnego. W: Krajewska-Kułak E, Rolka H, Jankowiak B. Standardy i procedury pielęgnowania chorych w stanach zagrożenia życia. PZWL, Warszawa 2009; 366-375.