

ARTYKUŁ POGLĄDOWY/REVIEW PAPER

Otrzymano/Submitted: 03.01.2011 • Poprawiono/Corrected: 30.01.2011 • Zaakceptowano/Accepted: 01.02.2011

© Akademia Medycyny

Blok Biera jako alternatywna metoda znieczulenia u dzieci do repozycji złamań w obrębie przedramienia i ręki

The Bier block as an alternative method of anesthesia in children for reposition of forearm and hand fractures

Patrycja Grochocińska, Grażyna Skotnicka-Klonowicz

Oddział Kliniczny Medycyny Ratunkowej, II Katedra Pediatrii, Katedra Pediatrii i Kardiologii Dziecięcej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny nr 4, Uniwersytet Medyczny w Łodzi



Streszczenie

Złamania w obrębie ręki i przedramienia u dzieci są częstsze niż u dorosłych. Złamania te często wykazują przemieszczenia odłamów wymagające jak najszybszego wykonania repozycji. Zwykle dziecko ze złamaniem trafia do szpitalnego oddziału ratunkowego w niedługim czasie po spożyciu posiłku, co powoduje konieczność odroczenia repozycji o kilka godzin ze względu na wymogi bezpiecznego znieczulenia ogólnego. W pracy przedstawiono zalety bloku Biera - odcinkowego znieczulenia dożylnego, jako alternatywnej metody znieczulenia przy repozycji złamania kości przedramienia. Jest to znana od ponad 100 lat, wprowadzona przez Karla Augusta Biera, wciąż rozwijająca się metoda znieczulenia, polegająca na wyłączeniu bólu przez dożylnie wstrzyknięcie roztworu środka miejscowo znieczulającego do fragmentu kończyny znajdującego się w niedokrwieniu. *Anestezjologia i Ratownictwo 2011; 5: 414-420.*

Słowa kluczowe: odcinkowe znieczulenie dożylnie, złamania przedramienia, dzieci

Summary

Hand and forearm fractures are more common in children than in adults. Bones are often dislocated and require repositioning as soon as possible. A child with dislocated forearm or hand fracture usually arrives at an emergency department a short time after his last meal and has to wait a few hours before general anaesthesia which usually used in such cases. In the article we present the possibility of using intravenous regional anaesthesia as alternative to general anaesthesia. Intravenous anaesthesia was introduced by Karl August Bier 100 years ago and it is still popular method of regional anaesthesia for forearm and hand operations; the pain is eliminated by intravenous injection of dilute local anaesthetic in the extremity segment where the circulation is occluded. *Anestezjologia i Ratownictwo 2011; 5: 414-420.*

Keywords: intravenous regional anaesthesia, fractures hand, children

Wprowadzenie

Złamania kości przedramienia oraz złamania w obrębie ręki stanowią około 50% wszystkich złamań wieku dziecięcego. Najczęstszą ich przyczyną są upadki jednopoziomowe, a u dzieci starszych wypadki podczas zajęć sportowych [1,2]. W większości przypadków stwierdza się złamania bez przemieszczenia, które mogą być leczone zachowawczo. Natomiast w złamaniach z przemieszczeniem odłamów niezbędna jest szybka repozycja zawsze wykonywana w znieczuleniu. Najczęstszym znieczuleniem do repozycji złamań u dzieci jest znieczulenie ogólne, które - ze względu na bezpieczeństwo pacjenta - wymaga zachowania okresu karencji pokarmowej. Również okres po znieczuleniu ogólnym nie jest wolny od objawów ubocznych, takich jak nudności i wymioty, halucynacje, spadki saturacji. Stąd też pacjent po znieczuleniu ogólnym wymaga kilkugodzinnej obserwacji w oddziale [3].

Dziecko ze złamaniem kości w obrębie przedramienia lub ręki często zgłasza się w niedługim czasie po spożyciu posiłku, co jest powodem kilkugodzinnego odroczenia repozycji ze względu na bezpieczeństwo wykonania znieczulenia ogólnego. Zarówno oczekiwanie na znieczulenie do repozycji, jak i niezbędna obserwacja po znieczuleniu zwiększają poziom stresu u dziecka oraz wydłużenie jego pobytu w oddziale. Obserwacja po znieczuleniu generuje również koszty związane z hospitalizacją pacjenta. Alternatywą dla takiego sposobu postępowania mogłoby być zastosowanie znieczulenia regionalnego, np. odcinkowego znieczulenia dożylnego, które pozwala na dokonanie repozycji złamania w krótkim czasie po postawieniu rozpoznania, bez hospitalizacji, co minimalizuje stres u dziecka a jednocześnie obniża koszty leczenia.

Odcinkowe znieczulenie dożylnie (blok Biera) od ponad 100 lat jest znanym sposobem znieczulania, polegającym na wyłączeniu bólu we fragmencie kończyny znajdującej się w niedokrwieniu. Do uzyskania tej analgezji niezbędne jest opróżnienie kończyny z krwi żyłnej, najlepiej poprzez jej uniesienie i owinięcie gumową opaską, a następnie ograniczenie odpływu żylnego oraz napływu krwi tętniczej przy pomocy dwukomorowego mankietu uciskowego zasilanego sprężonym powietrzem i wstrzyknięcie rozcieńczonego roztworu środka miejscowo znieczulającego do niedokrwionego obszaru kończyny [4,5]. Lek znieczulający podaje się dożylnie w wyłączonym z krążenia ogólnego obszarze tak, że dociera on tylko do zakoń-

czeń nerwowych w tym regionie. Powoduje to zniesienie czucia bólu, zimna, ciepła i dotyku. Minimalny czas, w którym mankiety musi pozostać napompowany wynosi 15 minut, maksymalny - 90 minut [4].

Odcinkowe znieczulenie dożylnie zwane jest także „blokiem Biera” od nazwiska wybitnego chirurga niemieckiego Augusta Karla Biera, Honorowego Członka Królewskiego Stowarzyszenia Chirurgów w Anglii, żyjącego w latach 1861-1949, który w 1908 roku na XXXVII Kongresie Towarzystwa Chirurgów Niemieckich przedstawił ten sposób znieczulenia jako przydatną metodę do zabiegów wyluszczenia kości łokciowej ze stawu łokciowego i amputacji kończyny dolnej [4]. Lekiem miejscowo znieczulającym, zastosowanym przez Biera była prokaina (nowokaina), a wyłączenie z krążenia ogólnego operowanego obszaru uzyskiwał on przy pomocy opaski, wynalezionej przez swojego nauczyciela, profesora Esmarcha. Działanie analgetyczne zaproponowanego przez siebie znieczulenia Bier tłumaczył docieraniem leku znieczulającego do zakończeń nerwowych drogą naczynia krwionośnego. Ta interpretacja mechanizmu działania pozostała aktualna po dzień dzisiejszy [4,5].

Blok Biera w świetle aktualnych poglądów

Mimo opublikowania przez Biera swoich obserwacji, jego metoda przez wiele lat nie wzbudzała szerszego zainteresowania i uległa prawie całkowitemu zapomnieniu [4,5]. Dopiero lata sześćdziesiąte XX wieku przyniosły renesans tego sposobu znieczulania dzięki wynalezieniu przez Hoyle'a podwójnego mankietu uciskowego i wprowadzeniu przez Holmesa lidokainy jako środka miejscowo znieczulającego [4-6]. Od tego czasu odnotowuje się coraz więcej doniesień na temat zastosowania bloku Biera do zabiegów operacyjnych w chirurgii ręki, przedramienia, podudzia i stopy. Obserwacje wielu badaczy wykazały, że blok Biera jest metodą bezpieczną, prostą i relatywnie taną, zapewniającą skuteczną analgezję w 90-100% przypadków [4,5,7,8]. Ponadto ten typ znieczulenia daje wyższy odsetek skutecznych repozycji w porównaniu z bezpośrednią infiltracją środka miejscowo znieczulającego w okolicę złamania [8]. Nie bez znaczenia również pozostaje fakt pozwalający na dokonanie szybkiej oceny stanu neurologicznego operowanej kończyny [4,8]. W wyniku zastosowania tego typu znieczulenia nie odnotowano powikłań takich, jak: przypadkowa

blokada centralna, blokada n. przeponowego, odma czy krwiak opłucnej, a więc powikłań obserwowanych po blokadzie splotu ramiennego [4,6,9-12].

Do wad tej metody zalicza się: uczucie dyskomfortu u pacjenta, które wynika z konieczności opróżnienia kończyny z krwi i z ucisku mankieta, ból pooperacyjny w krótkim okresie od zakończenia zabiegu oraz ryzyko toksyczności uogólnionej wynikającej z niezamierzonego przedostania się środka miejscowo znieczulającego do krążenia ogólnego [4,6,9-11,13-15].

W latach 1979-83 w Wielkiej Brytanii odnotowano 5 przypadków zgonów u pacjentów, u których do odcinkowego znieczulenia dożylnego zastosowano bupiwakainę, co spowodowało, że FDA (the *American Food and Drug Administration* - Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków) wycofała rekomendację bupiwakainy do stosowania jej w tego typu znieczuleniach [4,16]. Według M. Heath przyczyną wystąpienia powikłań anestezji zakończonych zgonem był brak umiejętności wczesnego rozpoznawania i leczenia objawów toksyczności uogólnionej środka miejscowo znieczulającego użytego do znieczulenia [16].

Do innych, opisywanych incydentalnie, powikłań bloku Biera należy zespół ciasnoty przedziałów międzypowięziowych, którego zwiastunem jest bardzo szybkie narastanie obrzęku kończyny po zwolnieniu mankieta uciskowego. Mabee i wsp. opisując takie powikłanie u pacjenta, u którego w bloku Biera dokonano repozycji złamania typu Bennetta uznali, że było ono efektem pomyłkowego rozcieńczenia roztworu lidokainy stężonym zamiast fizjologicznym roztworem soli [17].

Dramatyczne powikłanie po zastosowaniu bloku Biera przedstawili Łuce i wsp., którzy opisali pojedynczy przypadek 25-letniej kobiety, u której - wskutek przypadkowego podania alkoholu do żyły na grzbiecie ręki - doszło do niepoddającej się leczeniu zakrzepicy, która w efekcie doprowadziła do amputacji kończyny poniżej łokcia [18].

Opisano również przypadek utrzymującej się do 8 doby po znieczuleniu zmiany zabarwienia skóry w znieczulonym obszarze kończyny. Zmiana ta ustąpiła samoistnie bez żadnych konsekwencji dla pacjentki [19].

Celem zmniejszenia ryzyka wystąpienia toksyczności uogólnionej leku miejscowo znieczulającego, poprawy poziomu analgezji śród- i pooperacyjnej oraz zmniejszenia dyskomfortu pacjenta związanego z uciskiem mankieta uciskowego wprowadzono liczne

modyfikacje klasycznego odcinkowego znieczulenia dożylnego, takie jak:

a. Zmiana rodzaju i dawki stosowanego leku znieczulającego miejscowo [4,20-23].

W ponad 100-letniej historii bloku Biera celem uzyskania miejscowej analgezji obok prokainy i lidokainy stosowano również bupiwakainę, chlor- prokainę, mepiwakainę, ropiwakainę i pri- lokainę [4,21-23].

Bupiwakainę wycofano z użytku do tego rodzaju znieczuleń po odnotowaniu 5 przypadków zgonów wynikających z uogólnionej toksyczności leku [4,16]. Zastosowanie do bloku Biera chlor- prokainy przez Pitkanena i wsp. okazało się niekorzystne ze względu na wysoki odsetek pacjentów z powikłaniem pod postacią zakrzepowego zapalenia żył [22].

Natomiast w porównaniu z lidokainą odnotowano korzystniejszy wpływ na analgezję śródoperacyjną oraz na profil bezpieczeństwa mepiwakainy i ropiwakainy, chociaż do tej pory leki te nie weszły do powszechnego użytku w odcinkowym znieczuleniu dożylnym.

b. Dodawanie do środków miejscowo znieczulających leków z następujących grup: opioidów, niesterydowych leków przeciwzapalnych, agonistów receptora NMDA, agonistów receptora alfa-2, blokerów receptora serotoninowego 5-HT₃, leków rozszerzających naczynia krwionośne, paracetamolu i środków zwiotczających [4, 9,24-31].

c. Modyfikacja sposobu opróżniania kończyny z krwi żyłnej, rodzaju i miejsca zakładania mankieta uciskowego [4,6,10,11,16,32-34].

Procedurą wstępną w odcinkowym znieczuleniu dożylnym jest opróżnienie kończyny z krwi żyłnej, uzyskiwane poprzez uniesienie kończyny ku górze lub/i ciasne owinięcie za pomocą taśmy gumowej od czubka palców do mankieta uciskowego [5]. Procedura ta nie zawsze była dobrze tolerowana przez pacjentów, stąd Mabee i wsp. jako alternatywę zaproponowali założenie pneumatycznego rękawa na operowaną kończynę i jej uniesienie z jednoczesnym uciśnięciem tętnicy pachowej [13]. W klasycznie wykonywanym bloku Biera do zabiegów w obrębie przedramienia i ręki zakładano mankieta uciskowy w połowie odległości pomiędzy stawem ramiennym a stawem łokciowym. Russo, a po nim także Chong i inni badacze, zaproponowali w wybranych przypadkach

umieszczenie mankietu na przedramieniu, co pozwoliło zmniejszyć dawkę środka miejscowo znieczulającego, a co za tym idzie obniżyć ryzyko wystąpienia toksyczności uogólnionej [4].

Kwestię wymagającą nadal wyjaśnienia pozostaje przestrzeganie okresu karencji pokarmowej do wykonywanych w bloku Biera repozycji i/ lub zabiegów operacyjnych w obrębie ręki lub przedramienia. Do chwili obecnej brak jednoznacznego stanowiska w tej sprawie [35-37]. Argumentem przemawiającym za możliwie szybką repozycją złamania jest relatywnie mniejszy obrzęk tkanek, który - narastając w czasie - utrudnia dokonania repozycji [4]. Za przestrzeganiem karencji pokarmowej przemawia przekonanie o wolniejszym opróżnianiu się żołądka pod wpływem urazu. Badania Steedmana i wsp. oceniające szybkość opróżniania się żołądka u pacjentów, u których w bloku Biera dokonano repozycji złamania typu Collesa nie wykazały upośledzenia opróżniania żołądka w sposób klinicznie znaczący [35]. Badanie O'Sullivan i wsp. nie wykazało obecności komplikacji związanych z aspiracją treści pokarmowej ani w grupie pacjentów, u których zastosowano odcinkowe znieczulenie dożylnie z zachowaną karencją pokarmową, ani u tych pacjentów, u których jej nie zachowano [36]. Zdaniem Stokesa i Fostera zachowywanie karencji pokarmowej u pacjentów poddawanych zabiegom w bloku Biera stanowi furtkę bezpieczeństwa w przypadku, gdyby znieczulenie to okazało się niewystarczające [37].

Zastosowanie bloku Biera do repozycji złamań u dzieci

Dokonany przegląd światowego piśmiennictwa z ostatnich lat wskazuje, że regionalne znieczulenie dożylnie, czyli tzw. blok Biera, pozwala w sposób bezpieczny na przeprowadzenie u osób dorosłych zabiegów operacyjnych w obrębie ręki, przedramienia i łokcia, a także kończyny dolnej [4,5,7,9-11,13,32,33].

Od 1976 roku w piśmiennictwie anglojęzycznym pojawiają się zachęcające, choć nieliczne, doniesienia o możliwości stosowania tego typu znieczulenia do repozycji złamań w obrębie przedramienia i ręki u dzieci [6,10-12,15,38-40]. Najmłodsze dziecko, u którego dokonano repozycji w tego typu znieczuleniu miało 2 lata [11]. Jednak Blasier i wsp. uważają, że ten sposób znieczulenia jest najskuteczniejszy u dzieci starszych, powyżej 10 roku życia (93-99%) [13]. Odcinkowe znieczulenie dożylnie stosowano do zaopatrzenia takich

obrażeń, jak: złamanie nadkłykciowe kości ramiennej, złamanie typu de Monteggia, zwknięcie stawu łokciowego, złamanie proksymalnego i dystalnego odcinka kości promieniowej/łokciowej lub ich trzonów złamania w obrębie kości śródreżca i palców [6,11,13].

W anestezji dziecięcej spośród środków miejscowo znieczulających stosowane są praktycznie tylko środki o budowie amidowej, do których należą zarówno lidokaina, prilokaina, jak i - wymieniona przy powikłaniach bloku Biera - bupiwakaina. Farmakokinetyka leków miejscowo znieczulających u dzieci różni się w stosunku do osób dorosłych. Do podstawowych różnic należą: większa objętość dystrybucji, mniejsze powinowactwo do białek osocza, większe powinowactwo do erytrocytów oraz zmienny czas półtrwania i klirens. Wybierając dla dziecka określony anestetyk lokalny należy wziąć pod uwagę jego margines bezpieczeństwa, możliwość jego stosowania u dzieci, a także adekwatność i możliwość użycia go do danej blokady [41].

Lekiem znieczulającym miejscowo stosowanym do odcinkowego znieczulenia dożylnego u dzieci i młodzieży przeważnie był 0,5% roztwór lidokainy w dawce 3 mg/kg m.c. [6,11,12]. Skuteczną analgezę do zabiegów repozycji w złamaniach kości przedramienia z niecałkowitym przemieszczeniem lub przemieszczeniem kątowym uzyskiwano także po zmniejszeniu dawki lidokainy do 1,5 mg/kg m.c. przy zachowaniu klasycznego położenia mankietu uciskowego. Działania tego nie odnotowywano w przypadkach repozycji złamań w obrębie śródreżca i paliczek palców ręki, co tłumaczono niewystarczającą do zablokowania dystalnych zakończeń nerwów obwodowych objętością lidokainy [6,11,13]. Natomiast za skuteczną uznano analgezę z zastosowaniem prilokainy w dawce 2,5 mg/kg m.c. zamiast lidokainy [10]. Podobnie jak u pacjentów dorosłych, tak i u dzieci stosowano modyfikację metody klasycznej polegającą na zmianie położenia mankietu uciskowego z ramienia na przedramię celem zmniejszenia dawki środka miejscowo znieczulającego, a co za tym idzie - obniżenia ryzyka wystąpienia zjawiska toksyczności uogólnionej środka miejscowo znieczulającego [40]. Występowaniu tego zjawiska sprzyja wysokie powinowactwo środków miejscowo znieczulających do kanałów potasowych, które przy osiągnięciu toksycznego stężenia anestetyku lokalnego we krwi może powodować groźne dla życia zaburzenia rytmu. Bupiwakaina należy do anestetyków lokalnych o szczególnie wysokiej kardiotoxyczności, dlatego -

podobnie, jak u dorosłych - nie jest ona stosowana do odcinkowego znieczulenia dożylnego u dzieci.

Problemem w stosowaniu bloku Biera u dzieci jest niejednokrotnie brak tolerancji tego sposobu znieczulania wynikający z faktu zachowania świadomości podczas zabiegu, konieczności uzyskania dwóchostępów dożylnych, w tym jednego na grzbiecie złamanej kończyny, opróżnienie kończyny z krwi żyłnej za pomocą uniesienia i/lub gumowej opaski Esmarcha oraz zaciśnięcie mankietu uciskowego.

Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że część badaczy, celem poprawy tolerancji odcinkowego znieczulenia dożylnego, stosowała rutynową premedykację za pomocą opioidów, benzodiazepin bądź też w wybranych przypadkach tylko wziewną analgezję mieszaniną podtlenku azotu i tlenu [10,12,13]. Ponadto, poza premedykacją, proponowano następujące modyfikacje:

- *Rezygnacja z drugiego wkłucia dożylnego, czyli rezygnacja z dostępu do krążenia ogólnego ze względu na brak objawów toksyczności uogólnionej po podaniu środka miejscowo znieczulającego.*

Z obserwacji Juliano, potwierdzonej następnie przez Bolte i wsp. (w oparciu o obserwacje 69 dzieci w wieku od 2 do 16 roku życia, u których dokonano repozycji złamań w obrębie ręki, śródreżca i przedramienia), wynika, iż u dzieci sporadycznie stwierdzano nieszczelność mankietu (3 przypadki) niepociągającą za sobą toksyczności uogólnionej [13,38]. Brak objawów toksyczności uogólnionej u dzieci po podaniu środka miejscowo znieczulającego podkreślają również inni badacze [6,11,12]. Rezygnacja z dostępu do krążenia ogólnego jest jednak postępowaniem ryzykownym, łamiącym zasady bezpiecznego znieczulenia u dzieci [42]. Poza tym uniemożliwia ona ewentualne uzupełnienie znieczulenia regionalnego lekami sedatywnymi czy przeciwbólowymi.

- *Rezygnacja ze stosowania gumowej opaski i ograniczenie opróżniania kończyny z krwi żyłnej do uniesienia kończyny na okres 30-60 sekund.*

Z prac Mohra, Bratta i Bolte'a wynika bowiem, że równie skuteczne opróżnienie kończyny z krwi żyłnej można uzyskać przez założenie gumowej opaski, jak i poprzez uniesienie kończyny na okres około 2 minut przed zaciśnięciem mankietu uciskowego [6,13].

- *Rezygnacja ze stosowania dwukomorowego mankietu uciskowego.*

Bolte i wsp., biorąc pod uwagę stosunkowo krótki czas trwania zabiegów repozycji, nie widzieli konieczności stosowania dwukomorowego mankietu

uciskowego [13]. Jednocześnie w przedstawionym przez tych autorów badaniu dyskomfort związany z uciskiem mankietu zgłosiło jedynie 2 z 69 pacjentów. W innych badaniach z udziałem dzieci dyskomfort związany z uciskiem mankietu dotyczył zaledwie od 0 do 7% pacjentów [6,10-12].

- *Przedłużenie czasu zaciśnięcia mankietu do momentu zakończenia zakładania opatrunku gipsowego.*

Zdaniem Blagiera oraz Bratta, których obserwacje odnosiły się do 470 i 283 pacjentów, przedłużenie czasu zaciśnięcia mankietu do momentu zakończenia zakładania opatrunku gipsowego pozwala lidokainie lepiej związać się z tkankami, co zwiększa bezpieczeństwo metody i skuteczność analgezji pooperacyjnej [6,11,14].

W świetle przedstawionych doniesień odcinkowe znieczulenie dożylnie stosowane u dzieci do zabiegów repozycji złamań w obrębie przedramienia, nadgarstka i ręki można uznać za bezpieczną i skuteczną metodę znieczulenia regionalnego. Kwestią wymagającą wyjaśnienia pozostaje okres karencji pokarmowej przed znieczuleniem i czasokres obserwacji dziecka po znieczuleniu. Czas obserwacji po znieczuleniu według dostępnej literatury dotyczącej stosowania bloku Biera u dzieci wynosił od 15 minut do 1 godziny [8,13,14].

Według aktualnych wytycznych znieczulenia u dzieci, pacjent pediatryczny może być przy zapewnieniu opieki osoby dorosłej wypisany do domu po zabiegu wykonanym w trybie ambulatoryjnym po spełnieniu następujących kryteriów:

- stabilność i pełna normalizacja podstawowych parametrów życiowych;
- stan przytomności i kontakt w zakresie podobnym jak przed znieczuleniem;
- brak nudności i wymiotów;
- brak bólu lub ból o niewielkim natężeniu możliwy do opanowania za pomocą nieopiodowych leków podanych drogą doustną.

Pomocna w ocenie stanu ogólnego pacjenta jest skala Stewarda, biorąca pod uwagę: stan przytomności, drożność dróg oddechowych oraz ruchy kończyn. Szpital może opuścić dziecko, które otrzymało w tej skali 6 pkt. [41].

Proponując dziecku znieczulenie regionalne, przy którym zachowana jest świadomość pacjenta, należy liczyć się z wystąpieniem ograniczeń w stosowaniu opisywanej metody. Przy zastosowaniu wymienionych powyżej modyfikacji, zwłaszcza na etapie opróżniania kończyny z krwi żyłnej i umiejętnym nawiązaniu współpracy z dzieckiem, może ona w grupie dzieci

powyżej 10 roku życia stanowić alternatywę dla znieczulenia ogólnego.

Praca realizowana w ramach projektu badawczego UM w Łodzi nr 502-18-675.

Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

Adres do korespondencji:

Patrycja Grochocińska

Oddział Kliniczny Medycyny Ratunkowej dla Dzieci
Uniwersytecki Szpital Kliniczny nr 4

im. Marii Konopnickiej

91-738 Łódź; ul. Sporna 36/50

☎ (+48 42) 656-50-50

✉ pgrochocinska@wp.pl

Piśmiennictwo

- Okłot K. Urazy układu kostno-stawowego. W: Okłot K. Traumatologia wieku dziecięcego. Warszawa: PZWL; 2008. pp. 172-291.
- Rennie L, Court-Brown CM, Mok JY, Beattie TF. The epidemiology of fractures in children. *Injury* 2007;38:913-22.
- Znieczulenie u dzieci. W: Anestezjologia. Larsen R, Kubler A. (red). Wyd. II polskie. Wrocław: Urban&Partner; 2005. pp. 1075-134.
- Brill S, Middleton W, Brill G, Fisher A. Bier's block; 100 years old and still going strong. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004;48:117-22.
- Odcinkowe znieczulenie dożylnie kończyny górnej. W: Blokady nerwów obwodowych. Zasady i praktyka. Hadzic A, Vloka JD, Drobnik L (red.). Wyd. polskie. Warszawa: MediPage; 2008. pp. 179-85.
- Bratt HD, Eyres LR, Cole WG. Randomized Double-Blind Trial of Low-and Moderate - Dose Lidocaine Regional Anaesthesia for Forearm Fractures in Childhood. *J Pediatr Orthop* 1996;16:660-3.
- Chong AK, Tan DM, Ooi BS, Mahadevan M, Lim AY, Lim BH. Comparison of forearm and conventional Bier's blocks for manipulation and reduction of distal radius fractures. *J Hand Surg* 2007;32:57-9.
- Kendall JM, Allen P, Younge P, Younge P, Meek SM, McCabe SE. Haematoma block or Bier's block for Colles' fracture reduction in the accident and emergency department-which is best? *J Accid Emerg Med* 1997;14:352-6.
- Sen S, Ugur B, Aydm ON, Ogurulu M, Gezer E, Savk O. The analgesic effect of lornoxicam when added to lidocaine for intravenous regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2006;97:408-13.
- Ojala R, Kelly AM. Intravenous regional anaesthesia in the treatment of pediatric forearm fractures in the emergency department. *Emerg Med* 1999;11:258-62.
- Bolte RG, Stevens PM, Scott SM, Schunk JE. Mini-dose Bier block intravenous regional anesthesia in the emergency department treatment of pediatric upper-extremity injuries. *J Pediatr Orthop* 1994;14:534-7.
- Colizza WA, Said E. Intravenous regional anesthesia in the treatment of forearm and wrist fractures and dislocations in children. *Can J Surg* 1993;36:225-8.
- Blasier RD, White R. Intravenous regional anaesthesia for (management) of children's extremity fractures in the emergency department. *Pediatr Emerg Care* 1996;12:404-6.
- Mabee J, Orlinsky M. Bier block exsanguination: a volumetric comparison and venous pressure study. *Acad Emerg Med* 2000;7:105-13.
- Jones NC, Pugh SC. The addition of tenoxicam to prilocaine for intravenous regional anaesthesia. *Anaesthesia* 1996;51:446-8.
- Heath ML. Deaths after intravenous regional anaesthesia. *BMJ* 1982;285:913-4.
- Mabee JR, Bostwick TL, Burke MK. Iatrogenic compartment syndrome from hypertonic saline injection in Bier block. *J Emerg Med* 1994;12:473-4.
- Łuce EA, Mangubat E. Loss of hand and forearm following Bier block: a case report. *J Hand Surg* 1983;8:280-3.
- Ansari MMH, Abraham A. Unusual discoloration of forearm with Bier's block using 0,5% lidocaine. *Anesth Analg* 2005;100:1866-7.
- Peng PW, Coleman MM, McCartney CJ, Krone S, Chan V, Kaszas Z, et al. Comparison of anesthetic effect between 0.375% ropivacaine versus 0.5% lidocaine in forearm intravenous regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2002;27:595-9.
- Pickering SA, Hunter JB. Bier's block using prilocaine: safe, cheap and well tolerated. *Surg J R Coll Edinb Irel* 2003;1:283-5.
- Pitkänen M, Kytta J, Rosenberg PH. Comparison of 2-chloroprocaine and prilocaine for intravenous regional anaesthesia of the arm: clinical study. *Anaesthesia* 1993;48:1091-3.
- Langlois G, Estebe JP, Gentill ME, Kerdiles L, Mouilleron P, Ecoffey C. The addition of tramadol to lidocaine does not reduce tourniquet and postoperative pain during iv regional anesthesia. *Can J Anaesth* 2002;49:165-8.
- Gorgias NK, Maidatsi PG, Kyriakidis AM, Karakoulas K, Alvanos D, Giala MM. Clonidine versus ketamine to prevent tourniquet pain during intravenous regional anesthesia with lidocaine. *Reg Anesth Pain Med* 2001;26:512-7.
- Acalovschi I, Cristea T. Intravenous regional anaesthesia with meperidine. *Anesth Anal* 1995;81:540-3.

26. Durrani Z, Winnie AP, Zsigmond EK, Burnett ML. Ketamine for intravenous regional anaesthesia. *Anesth Analg* 1989;68:328-32.
27. Armstrong P, Power I, Wildsmith JAW. Addition of fentanyl to prilocaine for intravenous regional anaesthesia. *Anaesthesia* 1991;46:278-80.
28. Gupta A, Bjornsson A, Sjoberg F. Lack of peripheral analgesic effect of low-dose morphine during intravenous regional anesthesia. *Reg Anesth* 1993;18:250-3.
29. Sen H, Kulahci Y, Bicerer E, Ozkan S, Daglin G, Turan A. The analgesic effect of paracetamol when add to lidocaine for intravenous regional anesthesia. *Anesth Analg* 2009;109:1327-30.
30. Abbasivash R, Hassani E, Aghdashi MM, Shirvani M. The effect of nitroglycerin as an adjuvant to lidocaine in intravenous regional anesthesia. *Middle East J Anesthesiol* 2009;20:265-9.
31. Farouk S. Ondansetron added to lidocaine for intravenous regional anesthesia. *Eur J Anaesthesiol* 2009;26:1032-6.
32. Maury AC, Roy WS. A prospective, randomized, controlled trial of forearm versus upper arm tourniquet tolerance. *J Hand Surg Br* 2002;27:359-60.
33. Odinson A, Finsen V. The position of the tourniquet on the upper limb. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:202-4.
34. Perlas A, Peng PW, Plaza MB. Forearm rescue cuff improves tourniquet tolerance during intravenous regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2003;28:98-102.
35. Steedman DJ, Payne MR, Mc Clure JH, Prescott LF. Gastric emptying following Colles' fracture. *Arch Emerg Med* 1991;8:165-8.
36. O'Sullivan I, Brooks S, Maryosh J. Is fasting necessary before prilocaine Bier's block? *J Accident Emerg Med* 1996;13:105-7.
37. Stokes JM, Foster PN. Fasting before Bier's block. *J Accident Emerg Med* 1997;14:59-60.
38. Juliano PJ, Mazur JM, Cummings RJ, McCluskey WP. Low-dose lidocaine intravenous regional anesthesia for forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 1992;12:633-5.
39. Kennedy RM, Luchmann JD, Luchmann SJ. Emergency department management of pain and anxiety related to orthopedic fracture care: a guide to analgesic techniques and procedural sedation in children. *Paediatr Drugs* 2004;6:11-31.
40. Werk LN, Lewis M, Armatti-Wiltrout S, Loveless EA. Comparing the effectiveness of modified forearm and conventional minidose intravenous regional anesthesia for reduction of distal forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2008;28:410-6.
41. Rawicz M. Wybór środka analgetycznego miejscowego dla pacjentów pediatrycznych. *Ból* 2007 ;8(2):31-35.
42. Piotrowski A. Wytyczne bezpiecznego znieczulania dzieci Rady Konsultacyjnej Polskiego Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii ds. Jakości i Bezpieczeństwa Znieczulenia. *Anestezjologia Intensywna Terapia* 2010; 42:179-185.