

ВНУТРІШНЬОКІСТКОВА ІНФУЗІЯ: ПОКАЗАННЯ, ПРОТИПОКАЗАННЯ, МЕТОДИ, ПРИСТРОЇ

Київська міська клінічна лікарня №3 (м. Київ)

Робота виконана в рамках НДР кафедри анестезіології та інтенсивної терапії НМАПО ім. П. Л. Шупика «Вивчення провідних патофізіологічних порушень у хворих, які перебувають у критичних станах, обумовлених травмою, інфекцією та інтоксикацією, з розробкою оптимальних технологій інтенсивної терапії та анестезіологічного забезпечення» (№ 018U000170, 2008-2013 рр.)

Вступ. У медицині критичних станів своєчасне забезпечення надійного судинного доступу часто означає проведення межі між життям і смертю. За деякими оцінками, з понад 20 мільйонів ургентних пацієнтів, які у США щороку потребують судинного доступу на етапі надання невідкладної допомоги, п'яти мільйонам стандартний периферичний внутрішньовенний доступ забезпечити не вдається, а ще у семи мільйонів його здійснення вимагає повторних спроб та забирає надто багато часу [34]. Додаткові несприятливі обставини, такі як шок і гіповолемія у пацієнта, обмежений доступ до тіла постраждалого та недостатній рівень освітлення на місці нещасного випадку, можуть суттєво погіршити ситуацію. Як результат, тисячі пацієнтів передчасно помирають на догоспітальному етапі. Особливого значення проблема забезпечення судинного доступу набуває при масовому надходженні пацієнтів у випадках природних (стихійні лиха), техногенних (великі аварії на виробництві) та антропогенних (військові дії, терористичні акти, народні заворушення, нещасні випадки під час масових релігійних, культурних та спортивних подій) катаклізмів, що супроводжуються численними жертвами. Надійною альтернативою в таких ситуаціях стає внутрішньокістковий (ВК) шлях введення препаратів.

Історія. Історія методики ВК доступу налічує майже 100 років. Перше наукове повідомлення про можливість ВК доступу до системи кровообігу з'явилося у 1922 році, коли співробітник Гарвардського університету С. К. Drinker опублікував в Американському Журналі Фізіології результати своїх досліджень щодо особливостей стернального кровотоку у ссавців та запропонував використання ВК простору груднини в якості вени, що не спадається [12]. В експерименті на тваринах він продемонстрував, що речовини, введені в кістковий мозок, швидко абсорбуються у системний кровообіг.

Наступні два десятиріччя ознаменувались подальшими дослідженнями проблеми ВК введення

препаратів. Такі відомі дослідники ВК доступу як доктор L. Tocantins з Філадельфії та його колега J. F. O'Neill на початку 1940-х років підтвердили, що кістково-мозковий простір довгих трубчастих кісток та груднини може використовуватись для забезпечення судинного доступу [53-54]. Вони продемонстрували, що барвник червоного кольору, введений у ВК простір великогомілкової кістки кролика, з'являється в порожнинах серця через 10 секунд після ін'єкції. Інший піонер ВК інфузії, доктор E. M. Parper, незабаром довів, що часові параметри циркуляції рідин, введених ВК та внутрішньовенним шляхом, практично не відрізняються [43].

Найвищого піку використання ВК доступу для введення медикаментів досягло в роки Другої світової війни, коли ВК шлях волемічної ресусцитації вибирався медиками для рятування життя солдатів, які помирали від геморагічного шоку [13]. Задокументовано понад 4 000 випадків використання ВК інфузії у воєнний час.

У післявоєнний час метод ВК інфузії був незаслужено забутий. Основними причинами цього стали повернення військових спеціалістів, які мали досвід ВК інфузії, до цивільної медицини, відсутність у той час у США інституту парамедиків та розробка і запровадження у широку клінічну практику внутрішньовенних пластикових катетерів одноразового використання. Реанімацію методу приписують американському педіатру J. Orlowski з клініки Клівленда, який після відвідання на початку 1980-х років Індії у зв'язку з епідемією холери та спостереження за тим, як вкрай зневоднених дітей рятували шляхом ВК інфузії, опублікував у 1984 році статтю, в якій закликав до відродження методу ВК інфузії в педіатричній практиці [41]. Закордонні публікації останніх років свідчать про значне розширення з того часу практики використання ВК шляху забезпечення судинного доступу на догоспітальному та ранньому госпітальному етапах як у дітей, так і в дорослих [8, 18, 29, 36, 38, 45, 46, 48].

Визнання канюляції ВК простору як швидкого, надійного та ефективного способу забезпечення доступу до системного кровообігу знайшло своє відображення в останніх настановах Європейської Ради Реанімації з серцево-легеневої реанімації, в яких ВК доступ як найкраща альтернатива внутрішньовенному рекомендується у випадках, коли периферичну вену не вдається катетеризувати впродовж

перших двох хвилин реанімації або внутрішньовенний доступ з якихось причин виявляється взагалі неможливим [11].

Анатомо-фізіологічні передумови. З анатомічної точки зору ВК інфузія є можливою із-за наявності в кістковому мозку довгих трубчастих та деяких інших кісток сітки взаємно переплетених дрібних вен, що дренують медулярні синуси [50]. Вказані вени підтримуються кістковими структурами, а тому ніколи не спадаються та забезпечують відносно постійний кровотік через внутрішньокістковий простір навіть у пацієнтів з шоком та гіповолемією. З інтрамедулярних вен кров швидко поступає в системний кровообіг.

Будь-які лікарські засоби та інфузійні розчини, що використовуються для рутинної внутрішньовенної медикаментозної та волемічної ресусцитації, такі як адреналін, атропін, дофамін, добутамін, лідокаїн, дігосин, гідрокарбонат натрію, гепарин, антибіотики, міорелаксанти, кристалоїди, колоїди і препарати крові, можуть бути безпечно введені ВК [3, 6, 16, 20, 26]. Дозування медикаментів та розчинів при ВК шляху введення не відрізняється від дозування при внутрішньовенному [6, 31]. В'язкі медикаменти та колоїдні розчини, а також кристалоїдні розчини у випадках необхідності прискореної волемічної ресусцитації, повинні вводитись під тиском або автоматизованим (з допомогою інфузійних насосів та спеціальних мішків для прискореного введення розчинів під тиском), або ручним (з допомогою шприців та трійників для судинних ліній) способом, щоб здолати опір вен-емісарів, що зв'язують ВК простір з системою кровообігу [23]. Швидкість інфузії, якої вдається досягнути при ВК доступі, зазвичай, еквівалентна швидкості інфузії, яка досягається при периферичному внутрішньовенному доступі через канюлю 21-го калібру [35]. Початок дії медикаментів та їх концентрації після ВК введення під час серцево-легеневої реанімації наближаються до тих, що досягаються після внутрішньовенного [47, 39]. В експериментах на тваринах продемонстровано, що ВК шлях введення медикаментів може бути таким же ефективним, як і внутрішньовенний через центральну вену [47, 40, 37], та навіть більш ефективним, ніж внутрішньовенний через периферичну вену [47].

Порівняльні лабораторні дослідження зразків венозної крові та кісткового мозку у дітей з раком показали, що аспірати кісткового мозку, отримані відразу після канюляції ВК простору (до початку інфузії), можуть бути використані для проведення цілого ряду лабораторних та мікробіологічних досліджень, таких як визначення рівнів гемоглобіну, глюкози, натрію, хлору, сечовини, креатиніну, рН, pCO_2 , бікарбонату і сироваткових концентрацій медикаментів та отримання культур бактерій, вірусів і грибків [21, 55]. Крім того, аспірати кісткового мозку дозволяють безпомилково визначати групову та резус-приналежність крові [5]. На відміну від перелічених, такі дослідження як підрахунок лейкоцитарної формули, визначення рівнів калію, іонізованого

кальцію, ALT, AST та оксигенації у зразках кісткового мозку дають результати, що не відповідають показникам периферичної крові.

На тваринних моделях (собаках) показано, що ВК введення лікарських засобів може негативно вплинути на коректність подальших лабораторних аналізів [25], тому більшість експертів не рекомендують використовувати ВК доступ для лабораторних досліджень, якщо він уже використовувався для введення препаратів.

Показання. Основними групами пацієнтів, яким може бути показаний ВК доступ, є [1]:

- новонароджені, діти усіх вікових груп та дорослі у стані клінічної смерті у випадках, коли не вдається швидко забезпечити доступ через периферичну вену (у зв'язку з вирішальним значенням часу в таких випадках канюляцію ВК простору слід вважати більш пріоритетною, ніж катетеризацію центральної вени або венесекцію);
- пацієнти з невідкладною гострою хірургічною або терапевтичною патологією тяжкого ступеню (політравма, опіки, шок, сепсис, епілептичний статус) у випадках, коли не вдається швидко забезпечити доступ через периферичну вену;
- пацієнти, яким судинний доступ необхідний за клінічними показаннями для проведення внутрішньовенної медикаментозної терапії, без якої не можна обійтись, але яким його не вдається забезпечити іншими шляхами та методами, незважаючи на численні попередні спроби.

Протипоказання. Існує відносно мало протипоказань до виконання ВК доступу, так як метод використовується, головним чином, у ситуаціях, що загрожують життю. До **абсолютних протипоказань** належать:

- **порушення цілісності кістки** травматичного (перелом) або ятрогенного (недавня – в межах 24 годин – пенетрація в інтрамедулярний простір кістки в результаті попередніх спроб ВК доступу) походження, так як розчини та медикаменти, що вводяться, не будуть поступати в системний кровообіг у зв'язку з витіканням через місце перелому або пункційний отвір;
- **пошкодження судин кінцівки** травматичного (розрив) або ятрогенного (невдала спроба венесекції) походження, так як розчини та медикаменти, що вводяться, не будуть поступати в системний кровообіг або у зв'язку з порушенням циркуляції крові через кістку, якщо пошкоджена магістральна артерія, або у зв'язку з їх витіканням через дефект у судинній стінці, якщо пошкоджена вена, через яку дренується інтрамедулярна кров.

До **відносних протипоказань** відносять:

- **патологічні процеси** (наприклад, опік, флегмона, остеомієліт) або **попередня ортопедична операція** (наприклад, тотальне ендопротезування колінного суглобу) **в зоні бажаної ВК канюляції**, так як ВК доступ буде нести ризики інфекційних ускладнень [23, 40] або може виявитись недостатньо ефективним;

• **захворювання кісток, що супроводжуються підвищеною їх ламкістю**, вродженого (наприклад, osteogenesis imperfecta) або набутого (наприклад, остеопороз) походження, так як спроби ВК доступу будуть нести небезпеку ятрогенного перелому;

• **вроджені вади серця з внутрішньосерцевим шунтом крові справа наліво** (наприклад, тетрада Фалло та атрезія легеневої артерії), так як спроби ВК доступу будуть нести небезпеку емболії судин головного мозку частинками жиру або кісткового мозку [40, 42, 15].

Технічні пристрої для ВК доступу. Лідерами в розробці технічних пристроїв для ВК доступу є США та Канада. Існують три основні методики та, відповідно, три групи технічних пристроїв для канюляції ВК простору у дітей та дорослих – мануальні, пружинно-ударні та акумуляторно-дрилеві [31, 4]:

• **мануальні пристрої**, до яких відносяться **голки Jamshidi** (виробник – Cardinal Health, McGraw Park, Illinois, USA), **Dieckmann** (виробник – Cook Critical Care, Bloomington, Indiana, USA) та деякі інші, призначені для ручного їх вкручування в кістку переважно у пацієнтів молодшого віку з незрілим скелетом і представляють собою порожнисті сталеві голки, оснащені внутрішнім троакарком для запобігання закупорці кістковими фрагментами, рукояткою для розміщення долоні лікаря та пересувним бортиком/фланцем (або мітками) для регулювання (або контролю) глибини канюляції;

• **напіваавтоматичні пружинно-ударні пристрої**, до яких відносяться **FAST1®** для доступу через грудину та **B. I. G®** для доступу через довгі трубчасті кістки, мають наступні характеристики:

• перший тип, пристрій **FAST1® Intraosseous Infusion System** та його модифікація **FASTx™ Sternal Intraosseous Device** (виробник – Ryng Medical Corporation, Vancouver, Canada), призначений для забезпечення стерального ВК доступу у пацієнтів віком 12 років та більше й оснащений механізмом контролю глибини пенетрації у вигляді кількох розміщених по периметру кола голок-щупів, що точно визначають глибину груднини і перешкоджають випадковій канюляції середостіння, та центрально розміщеною голкою-канюлею, що при сильному натискуванні на пристрій проникає з допомогою розміщеної всередині нього пружини в інтрамедулярний простір груднини [10];

• другий тип, кістково-ін'єкційний пістолет **B. I. G® Bone Injection Gun** (виробник – WaisMed Ltd, Houston, Texas, USA), призначений для забезпечення переважно великогомілкового ВК доступу у дітей та дорослих (доступний, відповідно, у 2-х різних розмірах) і має потужну пружину, що після видалення запобіжного стопорного штифта і натискання на спусковий гачок заганає канюлю в інтрамедулярний простір кістки [4, 10];

• **напіваавтоматичні акумуляторно-дрилеві пристрої**, до яких відноситься голковий драйвер («голковерт») **EZ-IO®** (виробник – VidaCare Corporation, Shavano Park, Texas, USA), призначені

для канюляції ВК простору у пацієнтів усіх вікових груп і оснащені електричним джерелом енергії у вигляді акумуляторної батареї та набором з 3-х голок різної довжини (для дітей та дорослих) [4, 10].

Літературні джерела свідчать про високу частоту успіху та високу швидкість канюляції ВК простору при її виконанні описаними вище пристроями:

• мануальні голки: відсоток успіху – 76-100% (у пацієнтів віком більше одного року – 50-67%), середній час – 38 секунд [22];

• FAST1: відсоток успіху – 72-95%, середній час – 62 секунди [22, 17-32];

B. I. G.: відсоток успіху – 45-91%, середній час – 49 секунд [22, 9, 46, 19];

• EZ-IO: відсоток успіху – 87-97%, середній час – менше 10 секунд [17, 24, 8].

Дослідження аналогічних параметрів при канюляції периферичної вени продемонструвало гірші результати [2, 30, 28].

Крім перелічених, інші типи голок, оснащених мандренами (наприклад, кістково-мозкові, спінальні та деякі інші), можуть використовуватись для забезпечення ВК доступу, якщо спеціальні голки або пристрої є недоступними [40, 14]. Єдиним пристроєм для ВК доступу, зареєстрованим сьогодні в Україні, є кістково-ін'єкційний пістолет **B. I. G.** [56].

Основні кісткові структури для здійснення ВК доступу. Наступні кісткові структури найчастіше використовуються для виконання ВК доступу [6, 40]:

• **проксимальний відділ великогомілкової кістки** (використовується для забезпечення ВК доступу у пацієнтів усіх вікових груп – дітей, підлітків та дорослих; наявність пружинно-ударного пристрою B. I. G® або акумуляторно-дрилевого пристрою EZ-IO®, як правило, вимагається для здійснення такого доступу у пацієнтів віком понад 6 років);

• **дистальний відділ великогомілкової (медіальна кісточка) та малогомілкової (латеральна кісточка) кісток** (використовуються для забезпечення ВК доступу мануальним і напіваавтоматичним способом у пацієнтів усіх вікових груп – дітей, підлітків та дорослих; як мануальні, переважно у дітей молодшого віку, так і напіваавтоматичні, у пацієнтів усіх вікових груп, пристрої можуть використовуватись для канюляції ВК простору в цьому місці);

• **дистальний відділ стегнової кістки** (використовується як альтернатива проксимальному відділу великогомілкової кістки при мануальному способі забезпечення ВК доступу у немовлят та дітей молодшого віку, так як тільки у цього контингенту пацієнтів довжини голки вистачає для досягнення інтрамедулярного простору через усю товщу м'яких тканин дистальної частини стегна і твердої частини стегнової кістки);

• **проксимальний відділ плечової кістки** (використовується для забезпечення ВК доступу у кістково-зрілих підлітків та дорослих; для успішного виконання ВК доступу в цьому місці, зазвичай, необхідні напіваавтоматичні пристрої EZ-IO® або B. I. G®);

• **рукоятка грудини** (використовується для забезпечення стерильного ВК доступу у підлітків віком від 12 років та дорослих [19]; канюляцію здійснюють за допомогою спеціально розробленого для цього пристрою FAST1® або його вдосконаленої модифікації FASTx™).

Деякі інші кісткові локуси, такі як верхня передня клубова ость, ключиця, дистальний відділ променевої кістки та кістки без кістково-мозкових порожнин (наприклад, п'ятова кістка та шилоподібний відросток променевої кістки) також з успіхом використовувались для забезпечення ВК судинного доступу [4, 7, 33]. За відсутності протипоказань першу спробу ВК доступу в усіх пацієнтів рекомендують починати з проксимального відділу великогомілкової кістки.

Ускладнення. Канюляція ВК простору вважається відносно безпечною маніпуляцією. За даними літератури, частота ускладнень при ВК шляху забезпечення судинного доступу становить менше 1% [27]. До потенційних ускладнень ВК доступу належать травматичні (перелом кістки, компартмент-синдром), інфекційні (некроз шкіри, підшкірний абсцес, остеомієліт) та емболічні (жирова або кістково-мозкова емболія) [15, 27, 49, 44].

Ніяких свідчень негативного впливу ВК інфузії на кістковий мозок або ріст кістки у віддаленому періоді не задокументовано. Усі летальні випадки від ВК канюляції, про які повідомляється в літературі, були наслідком спроб стерильного доступу з використанням мануальних пристроїв, що закінчилися пошкодженням великих судин або серця, медіастинітом та гідротораксом [51].

Висновки.

• Забезпечення швидкого і надійного судинного доступу є вирішальним елементом ресусцитації пацієнтів, які перебувають у критичному стані або у стані клінічної смерті. Здійснення стандартного судинного доступу через периферичну вену у пацієнтів з шоком, гіповолемією або зупинкою кровообігу, особливо у дітей молодшого віку, часто пов'язано зі значними технічними труднощами або взагалі виявляється неможливим.

• З кількох існуючих альтернативних способів забезпечення судинного доступу (транскутанна катетеризація центральної вени, венесекція та канюляція ВК простору) найбільш швидким і безпечним є ВК. Як окремий метод забезпечення доступу до системи кровообігу він відомий з 1922-го року та пройшов успішну апробацію на тисячах жертв Другої світової війни. У розвинених країнах з кінця XX сторіччя спостерігається значне зростання практики використання ВК доступу як на догоспітальному, так і на ранньому госпітальному етапах.

• Дослідження останніх двох десятиріч демонструють, що ВК доступ на етапах надання невідкладної допомоги має переваги перед внутрішньовенним у швидкості та відсотку успішних катетеризацій, може бути використаний для введення будь-яких лікарських засобів та інфузійних розчинів, що

застосовуються в процесі рутинної внутрішньовенної ресусцитації, та дозволяє отримати зразки біологічних матеріалів (аспірати кісткового мозку), що підходять для виконання більшості стандартних лабораторних аналізів, які зазвичай проводяться на зразках периферичної крові.

• Новонароджені, діти та дорослі з повною зупинкою кровообігу у випадках, коли не вдається швидко забезпечити судинний доступ через периферичну вену, пацієнти з невідкладною хірургічною та терапевтичною патологією тяжкого ступеню (політравма, опіки, шок, сепсис, епілептичний статус) за аналогічних обставин та більш стабільні пацієнти з клінічними показаннями до внутрішньовенної медикаментозної терапії, у яких судинний доступ не вдається забезпечити іншими шляхами та методами, належать до трьох основних контингентів хворих, яким може бути показана канюляція ВК простору.

• П'ять груп протипоказань до виконання ВК доступу (порушення цілісності кістки, пошкодження судин, патологічні процеси в місці бажаної пункції, захворювання кісток та вроджені вади серця з внутрішньосерцевим шунтом справа наліво) обмежують використання ВК доступу у медицині критичних станів.

• Три групи пристроїв для канюляції ВК простору (мануальні, пружинно-ударні та акумуляторно-дрилеві) є сьогодні комерційно доступними на світовому ринку виробів медичного призначення для медицини критичних станів. Пристроєм мануального або акумуляторно-дрилевого типу слід надавати перевагу у новонароджених та дітей віком до одного року, тоді як пристрої пружинно-ударного або акумуляторно-дрилевого типу повинні використовуватись у дітей старшого віку, підлітків та дорослих.

• Великомілкова, малогомілкова, стегова та плечова кістки, а також грудина, можуть використовуватись в якості кісткових структур для канюляції інтрамедулярного простору. За відсутності протипоказань проксимальний відділ великогомілкової кістки повинен завжди першим використовуватись для забезпечення ВК доступу в усіх пацієнтів (новонароджених, дітей та дорослих).

• Три групи ускладнень (травматичні, інфекційні та емболічні) можуть стати несприятливим наслідком канюляції інтрамедулярного простору, але ризик їх виникнення є мінімальним (менше 1%), якщо належна техніка та відповідне обладнання використовується для виконання та експлуатації ВК доступу.

• Виклики сьогодишнього дня, зокрема, можливість виникнення ситуацій з численними постраждалими при проведенні заходів з участю великої кількості людей, вимагають вдосконалення системи надання невідкладної медичної допомоги на догоспітальному та ранньому госпітальному етапах, одним із напрямів якого може стати розширення арсеналу засобів для забезпечення своєчасного судинного доступу у критично хворих пацієнтів.

Література

1. Bailey P. Intraosseous infusion. Режим доступу: <http://www.uptodate.com/contents/intraosseous-infusion>
2. Banerjee S. The intraosseous route is a suitable alternative to intravenous route for fluid resuscitation in severely dehydrated children / S. Banerjee, S. C. Singhi, S. Singh [et al.] // Indian Pediatr. – 1994. – Vol. 31. – P. 1511-1520.
3. Berg R. A. Emergency infusion of catecholamines into bone marrow / R. A. Berg // Am. J. Dis. Child. – 1984. – Vol. 138. – P. 810-811.
4. Blumberg S. M. Intraosseous infusion: a review of methods and novel devices / S. M. Blumberg, M. Gorn, E. F. Crain // Pediatr. Emerg. Care. – 2008. – Vol. 24. – P. 50-56.
5. Brickman K. R. Typing and screening of blood from intraosseous access / K. R. Brickman, K. Krupp, P. Rega [et al.] // Ann. Emerg. Med. – 1992. – Vol. 21. – P. 414-417.
6. Buck M. L. Intraosseous drug administration in children and adults during cardiopulmonary resuscitation / M. L. Buck, B. S. Wiggins, J. M. Sesler // Ann. Pharmacother. – 2007. – Vol. 41. – P. 1679-1686.
7. Clem M. Intraosseous infusions via the calcaneus / M. Clem, P. Tierney // Resuscitation. – 2004. – Vol. 62. – P. 107-112.
8. Cooper B. R. Intra-osseous access (EZ-IO) for resuscitation: UK military combat experience / B. R. Cooper, P. F. Mahoney, T. J. Hodgetts [et al.] // J. R. Army Med. Corps. – 2007. – Vol. 153. – P. 314-316.
9. David J. S. Intraosseous infusion using the bone injection gun in the prehospital setting / J. S. David, P. Y. Dubien, O. Capel [et al.] // Resuscitation. – 2009. – Vol. 80. – P. 384-385.
10. Day M. W. Intraosseous devices for intravascular access in adult trauma patients / M. W. Day // Crit. Care Nurse. – 2011. – Vol. 31. – P. 76.
11. Deakin C. D. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2010, section 4. Adult advanced life support / C. D. Deakin, J. P. Nolan, J. Soar [et al.] // Resuscitation. – 2010. – Vol. 81. – P. 1305-1352.
12. Drinker C. K. The circulation in the mammalian bone marrow / C. K. Drinker, K. R. Drinker, C. C. Lund // Am. J. Physiol. – 1922. – Vol. 62. – P. 1-92.
13. Dubick M. A. A review of intraosseous vascular access: current status and military application / M. A. Dubick, J. B. Holcomb // Mil. Med. – 2000. – Vol. 165. – P. 552-559.
14. Ellemunter H. Intraosseous lines in preterm and full term neonates / H. Ellemunter, B. Simma, R. Trawuger [et al.] // Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed. – 1999. – Vol. 80. – P. F74-75.
15. Fiallos M. Fat embolism with the use of intraosseous infusion during cardiopulmonary resuscitation / M. Fiallos, N. Kissoon, T. Abdelmoneim [et al.] // Am. J. Med. Sci. – 1997. – Vol. 314. – P. 73-79.
16. Fiser D. H. Intraosseous infusion / D. H. Fiser // N. Engl. J. Med. – 1990. – Vol. 322. – P. 1579-1581.
17. Frascone R. J. Consecutive field trials using two different intraosseous devices / R. J. Frascone, J. P. Jensen, K. Kaye [et al.] // Prehosp. Emerg. Care. – 2007. – Vol. 11. – P. 164-171.
18. Gazin N. Efficacy and safety of the EZ-IO™ intraosseous device: out-of-hospital implementation of a management algorithm for difficult vascular access / N. Gazin, H. Auger, P. Jabre [et al.] // Resuscitation. – 2011. – Vol. 82. – P. 126-129.
19. Gerritse B. M. Prehospital intraosseous access with the bone injection gun by a helicopter-transported emergency medical team / B. M. Gerritse, G. J. Scheffer, J. M. Draaisma // J. Trauma. – 2009. – Vol. 66. – P. 1739-1741.
20. Glaeser P. W. Emergency intraosseous infusions in children / P. W. Glaeser, J. D. Losek // Am. J. Emerg. Med. – 1986. – Vol. 4. – P. 34-36.
21. Grisham J. Bone marrow aspirate as an accessible and reliable source for critical laboratory studies / J. Grisham, C. Hastings // Ann. Emerg. Med. – 1991. – Vol. 20. – P. 1121-1124.
22. Hartholt K. A. Intraosseous devices: a randomized controlled trial comparing three intraosseous devices / K. A. Hartholt, E. M. van Lieshout, W. C. Thies [et al.] // Prehosp. Emerg. Care. – 2010. – Vol. 14. – P. 6-13.
23. Hodge D. 3rd. Intraosseous infusions: a review / D. 3rd. Hodge // Pediatr. Emerg. Care. – 1985. – Vol. 1. – P. 215-218.
24. Horton M. A. Powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for pediatric emergency patients / M. A. Horton, C. Beamer // Pediatr. Emerg. Care. – 2008. – Vol. 24. – P. 347-350.
25. Johnson L. Use of intraosseous blood to assess blood chemistries and hemoglobin during cardiopulmonary resuscitation with drug infusions / L. Johnson, N. Kissoon, M. Fiallos [et al.] // Crit. Care Med. – 1999. – Vol. 27. – P. 1147-1152.
26. Katan B. S. Intraosseous infusion of muscle relaxants / B. S. Katan, J. S. Olshaker, S. E. Dickerson // Am. J. Emerg. Med. – 1988. – Vol. 6. – P. 353-354.
27. La Fleche F. R. Iatrogenic bilateral tibial fractures after intraosseous infusion attempts in a 3-month-old infant / F. R. La Fleche, M. J. Slepik, J. Vargas [et al.] // Ann. Emerg. Med. – 1989. – Vol. 18. – P. 1099.
28. Leidel B. A. Comparison of two intraosseous access devices in adult patients under resuscitation in the emergency department: A prospective, randomized study / B. A. Leidel, C. Kirchhoff, V. Braunstein [et al.] // Resuscitation. – 2010. – Vol. 81. – P. 994-999.
29. Leidel B. A. 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 / B. A. Leidel, C. Kirchhoff, V. Bogner [et al.] // Patient Saf. Surg. – 2009. – Vol. 3. – P. 24.
30. Lillis K. A. Prehospital intravenous access in children / K. A. Lillis, D. M. Jaffe // Ann. Emerg. Med. – 1992. – Vol. 21. – P. 1430-1434.
31. Luck R. P. Intraosseous access / R. P. Luck, C. Haines, C. C. Mull // J. Emerg. Med. – 2010. – Vol. 39. – P. 468-475.
32. Macnab A. A new system for sternal intraosseous infusion in adults / A. Macnab, J. Christenson, J. Findlay [et al.] // Prehosp. Emerg. Care. – 2000. – Vol. 4. – P. 173-177.
33. McCarthy G. Successful intraosseous infusion in the critically ill patient does not require a medullary cavity / G. McCarthy, C. O'Donnell, M. O'Brien // Resuscitation. – 2003. – Vol. 56. – P. 183-186.

34. Miller L. J. Intraosseous vascular access. State of the art. Режим доступу: <http://acls.mshpreps.com/EZ-IO/Supplement%20Materials/Intraosseous%20Vascular%20Access.pdf>
35. Miller L. Rescue access made easy / L. Miller, G. C. Kramer, S. Bolleter // JEMS. – 2005. – Vol. 30. – Suppl. 8-18.
36. Molin R. Current use of intraosseous infusion in Danish emergency departments: a cross-sectional study / R. Molin, P. Hallas, M. Brabrand [et al.] // Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med. – 2010. – Vol. 18. – P. 37.
37. Neufeld J. D. Comparison of intraosseous, central, and peripheral routes of crystalloid infusion for resuscitation of hemorrhagic shock in a swine model / J. D. Neufeld, J. A. Marx, E. E. Moore [et al.] // J. Trauma. – 1993. – Vol. 34. – P. 422-428.
38. Ngo A. S. Intraosseous vascular access in adults using the EZ-IO in an emergency department / A. S. Ngo, J. J. Oh, Y. Chen [et al.] // Int. J. Emerg. Med. – 2009. – Vol. 2. – P. 155-160.
39. Orlowski J. P. Comparison study of intraosseous, central intravenous, and peripheral intravenous infusions of emergency drugs / J. P. Orlowski, D. T. Porembka, J. M. Gallagher [et al.] // Am. J. Dis. Child. – 1990. – Vol. 144. – P. 112-117.
40. Orlowski J. P. Emergency alternatives to intravenous access. Intraosseous, intratracheal, sublingual, and other-site drug administration / J. P. Orlowski // Pediatr. Clin. North. Am. – 1994. – Vol. 41. – P. 1183-1199.
41. Orlowski J. P. My kingdom for an intravenous line / J. P. Orlowski // Am. J. Dis. Child. – 1984. – Vol. 138. – P. 803-806.
42. Orlowski J. P. The safety of intraosseous infusions: risks of fat and bone marrow emboli to the lungs / J. P. Orlowski, C. J. Julius, R. E. Petras [et al.] // Ann. Emerg. Med. – 1989. – Vol. 18. – P. 1062-1067.
43. Papper E. M. The bone marrow route for injecting fluids and drugs into the general circulation / Anesthesiology. – 1942 – Vol. 3. – P. 307-313.
44. Rosetti V. A. Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access / V. A. Rosetti, B. M. Thompson, J. Miller [et al.] // Ann. Emerg. Med. – 1985. – Vol. 14. – P. 885-888.
45. Schalk R. Efficacy of the EZ-IO needle driver for out-of-hospital intraosseous access – a preliminary, observational, multicenter study / R. Schalk, U. Schweigkofler, G. Lotz [et al.] // Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med. – 2011. – Vol. 19. – P. 65.
46. Schwartz D. The use of a powered device for intraosseous drug and fluid administration in a national EMS: a 4-year experience / D. Schwartz, L. Amir, R. Dichter [et al.] // J. Trauma. – 2008. – Vol. 64. – P. 650-654.
47. Spivey W. H. Comparison of intraosseous, central, and peripheral routes of sodium bicarbonate administration during CPR in pigs / W. H. Spivey, C. M. Lathers, D. R. Malone [et al.] // Ann. Emerg. Med. – 1985. – Vol. 14. – P. 1135-1140.
48. Sunde G. A. Emergency intraosseous access in a helicopter emergency medical service: a retrospective study / G. A. Sunde, B. E. Heradstveit, B. H. Vikenes [et al.] // Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med. – 2010. – Vol. 18. – P. 52.
49. Taylor C. C. Amputation and intraosseous access in infants / C. C. Taylor, N. M. Clarke // BMJ. – 2011. – Vol. 342. – P. d2778.
50. Tobias J. D. Intraosseous infusions: a review for the anesthesiologist with a focus on pediatric use / J. D. Tobias, A. K. Ross // Anesth. Analg. – 2010. – Vol. 110. – P. 391-401.
51. Tocantins L. M. Complications of Intra-Osseous Therapy / L. M. Tocantins, J. F. O'Neill // Ann. Surg. – 1945. – Vol. 122. – P. 266-277.
52. Tocantins L. M. Infusion of blood and other fluids into the general circulation via the bone marrow / L. M. Tocantins, J. F. O'Neill // Surg. Gynecol. Obstet. – 1941. – Vol. 73. – P. 281-287.
53. Tocantins L. M. Infusions of blood and other fluids via the bone marrow in traumatic shock and other forms of peripheral circulatory failure / L. M. Tocantins, J. F. O'Neill, A. H. Price // Ann. Surg. – 1941. – Vol. 114. – P. 1085-1092.
54. Tocantins L. M. Infusions of blood and other fluids via the bone marrow: Application in pediatrics. / L. M. Tocantins, J. F. O'Neill, H. W. Jones // JAMA. – 1941. – Vol. 117. – P. 1229-1234.
55. Ummenhofer W. Are laboratory values in bone marrow aspirate predictable for venous blood in paediatric patients? / W. Ummenhofer, F. J. Frei, A. Urwyler [et al.] // Resuscitation. – 1994. – Vol. 27. P. 123-128.
56. Наказ МОЗ України від 15. 02. 2007 р. № 15 «Про державну реєстрацію медичних виробів».

УДК 616. 12+616. 24]-008-039. 882-083. 98-08

ВНУТРІШНЬОКІСТКОВА ІНФУЗІЯ: ПОКАЗАННЯ, ПРОТИПОКАЗАННЯ, МЕТОДИ, ПРИСТРОЇ **Федосюк Р. М.**

Резюме. Внутрішньокісткова інфузія як окремий метод судинного доступу була вперше описана у 1922 році в США (С. К. Drinker, Гарвардський університет). Вона широко використовувалася для ресусcitaції поранених під час Другої світової війни, але втратила свою привабливість у післявоєнних роках, коли проблема судинного доступу була вирішена через винайдення та запровадження у широку клінічну практику внутрішньовенних пластикових катетерів одноразового використання. Закордонні публікації останніх двох десятиріч свідчать про відродження інтересу до внутрішньокісткової інфузії та розширення практики її використання у дітей та дорослих як на догоспітальному, так і на ранньому госпітальному етапах. Три групи пристроїв для внутрішньокісткового доступу (мануальні, пружинно-ударні та акумуляторно-дрилеві) запроваджені в розвинених країнах у практику служб невідкладної медичної допомоги.

Ключові слова: внутрішньокісткова інфузія, судинний доступ, FAST1, B. I. G., EZ-IO.

УДК 616. 12+616. 24]-008-039. 882-083. 98-08

ВНУТРИКОСТНАЯ ИНФУЗИЯ: ПОКАЗАНИЯ, ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ, МЕТОДЫ, УСТРОЙСТВА

Федосюк Р. Н.

Резюме. Внутрикостная инфузия как отдельный метод сосудистого доступа была впервые описана в 1922 году в США (С. К. Drinker, Гарвардский университет). Она широко использовалась для реанимации раненых во время Второй мировой войны, но утратила свою привлекательность в послевоенные годы, когда проблема сосудистого доступа была решена через изобретение и внедрение в широкую клиническую практику внутривенных пластиковых катетеров одноразового использования. Зарубежные публикации последних двух десятилетий свидетельствуют о возрождении интереса к внутрикостной инфузии и расширении практики её использования у детей и взрослых как на догоспитальном, так и на раннем госпитальном этапах. Три группы устройств для внутрикостного доступа (мануальные, пружинно-ударные и аккумуляторно-дрелевые) внедрены в развитых странах в практику служб неотложной медицинской практики.

Ключевые слова: внутрикостная инфузия, сосудистый доступ, FAST1, B. I. G., EZ-IO.

UDC 616. 12+616. 24]-008-039. 882-083. 98-08

Intraosseus Infusion: Indications, Contraindications, Methods, Devices

Fedosiuk R. N.

Summary. Intraosseus infusion as a separate method for establishing vascular access was first described in 1922 in USA (C. K. Drinker, Harvard University). It was widely used for resuscitation of the wounded during the World War II but lost its appeal in postwar years after the problem of vascular access was solved by inventing and introducing into vast clinical practice the disposable intravenous catheters made of plastic. Foreign publications of the last two decades indicate the revival of interest in the intraosseus infusion and expansion of the practice of its utilization both in children and adults at the pre-hospital as well as early hospital stages of care. Three groups of devices for intraosseus infusion (manual, impact-driven and battery-powered) have been adopted by the emergency medical services in developed countries.

Key words: intraosseus infusion, vascular access, FAST1, B. I. G., EZ-IO.

Стаття надійшла 1. 02. 2013 р.

Рецензент – проф. Малик С. В.