

УДК 616.94-053.2/.5-008-07-08-037.72

І. М. ЯЧНИК<sup>1,3</sup>, Н. П. КАРПЕНКО<sup>3</sup>, О. В. МЕТЛЕНКО<sup>2,3</sup>, Р. В. РЕГОТУН<sup>3</sup>, Є. Л. МАРКІН<sup>3</sup><sup>1</sup>Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, Київ, Україна<sup>2</sup>Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, Київ, Україна<sup>3</sup>Національна дитяча спеціалізована лікарня «ОХМАТДИТ», Київ, Україна/

## Інтраопераційна інфузійна підтримка в хірургії та інтенсивній терапії

### Резюме

У статті проаналізовано принципи інтраопераційної інфузійної терапії та патофізіології водно-електролітних порушень у дітей. Інфузійної терапії особливо потребують пацієнти в критичному стані. Наведено правила розрахунку об'єму інфузійної терапії під час оперативного втручання та відображені ліберальна та рестриктивна стратегії інфузії, на результатах численних досліджень продемонстровані негативні наслідки гіперволемії та інфузії гіпоосмолярних розчинів.

Висвітлено історично-практичний аспект інтраопераційної інфузійної терапії для запобігання зневодненню та проявам шоку.

**Ключові слова:** інфузійна терапія, метаболізм, діти

Анестезіологічне забезпечення хірургічних втручань є основним елементом терапії пацієнта, який потребує хірургічного лікування, при цьому воно має не тільки включати знеболювання, а й забезпечити адекватний захист від хірургічної агресії на фоні повного управління всіма життєво важливими функціями організму.

Ще в 1824 році, задовго до проведення першого інгаляційного наркозу, Генрі Хілл Хікмен запропонував спосіб призупинення життя під час хірургічних втручань, який базувався на гіпнозі і знеболюванні, що дозволяло захистити життєво важливі функції організму пацієнта від хірургічної агресії. Цей підхід можна вважати прототипом сучасної концепції загальної анестезії.

Основним елементом підтримання життєво важливих функцій під час хірургічного втручання є управління водно-електролітним балансом, а також кислотно-основним станом пацієнта, що досягається шляхом проведення цілеспрямованої інфузійної терапії.

Не дивлячись на багаторічну історію застосування розчинів для внутрішньовенного введення в клінічній практиці, проблема адекватності і ефективності інфузійної терапії в інтраопераційному періоді у дітей залишається достатньо актуальною і на теперішній час, що обумовлено як анатомо-фізіологічними особливостями дитячого організму, так і особливостями хірургічного втручання.

Традиційно об'єм інфузійної терапії в інтраопераційному періоді складався із фізіологічної потреби в рідині, корекції дефіциту

рідини і відновлення поточних патологічних втрат, оцінених у режимі реального часу, тому зупинимось саме на цих трьох складових інфузійної програми інтраопераційного періоду.

Для орієнтовного розрахунку фізіологічної потреби в рідині було запропоновано ряд методів, які представлені в таблиці 1.

Протягом багатьох років під фізіологічною потребою в рідині розуміли кількість води, необхідну для підтримання основного обміну речовин у здорової людини.

За умови тривалого захворювання говорити про фізіологічну потребу не зовсім правильно, оскільки хвороба і стрес суттєво впливають на метаболізм і навряд чи дотація рідини в об'ємі, необхідному для здорової людини, повною мірою полегшить основний об'єм тяжкохворого пацієнта, який потребує додаткового введення рідини і енергетичних субстратів. Втім, ми будемо використовувати цей термін, не відходячи від традицій.

Найширше в світовій практиці використовується формула Холлідея і Сегара, яка була запропонована в 1957 році (табл. 2), однак вона має суттєві недоліки, які можуть стати причиною розвитку тяжких ускладнень і летального наслідку. Автори виходили із принципу, що для метаболізму 1 ккал енергії необхідний 1 мілілітр води, виходячи з того, що основний метаболізм у дитини в критичному стані складає 100–120 ккал/кг/добу.

Але в подальшому було виявлено, що рівень основного метаболізму у дитини в критичному стані складає не 100–120 ккал/кг, а всього лише 50–60 ккал/кг/добу, що і стало причиною перегляду

**Таблиця 1.** Методики розрахунку фізіологічної потреби в рідині у дітей

| Рік  | Методика                                                            | Автор                               |
|------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1950 | На основі розрахунку втрати енергії за допомогою таблиць і номограм | Darrow D. C., Pratt E. L.           |
| 1950 | На основі розрахунку площі поверхні тіла                            | Crawford D. J., Terry M., Roubke G. |
| 1953 | На основі віку                                                      | Wallace W. M.                       |
| 1957 | На основі ваги                                                      | Holliday M. A., Segar W. E.         |

**Таблиця 2.** Розрахунок потреби в рідині у дітей (Holliday M. A., Segar W. E., 1957)

| Вага, кг | Кількість рідини за добу                                             | Об'єм на добу, мл            |
|----------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 3–10     | 4 мл/кг/г                                                            | 1000                         |
| 10–20    | $4 \text{ мл/г} + 2 \text{ мл/кг/г} \times (\text{вага тіла} - 10)$  | 1000+50 мл на кожен 1 кг >10 |
| >20      | $60 \text{ мл/г} + 1 \text{ мл/кг/г} \times (\text{вага тіла} - 10)$ | 1500+20 мл на кожен 1 кг >10 |

принципів розрахунку інфузійної програми, так як об'єм введеної рідини майже в 2 рази перевищував реальні потреби дитини.

На кожні 100 мл введеної рідини М. А. Holliday, W. E. Segar (1957) рекомендували вводити 3 мЕкв натрію, 4 мЕкв хлору і 2 мЕкв калію, що було реалізовано у вигляді утворення 4 % розчину декстрази у поєднанні з 0,18 % розчином хлориду натрію.

Проте виявилось, що дотація натрію в об'ємі 3 мЕкв/100 мл на фоні надлишкового введення рідини не забезпечує фізіологічних потреб організму, сприяє гіпонатріємії і зниженню осмолярності плазми на фоні значної гемодилуції, що супроводжується високим ризиком розвитку набряку мозку. Це особливо небезпечно у дітей в критичному стані та в інтраопераційному періоді, коли втрати натрію значно збільшуються.

Саме тому протягом багатьох років створювали інші варіанти розрахунку потреби дитини у рідині, серед яких найпопулярнішою є формула, яка була запропонована вчителем Холлідєя і Сегара, профессором Валлачі:

$$\text{Об'єм рідини на добу (мл/добу)} = 100 - 3 \times \text{Вік дитини (роки)} \times \text{Вага (кг)}.$$

Ця формула призначена для використання у дітей старше року, коли фізіологічна потреба в рідині перевищує 1000 мл/добу. Крім того, також використовується номограма, яка базується на розрахунку площі поверхні тіла.

Застосування номограми, яка ґрунтується на площі поверхні тіла дитини, дозволяє точніше оцінити потребу пацієнта в рідині, але потребує проведення відповідних розрахунків, які базуються на вимірюванні ваги тіла і зростових показників, що не завжди можливо у пацієнта, який перебуває в критичному стані або потребує екстреного хірургічного втручання. Використання даного методу оцінки більше виправдано у тяжкохворих, які хворіють тривалий час, страждають на онкологічні захворювання і потребують планових хірургічних втручань.

Слід підкреслити, що при розрахунку фізіологічної потреби в рідині необхідно враховувати не тільки реальні потреби організму конкретного пацієнта на даний час, а й максимальну толерантність до водного навантаження, яка у дорослих пацієнтів відома (табл. 3).

**Таблиця 3.** Мінімальна фізіологічна потреба і максимальна толерантність до рідини і електролітів у дорослих пацієнтів (Хартіг В., 1982)

| Речовина     | Середня потреба (м <sup>2</sup> /24 г) | Мінімальна фізіологічна потреба (м <sup>2</sup> /24 г) | Максимальна толерантність (м <sup>2</sup> /24 г) |
|--------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Вода, мл     | 1500                                   | 700                                                    | 2700                                             |
| Натрій, мЕкв | 50–70                                  | 10                                                     | 250                                              |
| Калій, мЕкв  | 50–70                                  | 10                                                     | 150                                              |

На жаль, визначити мінімальну фізіологічну потребу і максимальну толерантність до рідини і електролітів у дітей практично неможливо в силу лабільності водно-електролітного гомеостазу і суттєвого впливу факторів зовнішнього середовища на водний баланс організму.

Проте слід пам'ятати, що як гіповолемія, так і гіперволемія в інтраопераційному періоді може стати причиною не тільки значних водно-електролітних порушень, а й порушень кисневого статусу організму дитини в цілому, тому потрібна дотація рідини в об'ємі фізіологічної потреби, який має бути дійсно фізіологічним.

Другим компонентом інфузійної програми в інтраопераційному періоді є відновлення першочергового дефіциту рідини і «гострих» патологічних втрат, до яких можуть бути віднесені передопераційне голодування, шок, крововтрата, дегідратація та інше.

Дефіцит рідини, що виникає в результаті передопераційного голодування, розраховується шляхом множення погодинної потреби в рідині на кількість годин з моменту останнього прийому їжі, і відновлюється упродовж перших 2, максимум – 3 годин оперативного втручання.

При відновленні «гострих» патологічних втрат оцінюють ступінь дегідратації і дефіцит рідини, які визначають на основі клініко-лабораторного обстеження пацієнта (табл. 4).

Після оцінки ступеня дегідратації розраховують дефіцит рідини за допомогою формули:

$$\text{Дефіцит рідини (мл)} = \text{вага (кг)} \times \% \text{ дегідратації} \times 10.$$

Як правило, при значному першочерговому дефіциті рідини поповнення його протягом інтраопераційного періоду не тільки неможливе, а й не має практичного значення, враховуючи високий ризик розвитку різних ускладнень, тому він поповнюється протягом

**Таблиця 4.** Оцінка ступеня дегідратації

| Ознаки                                  | Ступінь дегідратації |                                |                                           |
|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|
|                                         | легкий               | середній                       | тяжкий                                    |
| Дефіцит маси тіла, %                    | 3–5                  | 6–10                           | 11–15                                     |
| Дефіцит рідини, мл/кг                   | 30–0                 | 60–100                         | 100–150                                   |
| Поведінка                               | Нормальна            | Підвищена збудливість          | Від підвищеної збудливості до сомноленції |
| Тургор тканин                           | Нормальний           | Знижений                       | Значно знижений                           |
| Колір шкіри                             | Бліда                | Сірувата                       | Мрамуровість, сірий колір                 |
| Вологість слизових оболонок             | Вологі               | Сухі                           | Дуже сухі                                 |
| Тонус очних яблук                       | Нормальний           | Знижений                       | Різко знижений                            |
| Пульс                                   | Нормокардія          | Тахікардія                     | Виразена тахікардія                       |
| Час наповнення капілярів, с             | 2–3                  | 3–4                            | >4                                        |
| Артеріальний тиск                       | Нормальний           | Характерні поступальні реакції | Гіпотензія                                |
| Наявність пітливості в пахвовій ділянці | Є                    | Немає                          | Немає                                     |
| Діурез                                  | Знижений             | Олігурія                       | Анурія                                    |

24, а іноді 48 годин післяопераційного періоду (гіпер- або гіпоосмолярна дегідратація).

При розрахунку об'єму рідини, необхідного для поповнення теперішніх патологічних втрат, необхідно враховувати втрати через шлункові зонди, торакальні дренажі, втрати, обумовлені тяжкістю хірургічної травми та інші втрати, які можна виміряти в режимі реального часу.

Основні принципи керування відновленням наявних патологічних втрат наведено в таблиці 5.

**Таблиця 5.** Принципи періопераційної дотації рідини у дітей залежно від віку і тяжкості травм тканин (Murat I., Duboris M., 2008)

| Час             | Об'єм інфузії                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Перша година    | Вік < 3 років – 25 мл/кг<br>Вік > 3 років – 15 мл/кг                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Наступні години | Об'єм інфузії дорівнює фізіологічній потребі (ФП) + корекція залежно від ступеня травматизації тканин<br>Базова фізіологічна потреба = 4 мл/кг/г<br>Фізіологічна потреба + легка травма = 6 мл/кг/г<br>Фізіологічна потреба + середньої тяжкості травма = 8 мл/кг/г<br>Фізіологічна потреба + тяжка травма = 10 мл/кг/г |

З приводу корекції дефіциту рідини внаслідок наявних патологічних втрат, чи втрат, що тривають, слід відмітити, що поповнення втрат рідини з урахуванням її переміщення в третій простір на сьогодні не виправдане, оскільки в реальності наявність третього простору не підтверджена.

А саме, в роботі D. Charpell і співавт. (2008) було доведено, що дотація рідини у дорослих пацієнтів з урахуванням третього простору призводить до позитивного гідробалансу і збільшення ваги до 10 кг.

Це може бути причиною пошкодження глікокаліксу (розгалужених ланцюгів полісахаридів на поверхні ендотеліоцитів), який відіграє провідну роль у переміщенні рідини по водних секторах організму і розвитку тяжких ускладнень.

Пошкодження глікокаліксу є однією із основних причин відсутності ефекту від проведеної інфузійної терапії, оскільки в останні роки було доведено, що гіпотетичні сили Старлінга, які, як припускали, забезпечували фільтрацію і реобсорбцію рідини на різних кінцях капіляра, в реальності відсутні.

В той же час саме функціональний стан глікокаліксу визначає градієнт тиску, забезпечуючи переміщення рідини в інтерстиційному просторі.

На сьогодні існує ряд робіт, в яких доведено, що надлишкове введення рідини в інтраопераційному періоді призводить до пошкодження глікокаліксу, порушення гідробалансу і розвитку тяжких ускладнень, у тому числі й розладу кисневого статусу.

Виявлено, що перенавантаження рідиною більше ніж на 15 % призводить до виражених порушень кисневого статусу і супроводжується збільшенням тривалості штучної вентиляції легень, тривалості перебування у відділенні інтенсивної терапії і в стаціонарі, що має суттєвий негативний вплив на показники летальності пацієнтів педіатричних відділень інтенсивної терапії.

Тому в останні роки в педіатричній анестезіології все більше набирає вагу рестриктивна стратегія інфузійної терапії, яка має

на меті лише дотацію рідини в об'ємі фізіологічної потреби з корекцією першочергового дефіциту рідини і корекцією поточних патологічних втрат, без дотації об'єму рідини з урахуванням її секвестрації в третій простір.

Отже, при проведенні інфузійної терапії в інтраопераційному періоді вкрай важливо знати ту тонку грань балансу, коли корегована гіповолемія, серцевий викид відповідає референтним значенням і відсутній ризик розвитку ускладнень на фоні надлишкового введення рідини.

Саме такий підхід справедливо називають цілеспрямованою інфузійною терапією, основною задачею якої є підтримання максимального серцевого викиду і профілактика ускладнень.

Іншим вкрай важливим аспектом інфузійної терапії в інтраопераційному періоді є вибір оптимальних розчинів для її проведення, оскільки саме фізико-хімічні властивості лікарських засобів для інфузії визначають клінічний ефект проведеної терапії.

Однією з причин відмови від формули розрахунку потреби в рідині за Холлідеем і Сегаром стало те, що введення надлишкового об'єму інфузії на фоні недостатнього надходження натрію призводило до розвитку гіпоосмолярної гіпергідратації і набряку головного мозку і лежало в основі летальних наслідків. Слід зазначити, що з необхідністю перегляду принципів розрахунку згоден і сам М. А. Holliday, що знайшло відображення в його роботі 2007 року.

Сьогодні вважають, що базова інфузійна терапія в інтраопераційному періоді повинна забезпечувати підтримку гідробалансу з урахуванням перспірації і діурезу, при цьому необхідно використовувати збалансовані полііонні електролітні кристалоїдні і, за необхідності, колоїдні розчини.

Застосування розчинів глюкози в інтраопераційному періоді показано тільки у новонароджених і пацієнтів з порушенням вуглеводного обміну. Показання до введення розчинів глюкози в інтраопераційному періоді:

1. Новонароджені і діти першого року життя;
2. Змарнілі пацієнти з хронічними захворюваннями;
3. Пацієнти, які отримують парентеральне харчування;
4. Діти, народжені від матері з цукровим діабетом;
5. Діти з синдромом Беквіта – Відемана;
6. Незідіобластоз (неонатальний гіпоглікемічний синдром, гіперінсулінізм, гіпоглікемія новонароджених, уроджений гіперінсулінізм).

Такий вузький спектр показань до введення глюкози в інтраопераційному періоді обумовлений рядом негативних ефектів, які можуть виникати на фоні введення даного розчину, до яких належать інтраопераційна гіперглікемія, гіперосмолярність, ризик гіпоксично-ішемічного пошкодження центральної нервової системи і погіршення неврологічних наслідків.

Оптимальна швидкість введення глюкози у дітей складає 2–3 мг/кг/хв, при цьому вона не повинна перевищувати 0,5 г/кг/г, що складає для 5 % розчину близько 10 мл/хв.

У роботі A. W. Loeperke і J. P. Spaeth (2004) було продемонстровано, що ризик розвитку гіпоглікемії в періопераційному періоді невеликий у здорових малюків і дітей (від 1 до 2 %), не дивлячись на тривалі періоди голодування, що свідчить на користь відмови від використання розчинів глюкози в інтраопераційному періоді.

В якості джерела енергії традиційно використовують концентровані розчини глюкози, які, окрім позитивних якостей, мають і негативний вплив. Недостатній викид ендогенного інсуліну внаслідок зниженої функції інсулінового апарату і розвиток резистентності до екзогенного інсуліну (особливо при тяжкій опіковій травмі) може потребувати збільшення доз введенного інсуліну. Часто виникає гіперглікемія (як відповідь на операційний стрес), і глюкоза, яка не вступила в метаболічний цикл, виділяється з сечею. Синтезована в печінці глюкоза досягає запального м'язу (перевантаження, опік) перетворюється на лактат, який, в свою чергу, транспортується в печінку, де знову синтезується в глюкозу (цикл Корі). Цей біохімічний каскад, що має назву «аутоканібалізм», ставить під сумнів використання в гострому періоді (особливо опікової хвороби) концентрованих розчинів глюкози. Як альтернатива можливе використання збалансованих препаратів на основі фруктози в гострому періоді, особливо при опіковій хворобі.

Фруктоза – це моносахарид, ізомер глюкози. Метаболізм фруктози в організмі відрізняється від метаболізму глюкози, що і обумовлює її дію на організм і можливості застосування в інтенсивній терапії, хірургії, у пацієнтів із соматичним профілем захворювань. Фруктоза всмоктується із кишечника переважно шляхом пасивної дифузії, що займає достатньо тривалий час. Метаболізм її, навпаки, відбувається швидко, більша частина фруктози метаболізується в печінці, крім того, в процесі метаболізму фруктози беруть участь нирки і стінка кишечника. Цей процес не регулюється інсуліном і тому фруктозу можна розглядати для застосування у хворих на цукровий діабет.

Під час проведення великої кількості досліджень була доведена здатність фруктози прискорювати метаболізм алкоголю в організмі. Цю властивість активно застосовують у лікуванні алкогольних отруєнь і похмільного синдрому. В дослідженні також відмічають позитивний вплив фруктози при тривалому напруженні, підвищених фізичних та інтелектуальних навантаженнях (в тому числі реабілітація нутритивної недостатності у пацієнтів інтенсивної терапії та хірургії). Після прийому фруктози не відбуваються різкий стрибок рівня цукру в крові і наступний різкий спад, рівень цукру підвищується рівномірно і поступово. Відповідно, концентрація глікогену в крові, навіть після одноразового прийому, тривалий час перебуває на рівні, здатному підтримувати енергетичний баланс.

Також відмічається позитивний ефект від заміни в раціоні сахарози на фруктозу, а саме зниження ураження зубів карієсом і зменшення інтенсивності утворення нашарування на зубах. Фруктоза солодша за сахарозу в півтора рази, не має зайвих присмаків, може застосовуватись у раціоні хворих на цукровий діабет та при виготовленні дитячого харчування. Фруктоза має властивість підкреслювати аромати та утворювати нові ароматичні субстанції, має добру розчинність у воді, практично не має побічних дій.

Показання до застосування:

1. Корекція порушення вуглеводного обміну;
2. Застосування при активному м'язовому навантаженні у спортсменів, враховуючи наявність властивостей до накопичення глікогену у м'язовій тканині;

3. Застосування при невражливому блюванні вагітних (проводились дослідження);

4. Заміна сахарози на фруктозу має перевагу при надмірній вазі, ожирінні, швидкій втомлюваності;

5. Застосування при метаболічних нервових вроджених порушеннях;

6. Для полегшення роботи підшлункової залози, нормалізації її здатності до утворення ферментів;

7. Інсулінозалежний та інсулінонезалежний цукровий діабет;

8. Дієтичне харчування;

9. Ушкодження печінки різного ґенезу;

10. Підвищення внутрішньочерепного тиску;

11. Глаукома;

12. Гостре алкогольне сп'яніння;

13. Дефіцит глюкози в перед- та післяопераційному періоді;

14. Альтернатива застосуванню глюкози як енергетичного ресурсу при опіковій хворобі.

Фруктозу застосовують перорально в якості заміни сахарози при інтелектуальному і фізичному навантаженні в комплексі із вітамінами. Внутрішньовенно крапельно дорослим вводять із максимальною швидкістю 100 крапель за хвилину для 5 % розчину і 40 крапель за хвилину для 10 % розчину, дітям – 0,25 г/кг/добу.

Можливі побічні дії, особливо при внутрішньовенному введенні:

1. Тромбофлебіт (частіше трапляється при швидкому введенні);
2. Алергічні реакції (шкірний свербіж, кропив'янка, гіперемія верхньої частини тулуба та обличчя).

Протипоказання:

1. Підвищена індивідуальна чутливість;
2. Отруєння метиловим спиртом;
3. Лактацидоз;
4. Тяжка серцева недостатність із застійними явищами;
5. Олігурія;
6. Анурія;
7. Набряк легень;
8. Декомпенсований цукровий діабет;
9. Дефіцит фруктозо-1-фосфаталядолази;
10. Дефіцит фруктокінази;
11. Дефіцит фруктозо-1,6-біфосфатази.

Передозування проявляється гіперемією верхньої частини тулуба, підвищеною пітливістю, болем у ділянці епігастрію, лактацидозом.

Також в інфузійній терапії дуже важливо пам'ятати про лактат (молочна кислота, Lactate) – продукт анаеробного метаболізму глюкози (гліколізу), під час якого вона утворюється із пірувату під дією лактатдегідрогенази. При достатньому поступленні кисню піруват метаболізується в мітохондріях до води та вуглекислоти. В анаеробних умовах, при недостатньому поступленні кисню, піруват перетворюється на лактат. Основна кількість молочної кислоти поступає в кров із скелетних м'язів, мозку і еритроцитів.

Кліренс лактату (майже зникнення його із крові) пов'язаний, головним чином, із метаболізмом його в печінці і нирках. Поглинання лактату печінкою є насичувальним процесом. Є поняття «лактат-

ного порогу», при досягненні якого плавне підвищення концентрації молочної кислоти при її підвищеній продукції переходить у рваний темп підйому.

Концентрація лактату при фізичному навантаженні корелює із розвитком втоми у здорової людини. При патології лактоацидоз (закислення крові внаслідок накопичення лактату) найчастіше трапляється при зменшенні доставки кисню до тканин (тип А), внаслідок зниження кровотоку (шок, сепсис) або зниження парціального тиску кисню (тяжке захворювання легень, затримка дихання). Рідше причиною лактоацидозу є метаболічні зсуви, які призводять до збільшення продукції лактату (тип В) – наприклад, підвищена м'язова активність (надмірне фізичне навантаження, епілептичний статус), пухлини (особливо лейкомії і лімфоми) або зміна метаболізму печінки (алкогольна інтоксикація).

Лактатний ацидоз – один із варіантів метаболічного ацидозу, який можна запідозрити при високій аніонній різниці (дефіциті) – різниця між концентрацією натрію і сумарною концентрацією хлориду і бікарбонатів  $> 18$  ммоль/л та за відсутності інших причин, таких як ниркова недостатність, прийом саліцилатів, отруєння метанолом, зловживання етанолом, значна кетонемія.

Лактат є метаболічним продуктом пропіленгліколю, який входить до складу розчинника для багатьох внутрішньовенних препаратів. У пацієнтів зі зниженою функцією нирок при подовжених інфузіях таких розчинів може накопичуватися підвищена кількість лактату.

Особливо хочемо зупинитись на застосуванні колоїдних розчинів у періопераційному періоді. На сьогодні припускають, що застосування колоїдних розчинів для проведення базової інфузійної терапії не виправдане, тому, згідно з даними різних досліджень, їх слід використовувати тільки для поповнення об'єму циркулюючої крові і корекції крововтрати. Оптимальними колоїдними розчинами для використання в педіатричній практиці є розчини гідроксиетилкрохмалів 130/0,4, ефективність і безпека застосування яких у дітей без захворювань печінки і нирок доведена в значній кількості робіт.

Важливою проблемою інфузійної терапії в інтраопераційному періоді є корекція дефіциту об'єму циркулюючої крові і гіпоксії на фоні кровотечі, що триває.

У педіатричній практиці з цією метою найширше використовують розчини желатину («Гелофузин» та інші) і низькомолекулярні гідроксиетилкрохмалі (130/0,4), хоча питання про вибір оптимального кровозамінника на фоні кровотечі, що триває, залишається відкритим.

Вважають, що одним із протипоказань для використання розчинів гідроксиетилкрохмалю під час кровотечі, що триває, є високий ризик розвитку коагулопатії, однак слід зазначити, що розчини желатину також здатні негативно впливати на гемостаз. Вони можуть порушувати полімеризацію фібрину і руйнувати сітку мономерів фібрину. Крім того, при використанні розчинів желатину відмічається зниження еластичності і ваги тромбу, що й дало поштовх для пошуку інших кровозамінників.

У дослідженні К. Р. Mulavisa і співавт. (2012) було продемонстровано, що низькомолекулярні розчини гідроксиетилкрохмалів (130/0,4) безпечні та ефективні для заміщення об'єму у кардіохірургічних пацієнтів дитячого віку.

Крім того, автори мета-аналізу D. O. Thomas – Rueddel і співавт. (2012) стверджують, що, не дивлячись на більш ніж 60-річний досвід клінічного застосування розчинів желатину, їх безпека та ефективність потребує підтвердження.

Отже, як свідчать дані літератури, з метою корекції гіповолемії на фоні тривалої кровотечі найкраще використовувати розчини низькомолекулярних гідроксиетилкрохмалів, оскільки вони мають мінімальний вплив на згортальну систему крові, порівняно з гідроксиетилкрохмалю з високою молекулярною масою.

В останні роки з'явилися роботи, які свідчать про ефективність використання синтетичних колоїдних розчинів, основною діючою речовиною яких є поліетиленгліколь, але на сьогодні існують лише поодинокі результати, що підтверджує необхідність подальших досліджень.

Є дослідження, в яких вивчалася ефективність використання розчинів на основі бурштинової кислоти – N-метиламонію натрію сукцинат. Бурштинова кислота – один із проміжних метаболітів, який утворюється при біохімічному перетворенні вуглеводів, білків і жирів. Її перетворення в циклі Кребса супроводжується продукуванням енергії, необхідної для забезпечення процесів життєдіяльності кожної клітини організму.

Застосування інфузійних розчинів на основі сукцинату натрію забезпечує достовірний церебропротективний ефект у новонароджених, які перенесли перинатальну гіпоксію, сприяє якісному перебігу реабілітації і післяопераційного періоду в розглянутій категорії пацієнтів, яким потрібне хірургічне втручання.

Необхідно зазначити, що за останні роки були отримані зовсім нові дані по особливості фізіології і патофізіології водно-сольового обміну в пацієнтів у критичному стані.

Це потребує радикального перегляду традиційних принципів інфузійної терапії в педіатрії і розробки чітких практичних рекомендацій для оцінки її ефективності.

## Висновки

1. Базова інфузійна терапія в інтраопераційному періоді повинна бути цілеспрямованою і забезпечувати дотацію рідини з урахуванням фізіологічної потреби, поточних патологічних втрат і дефіциту рідини.
2. Оптимальними розчинами для проведення базової інфузійної терапії в інтраопераційному періоді є збалансовані ізоосмолярні полііонні кристалоїдні розчини.
3. Колоїдні розчини в інтраопераційному періоді застосовують тільки для поповнення дефіциту об'єму циркулюючої крові і при кровотечі, що триває.
4. Розчини желатину не мають суттєвих переваг, порівняно з розчинами низькомолекулярних гідроксиетилкрохмалів, оскільки не мають суттєвого позитивного впливу на гемостаз і можуть стати причиною розвитку коагулопатії.
5. Застосування розчинів інфузійних антигіпоксантів на основі бурштинової кислоти виправдане при високому ризику розвитку гіпоксії і реперфузійних парадоксів.

**Додаткова інформація.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

## Список використаної літератури

1. Інтенсивна терапія в педіатрії / Г. І. Белебезьєв, А. В. Біляєв, М. Б. Дмитрієва [та ін.]. – К., 2008. – С. 386–404.
2. A rational approach to perioperative fluid management / D. Chappell, M. Jacob, K. Hofmann – Kiefer [et al.] // *Anesthesiology*. – 2008. – Vol. 109, No. 4. – P. 723–740.
3. Arieff A. I. Hyponatraemia and death or permanent brain damage in healthy children / A. I. Arieff, J. C. Ayus, C. I. Fraser // *BMJ*. – 1992. – Vol. 9, No. 304. – P. 1218–222.
4. Balanced crystalloids versus saline in non – critically ill adults / W. H. Self [et al.] // *N. Eng. J. Med.* – 2018. – Vol. 378. – P. 819–828.
5. Balanced crystalloids versus saline in critically ill adults / M. W. Semler [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2018. – Vol. 378. – P. 829–839.
6. Dufour D. Clinical use of laboratory data: a practical guide/ D. Dufour. – Williams & Wilkins, 1998. – 606 p.
7. Meshko D. Differential diagnosis by laboratory medicine / D. Meshko – Ed. Springer, 2002. – P. 224–225.
8. Adolph M. Fructose vs glucose in total parenteral nutrition in critically ill patients / M. Adolph, A. Eckart, J. Eckart // *Anaesthesist*. – 1995. – Vol. 44 (11). – P. 770–781.
9. Опыт использования Гликостера Ф 10 как компонента инфузионно – трансфузионной терапии с тяжелой термической травмой / Е. Ю. Сорокина, Е. Н. Клигуненко, В. В. Спинченков [и др.] // *Біль, знеболення і інтенсивна терапія*. – 2006. – № 1. – С. 93–95.

## Summary

### Intraoperative infusion support in surgery and intensive care

I. M. Yachnyk<sup>1,3</sup>, N. P. Karpenko<sup>3</sup>, O. V. Metlenko<sup>2,3</sup>, R. V. Regotun<sup>3</sup>, E. L. Markin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>P. L. Shupyk National University of Health Care of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>National Children's Specialized Hospital «OKHMATDYT», Kyiv, Ukraine

The article analyzes the principles of intraoperative infusion therapy and the pathophysiology of water-electrolyte disorders in children. Patients in critical condition especially need infusion therapy. The rules for calculating the volume of infusion therapy during surgery are given and the liberal and restrictive strategies of infusion are reflected, the negative consequences of hypervolemia and infusion of hypoosmolar solutions are demonstrated based on the results of numerous studies.

The historical and practical aspect of intraoperative infusion therapy to prevent dehydration and shock manifestations is highlighted.

**Key words:** infusion therapy, metabolism, children