

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АПАРАТУ ДЛЯ ГЕМОДІАЛІЗУ

На сьогодні у світі відсутні принципово нові досягнення щодо попередження розвитку хронічних ниркових захворювань або альтернативних методів ниркової замісної терапії. Гемодіаліз залишається одним із найбільш популярних та поширених методів позаниркового очищення крові, який зберігає життя хворим з хронічною нирковою недостатністю (ХНН) та запобігає виникненню ускладнень, забезпечуючи прийнятну його якість та соціальну адаптацію. При цьому середній вік діалізних пацієнтів у Європі становить 64 роки, в Україні – 42 роки

Як правило, гемодіаліз призначається людині, коли її нирки здатні виконувати тільки 10...15% своїх функцій. Лікування хворих на ХНН методом гемодіалізу здійснюється в амбулаторному режимі у медичних закладах (їх спеціалізованих відділеннях) під постійним контролем медичного персоналу на апаратах "штучна нирка", якими забезпечується видалення з крові токсичних речовин та продуктів метаболізму, регулювання водноелектролітного балансу і кислотно-лужної рівноваги в організмі. Процедура гемодіалізу триває не менше чотирьох годин.

Для дослідження ефективності роботи апарату для гемодіалізу оцінювалися його параметри до підключення пацієнта та після проведення процедури гемодіалізу. Всі параметри апарату і пацієнта можна представити у вигляді матриць. Всього в медичній практиці гемодіалізу оперують 16-ма параметрами апарату і 4-ма параметрами пацієнта. Якщо представити параметри апарату та пацієнта у вигляді матриць і скласти матричне рівняння типу

$$A' = P \cdot A \cdot K_A, \quad (1)$$

де  $A'$  – квадратна (4×4) матриця параметрів апарату після підключення,  $P$  – матриця-стовпчик параметрів пацієнта,  $A$  – квадратна (4×4) матриця параметрів апарату після підключення, і  $K_A$  – матриця параметрів переходу для узгодження матриць  $A$  і  $A'$ . Для того, щоб таке рівняння у матричній формі мало зміст, матриця  $K_A$  також повинна бути квадратною і мати розмірність 4×4.

Тоді параметри пацієнта можуть бути представлені у вигляді

$$P = \begin{bmatrix} Kr \\ Se \\ Ge \\ Er \end{bmatrix},$$

де  $Kr$  – рівень креатиніну (норма 40...110 мкмоль/л),  $Se$  – рівень сечовини (норма 2,3...8,3 ммоль/л),  $Ge$  – рівень гемоглобіну (норма для жінок 120...140 Г/л, для чоловіків 130...160 Г/л) і  $Er$  – рівень еритроцитів (норма для чоловіків – (4...5,1)×10<sup>12</sup>, для жінок – (3,7...4,7)×10<sup>12</sup> л<sup>1</sup>).

Параметри апарату представлені матрицею

$$P = \begin{bmatrix} TSE & MSBK1 & PV & FPA \\ PE & TSBIC & FPE & MSBK2 \\ BICLF & BISP & TSD & FMD \\ EP & PA & ENDLF & TSD_S \end{bmatrix},$$

де  $EP$  – тиск, який створює насос дегазації (тобто відкачування газів ,повітря в апараті);  $PE$  – тиск, який показує сенсор дегазації;  $TSE$  – показник сенсора температури дегазації;  $TSBIC$  – показник температурного сенсора бікарбонату;  $TSD$  – показник температурного сенсора діалізата (суміші в деяких пропорціях бікарбонатної кислоти із бікарбонатним концентратом);  $TSD_S$  – показник температурного сенсора діалізата супервайзера;  $ENDLF$  – показник сенсора провідності всієї системи апарату;  $BICP$  – тиск , який створює насос бікарбонату;  $MSBK1$  – показник сенсора положення мембрани балансувальної камери 1;  $MSBK2$  – показник сенсора положення мембрани балансувальної камери 2;  $FPE$  – тиск, який створює вихідний насос потоку,  $FPA$  – тиск, який створює вхідний насос потоку;  $FMD$  – швидкість потоку діалізуючого розчину через діалізатор;  $PA$  – показник сенсора артеріального тиску;  $PV$  – показник сенсора венозного тиску;  $BICLF$  – показник сенсора провідності бікарбонату.

Аналогічно до рівняння (1) можна скласти рівняння для параметрів пацієнта:

$$P' = K_P \cdot P, \quad (2)$$

де  $P'$  – матриця-стовпчик параметрів пацієнта після процедури гемодіалізу,  $K_P$  – квадратна матриця параметрів переходу між елементами матриць  $P$  і  $P'$ , яка повинна враховувати параметри апарата, на якому відбувалася процедура гемодіалізу.

Сукупність матричних рівнянь (1) і (2) буде математичною моделлю ефективності роботи апарату для гемодіалізу.