

Optymalizacja stężenia dwuwęglanów w płynie dializacyjnym podczas hemodializy z wykorzystaniem  
modelowania matematycznego  
Opis popularnonaukowy

Zdrowe ciało ludzkie posiada dwie nerki, które filtrują krew aby usunąć nadmiar płynu i zbędnych substancji; kontrolują również stężenie jonów w organizmie i utrzymują kwasowość krwi na poziomie optymalnym dla większości jego funkcji. Kiedy nerki nie pracują prawidłowo, do utrzymania pacjenta przy życiu konieczna jest albo transplantacja nerki albo poddanie go systematycznym zabiegom dializy. Najbardziej rozpowszechnionym typem dializy jest hemodializa, wykonywana zwykle w ośrodku dializacyjnym lub szpitalu. Takie zabiegi, trwające typowo około czterech godzin trzy razy w tygodniu, polegają na pompowaniu krwi poza ciałem przez urządzenie zawierające 10 000 kapilar przepuszczalnych dla wody i toksyn (nazywane hemodializatorem), w którym krew jest oczyszczana. Toksyny są usuwane dyfuzyjnie z krwi do płynu dializacyjnego, wolnego od toksyn i zawierającego głównie jony, pompowanego na zewnątrz kapilar.

Zabiegi hemodializy nie odtwarzają wszystkich funkcji zdrowych nerek i są przeprowadzane tylko przez 12 godzin na tydzień zamiast w sposób ciągły, tak jak pracują nerki. W rzeczywistości, długość życia pacjentów z niewydolnością nerek wymagających rutynowych hemodializ jest tylko nieco większa niż pacjentów z nowotworami płuc i znacznie krótsza niż dla całej populacji. Ulepszona metodologia zabiegów i przepisywania tej terapii może poprawić długość i jakość życia pacjentów hemodializowanych.

Jednym z istotnych ograniczeń współczesnej hemodializy jest niezdolność tej terapii do utrzymania właściwych stężeń jonów wodoru (kwas) i dwuwęglanów (zasada) w krwi, co powoduje spowolnienie ważnych reakcji biochemicznych. Utrata funkcji nerek oznacza dla pacjenta wzrost kwasowości krwi, nazywany kwasicą. Aby poprawić ten stan reakcji kwasowo-zasadowych, płyn dializacyjny zawiera aniony dwuwęglanowe o wysokim stężeniu aby mogły one przeniknąć w hemodializatorze do krwi pacjenta. Dwuwęglany są najważniejszym związkami buforującymi, który wiąże jony wodoru (główne źródło kwasowości) i w ten sposób koryguje kwasicę. Niestety, podawanie ich podczas dializy powoduje inną komplikację. Pomiędzy zabiegami hemodializy następuje akumulacja kwasów a stężenie dwuwęglanów w płynach ustrojowych spada. Podczas zabiegów, dwuwęglany są szybko dostarczane do płynu dializacyjnego co powoduje ich zbyt wysokie stężenie w krwi, nazywane zasadowicą. Takie oscylacje w równowadze kwasowo-zasadowej są szkodliwe dla procesów chemicznych w organizmie.

Przedstawiony projekt zaproponuje i oceni nowe metody hemodializy i przepisów na zoptymalizowane podawanie dwuwęglanów w celu zneutralizowania akumulacji kwasów w organizmach pacjentów hemodializowanych. W szczególności, bazujemy na hipotezie, że profilowane (zmieniające się skokowo lub ciągle) stężenie dwuwęglanów w płynie dializacyjnym, a tym samym szybkość ich absorbowania do krwi, w czasie zabiegu pozwoli na poprawę bilansu kwasowo-zasadowego. Zastosujemy podejście oparte na modelu matematycznym w celu prowadzenia komputerowych symulacji różnych alternatywnych sposobów podawania dwuwęglanów mających zoptymalizować ten aspekt terapii. Taka metodologia jest ekonomiczna i pozwala ograniczyć badania kliniczne, nieraz uciążliwe dla pacjentów. Model pozwoli na opisanie najważniejszych czynników, które kontrolują równowagę kwasowo-zasadową: układ buforów z dwuwęglanami i kilkoma innymi zasadami o niewielkich stężeniach; rozkład zasad i kwasów w organizmie, np. różnicę ich stężeń wewnątrz i na zewnątrz komórek; układ oddychania kontrolujący równowagę kwasowo-oddechową w krótkiej skali czasowej; oraz samą hemodializę łącznie ze związanymi z nią przepływami substancji buforujących. Kiedy przepis optymalizujący wyrównywanie akumulacji kwasów zostanie znaleziony na drodze komputerowych symulacji, jego przydatność, w porównaniu z obecnym standardowym przepisem, zostanie oceniona w badaniach klinicznych.