

© Е.Д. Суглобова, Ю.А. Борисов, А.Н. Васильев, П.В. Гавриленков, В.В. Козлов, Д.Б. Сапожников, А.В. Смирнов,  
В.Н. Спиридонов, 2002  
УДК 577.352.465:537.311

*Е.Д. Суглобова, Ю.А. Борисов, А.Н. Васильев, П.В. Гавриленков,  
В.В. Козлов, Д.Б. Сапожников, А.В. Смирнов, В.Н. Спиридонов*

## К ВОПРОСУ О МОНИТОРИНГЕ СОСТАВА ДИАЛИЗИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ: ОДНОЗНАЧНОГО СООТВЕТСТВИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ НАТРИЯ НЕ СУЩЕСТВУЕТ!

*E.D.Suglobova, Yu.A.Borisov, A.N.Vasilev, P.V.Gavrilenkov, V.V.Kozlov,  
D.B.Sapozhnikov, A.V.Smirnov, V.N.Spiridonov*

## CONTRIBUTION TO MONITORING OF THE COMPOSITION OF DIALYZING SOLUTIONS: THERE IS NO SIMPLE CORRESPONDENCE OF ELECTRIC CONDUCTIVITY AND SODIUM ION CONCENTRATION!

Научно-исследовательский институт нефрологии, кафедры пропедевтики внутренних болезней и биохимии, отделение хронического гемодиализа, лаборатория урологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова, АОЗТ «Меделен», Россия

### РЕФЕРАТ

Показано, что коэффициент корреляции между электропроводностью диализирующего раствора и содержанием в нем ионов натрия при параллельном определении этих величин на аппаратах «искусственная почка» производства B. Braun HD-secura составляет  $0,885 \pm 0,062$ . Максимальные различия при этом могут превышать 4,5%, что в пересчете на концентрацию  $\text{Na}^+$  составляет 6 ммоль/л. На основании полученного массива данных выведена расчетная формула, связывающая кондуктометрические показатели с концентрационными.

**Ключевые слова:** гемодиализ, диализирующие растворы, концентраты, электропроводность, концентрации электролитов.

### ABSTRACT

It was shown that the coefficient of correlation between electric conductivity of the dialyzing solution and the content of sodium ions in it in the parallel determination of these values with the apparatus «artificial kidney» manufactured by B.Braun HD-secura was  $0.885 \pm 0.062$ . The maximum difference may be higher than 4.5%, that is 6 mmol/l when calculated according to the concentration of  $\text{Na}^+$ . Based on the data obtained a calculation formula was deduced connecting the conductometrical indices with the concentration ones.

**Key words:** hemodialysis, dialyzing solutions, concentrates, electric conductivity, concentration of electrolytes.

### ВВЕДЕНИЕ

Важнейшие базовые характеристики процедуры гемодиализа – его надежность и адекватность, устанавливают уровень качества самочувствия диализных больных и требуют постоянного и строгого контроля, одним из центральных моментов которого является точная рецептура приготовления диализирующего раствора. В последнее время все большее число диализных центров ориентируются на использование солей фабричного изготовления. В этом случае производитель гарантирует качественный и количественный состав навесок солей, обеспечивающий качество концентрата диализирующего раствора. Ионный состав конеч-

ного диализирующего раствора, поступающего в диализатор, может варьироваться в определенных пределах в соответствии с назначениями врача. В случае бикарбонатного диализа соотношение между различными компонентами задается пропорцией между концентратами «A» и «B». При этом, если концентрацию иона натрия в конечном растворе можно корректировать путем смешивания в определенных пропорциях обоих концентратов, то концентрации остальных катионов определяются исключительно количеством используемого концентрата A. В связи с этим чрезвычайную важность приобретает вопрос об адекватности, точности, воспроизводимости и надежности градуировочных систем аппарата.

В процессе приготовления диализирующего раствора для контроля степени разведения концентрата в аппаратах «искусственная почка» измеряется электропроводность с помощью встроенной кондуктометрической ячейки.

Электропроводность смешанного раствора электролитов обычно рассчитывают с учетом валентности, концентрации и эквивалентной электропроводности индивидуальных ионов [7]. При этом большинство уравнений для оценки эквивалентной электропроводности [9] могут применяться только для концентрации электролита, не превышающей 0,01 моль/л и только для «чистых» растворов, то есть растворов индивидуального электролита. Для диализирующих же растворов, являющихся более концентрированными многокомпонентными системами, ориентиром при расчетах удельной электропроводности может служить уравнение Шедловского:

$$\lambda_c = \lambda_0 - (B_1\lambda_0 + B_2)\sqrt{c} + b'c(1 - B\sqrt{c}), \quad (1)$$

где  $B_1$  и  $B_2$  – постоянные величины, теоретически вычисляемые в соответствии с теорией Фоуса-ОНзагера [3, 9];  $b'$  – экспериментальный «подгоночный» коэффициент.

Данное уравнение включает в себя постоянные величины, теоретически вычисляемые в соответствии с теорией Фоуса-ОНзагера [3, 9].

Однако рассчитать электропроводность смешанного раствора электролитов в этом случае можно лишь с большим приближением, поскольку «подвижность» данного иона при замещении нескольких ионов одного вида изменяется даже при постоянстве общей ионной концентрации. Следовательно, если «подвижности» ионов с зарядами одного знака различаются, то каждый из электролитов в составе смеси влияет на «подвижность» другого.

Таким образом, расчет электропроводности, даже при известных концентрационных соотношениях компонентов смешанного раствора, достаточно сложен. Следует также подчеркнуть, что в области используемых концентраций шкалы электропроводности, с одной стороны, сильно зависят от температуры [2]. Вместе с тем, они претерпевают разнонаправленные изменения даже при незначительных вариациях степени диссоциации и, следовательно, коэффициентов активности отдельных ионов. Поэтому пользоваться приближениями Дебая-Хюккеля для расчетов коэффициентов активности [5] при ионной силе, превышающей 0,15, нельзя. Можно лишь утверждать, что средние ионные коэффициенты активности слабых электролитов – уксусной и угольной

кислот, входящих в состав компонента А, изменяются в большей степени, чем коэффициенты активностей всех остальных компонентов диализирующего раствора, и, таким образом, самой лабильной в данном случае окажется величина pH.

Подводя итог вышесказанному, следует заключить, что:

- оценка электропроводности многокомпонентных систем – при достаточно высоких концентрациях – требует специальных экспериментальных приближений,

- контроль диализирующих растворов должен быть селективным, а поставщики солевых наборов для приготовления растворов – надежными. Некоторые соли, например, хлориды калия и аммония, практически неразличимы визуально; значения эквивалентной электропроводности многих растворов электролитов также близки, и кондуктометр не отличает раствор одной соли от раствора другой [6]. Почему же именно кондуктометрия, при всех ее недостатках, остается контрольным методом в процессе эксплуатации аппаратов «искусственная почка» (АИП)? Это, вероятно, связано с удобством и простотой в использовании кондуктометрической ячейки. К тому же конструкция кондуктометра предусматривает возможность его замены. Однако если устройство промывается регулярно и тщательно и рабочие части электродов не загрязняются поверхностно-активными веществами, то ячейка может работать почти неограниченное время. В стоимостном отношении кондуктометрический блок также предпочтительнее потенциометрического блока ионселективных электродов. К сожалению, естественный референтный метод [8] – пламенная фотометрия – вообще не может быть применен в режиме «on line», да и в режиме отбора отдельных проб на пламенном фотометре без кислородной горелки можно определить лишь концентрации ионов щелочных металлов, но не двухвалентных катионов и не концентрацию протонов [4].

По-видимому, именно дешевизна, долгосрочность службы и простота в работе стали причинами повсеместного использования кондуктометрических ячеек в качестве контрольных на «искусственных почках». Поэтому так важны точная настройка АИП и строгий метрологический контроль показателей электропроводности в соответствии с электролитной концентрационной шкалой для обеспечения высокого качества гемодиализной процедуры. Традиционно на отделениях гемодиализа выставляют на АИП эквивалент Na,

основываясь на показаниях кондуктометра. При этом очень часто формально приравнивают показатели электропроводности (в мСм/см × 10) к молярному содержанию иона (в ммоль/л). Такое искусственное «однозначное соответствие», несомненно, удобно для инженерного состава, поскольку контролировать показатели легче визуально. К тому же, в справочнике «Handbook of Dialysis» [10] приведен график прямо пропорциональной зависимости электропроводности диализата от концентрации в нем натрия.

На отделении гемодиализа СПбГМУ в течение последних восьми лет ведется постоянный контроль состава диализных концентратов и диализирующих растворов, для чего создана специальная служба. В рамках широкомасштабной программы улучшения качества жизни больных, находящихся на хроническом гемодиализе, сформулирована задача настоящей работы. Целью настоящего исследования явилось определение правомерности замены данных о концентрации ионов натрия в диализирующем растворе данными об электропроводности этих растворов при калибровке АИП и/или установление однозначного соответствия между указанными данными при выполнении технических условий для таких АИП.

#### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Для работы были выбраны 11 АИП «HD secura» производства «B. Braun» (Германия). Их тестирование по электропроводности диализирующих растворов проводилось в течение 63 недель. Система измерения и контроля электропроводности в данных АИП была снабжена термокомпенсатором, обладала устойчивостью к химическому воздействию на протяжении длительного времени и электрически изолировалась от контролируемой жидкости. Систематическая ошибка измерения электропроводности в такой системе составляла ±0,2 мСм/см. Перед каждой процедурой гемодиализа измерительные усилители проходили автоматическое тестирование.

Контроль загрязнения электродов в системе измерения и контроля электропроводности осуществлялся автоматически посредством дублирующей ячейки, установленной вслед за основной. Дублирующая ячейка отличалась от основной значением константы (константа ячейки – отношение расстояния между электродами к их площади). Критерием загрязнения электродов служил сигнал тревоги, обусловленный рассогласованием показаний электропроводности между основной и дублирующей ячейками.

Тестирование АИП заключалось в сравнении величины электропроводности, условно называемой  $C_2$ , фиксируемой кондуктометрической ячейкой при прохождении через нее диализирующего раствора, и концентрации ионов натрия, определяемой в диализирующем растворе, взятом на входе в диализатор.

Концентрация ионов натрия определялась ионометрически, на анализаторе Fresenius EF. При ежедневной калибровке с использованием штатных растворов систематическая ошибка натриевого электрода анализатора Fresenius EF не превышала 2%. При проведении процедуры в рабочем диапазоне концентраций  $\text{Na}^+$  она соответствовала не более чем ±2,7 ммоль/л. Такая высокая точность была неоднократно подтверждена и при использовании весового метода приготовления модельных растворов (приготовление раствора рассчитанной концентрации по сухим навескам химически чистых солей). В относительно редких случаях, при работе вне границ рабочего концентрационного интервала (132–142 ммоль/л), при использовании более или менее концентрированных диализирующих растворов, точность определения концентрации натрия повышали путем подбора соответствующих калибровочных растворов с концентрацией  $\text{Na}^+$ , выходящей за узкий стандартный концентрационный диапазон.

Концентраты диализирующих растворов готовили из солевых наборов производства АОЗТ «Меделен» (Санкт-Петербург).

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Первоначально исследовали АИП на тождественность по измерению концентраций  $\text{Na}^+$ , получаемых при разбавлении концентратов в ходе формирования диализирующего раствора, с использованием критерия Kruskal-Wallis (Н-тест). Величина Н при этом составила  $H_{\text{Na}} = 69,29$  ( $p < 0,0001$ ). Аналогичное тестирование было произведено по концентрации  $\text{K}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ . Были получены значения  $H_{\text{K}} = 18,393$  ( $p = 0,031$ ) и  $H_{\text{Ca}} = 61,435$  ( $p < 0,0001$ ), соответственно. Затем исследование на тождественность АИП по критерию Kruskal-Wallis произвели и по электропроводности  $H_{\text{cond.}} = 165,115$  ( $p < 0,0001$ ).

На втором этапе таким же образом тестировали отдельные АИП во времени (на протяжении случайно выбранных 10 недель из 63-недельного эксперимента):  $H_{\text{week Na}} = 19,792$  ( $p = 0,0193$ ),  $H_{\text{week K}} = 30,422$  ( $p = 0,0004$ ),  $H_{\text{week Ca}} = 12,167$  ( $p > 0,1$ ),  $H_{\text{week cond.}} = 2,121$  ( $p > 0,1$ ). Проведенный статистический анализ привел к выводу о необходимости динамического анализа данных для каждого АИП в

Таблица 1

**Данные тестирования АИПов HD-secura отделения гемодиализа  
СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова**

№ ап- па- ра- ре- та	Коли- че- ство изме- рений	Концентрация Na в диализном растворе, ммоль/л	Показатель электропровод- ности, ×10 мСм/см	Досто- верность различия р	Разность парных значений	Досто- верность различия р	Коэффициент корреляции	Досто- верность различия р	Макс. оши- ка, в %	Средняя ошибка, в %
1	60	138.90±0.29	139.90±0.23	<0.05	-0.943±0.207	<0.001	0.706±0.093	<0.001	4.3	-0.690±0.147
2	59	140.50±0.34	138.90±0.27	<0.001	1.641±0.159	<0.001	0.885±0.062	<0.01	3.0	1.172±0.114
3	52	138.90±0.32	137.90±0.23	<0.05	1.008±0.213	<0.001	0.757±0.092	<0.01	2.0	0.730±0.154
4	59	138.70±0.36	138.10±0.27	>0.1	0.571±0.117	<0.05	0.881±0.063	<0.05	2.5	0.414±0.128
5	56	140.60±0.28	138.90±0.20	<0.001	1.652±0.170	<0.001	0.793±0.083	<0.01	3.1	1.185±0.121
6	61	138.90±0.20	137.90±0.15	<0.001	1.087±0.187	<0.001	0.434±0.117	<0.01	4.3	0.669±0.137
7	60	138.00±0.30	137.20±0.20	<0.05	0.768±0.190	<0.05	0.771±0.084	<0.05	2.3	0.557±0.138
8	57	139.00±0.31	138.60±0.21	>0.05	0.454±0.196	<0.05	0.789±0.083	<0.01	2.6	0.342±0.140
9	62	139.00±0.25	139.20±0.15	>0.05	-0.177±0.180	>0.1	0.733±0.088	<0.05	2.3	0.136±0.129
10	60	138.30±0.18	136.70±0.10	<0.001	1.602±0.154	<0.001	0.544±0.110	<0.05	2.5	1.185±0.112
11	44	143.20±0.33	142.60±0.27	>0.1	0.577±0.253	<0.05	0.653±0.117	<0.001	4.5	0.398±0.176

отдельности. Результаты такого анализа приведены в табл. 1.

Здесь представлено число измерений по каждому АИП, средние значения содержания натрия в диализирующем растворе, определяемого ионометрически, средние значения электропроводности, определяемой кондуктометром АИП, также достоверность различия средних величин для каждого АИП.

Полученные данные свидетельствуют о достоверности различий в определении содержания натрия в диализирующем растворе методом ионометрии, с одной стороны, и, показания кондуктометра с другой, для большинства АИП (за исключением №№ 4, 8, 9 и 11). Более того, при анализе средних разностей парных значений электропроводностей и концентрации натрия в растворе для каждого АИП (графа 6) выявилось, что всего лишь один АИП (№ 9) не дал достоверного различия между электропроводностью и содержанием натрия в растворе. Неоднородность величин электропроводности и концентрации натрия в растворе подтвердилась и при расчете коэффициентов парной корреляции. Хотя достоверность измерений и не вызывала сомнения, наибольшее значение коэффициента корреляции у АИП №2 составило лишь 0,885±0,062 (графа 8), чего явно недостаточно для подтверждения полного соответствия электропроводности диализирующего раствора содержанию в нем ионов натрия.

Наибольший процент различия между показанием кондуктометра и действительной концентрацией натрия в диализирующем растворе – 4,5% был зафиксирован у АИП №11 (графа 10).

Данные, приведенные в последней графе табл. 1, показывают, что среднее отклонение концент-

рации ионов натрия в диализирующем растворе, рассчитанное в соответствии с показаниями кондуктометра, от концентрации, определяемой ионометрически (при условии, что кондуктивность  $C_2$  на АИП выставлена в соответствии с концентрацией натрия) не превышало 1,19%. Но даже на фоне общей малой величины отклонения (0,4%) максимальное различие между действительной концентрацией натрия и желаемой (и, следовательно, выставленной) достигало 4,5%. В пересчете на концентрацию натрия 140 ммоль/л эта величина соответствует 6,3 ммоль/л и может представлять реальную опасность для пациента в ходе сеанса гемодиализа (см. данные табл. 1 для АИП №11).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку теоретическая оценка электропроводности смешанных и достаточно концентрированных диализирующих растворов сложна, была поставлена задача определения расчетной экспериментальной зависимости между показаниями кондуктометра АИП и концентрацией натрия. Однако, как следует из величин Н-критериев, и с учетом невысоких значений коэффициентов корреляции между концентрацией натрия и электропроводностью (наибольшее значение составило всего 0,885), параметры выбранных одиннадцати АИП характеризовались существенной неоднородностью. Поэтому первоначально вместо общей зависимости мы получали индивидуальную рабочую номограмму для каждого аппарата. Для этого на основании тестовых измерений, количество которых колебалось от 44 до 62 для разных АИП, был произведен регрессионный анализ. Из всех использованных видов регрессий

Таблица 2

**Вид зависимости концентрации натрия  
в диализирующем растворе (у)  
от выставляемой на аппарате  
“искусственная почка” HD-secura величины  
проводимости  $C_2$  (х).**

№ аппарата	Вид аппроксимирующей функции
1	$y(x)=8.75 \cdot x^{0.36}$
2	$y(x)=3.89 \cdot x^{0.72}$
3	$y(x)=9.94 \cdot x^{0.53}$
4	$y(x)=5.27 \cdot x^{0.66}$
5	$y(x)=8.22 \cdot x^{0.57}$
6	$y(x)=24.99 \cdot x^{0.35}$
7	$y(x)=10.75 \cdot x^{0.52}$
8	$y(x)=10.11 \cdot x^{0.53}$
9	$y(x)=15.91 \cdot x^{0.44}$
10	$y(x)=31.07 \cdot x^{0.78}$
11	$y(x)=9.80 \cdot x^{0.59}$

(линейной, гиперболической, степенной, показательной, экспоненциальной, логарифмической, параболической и полиномиальной) наилучшее приближение и наибольшая устойчивость были получены при использовании степенной функции:

$$y(x) = b_0 \cdot x^{b_1},$$

где  $x$  – электропроводность диализирующего раствора,  $y$  – прогнозируемая концентрация натрия в растворе, при этом параметры  $b_0$  и  $b_1$  рассчитывались по формулам:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i) \times \sum_{i=1}^n \ln(y_i) - N \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \times \ln(y_i)}{\left( \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \right)^2 - N \sum_{i=1}^n (\ln(x_i))^2},$$

$$b_0 = \exp \left[ \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^n \ln(y_i) - b_1 \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \right) \right],$$

где  $N$  – размер исследуемой выборки данных [1].

Таким образом, для каждого из АИП была подобрана индивидуальная расчетная формула; все они приведены в табл. 2. Рассчитанные возможные концентрации диализирующего раствора при нескольких характерных выставляемых величинах электропроводности  $C_2$  для АИП HD-secura нашего отделения приведены в табл. 3; здесь же указаны средние отклонения (в %), полученные при использовании аппроксимирующих функций из табл. 2. Видно, что степенная аппроксимация с довольно большой точностью дает возможность оценить концентрацию основного иона (натрия) в ходе процедуры гемодиализа.

Очевидно, что подбор индивидуальных аппроксимирующих функций неудобен с практичес-

кой точки зрения, поскольку требует получения значительной по объему первоначальной базы данных показаний кондуктометра и концентраций ионов в диализирующем растворе. В этом случае наиболее привлекательным представляется вывод некоторой усредненной – для всего массива АИП – интерполирующей функции. Однако каждый из аппаратов обладает индивидуальными особенностями и в отношении регистрируемой концентрации электролитов, и по фиксируемым показателям кондуктометров. Поэтому обобщенную зависимость получили только после исключения из рассмотрения данных АИП № 10 как наиболее отличающегося по исследуемым параметрам от остальных аппаратов. Вид функции может быть представлен следующим образом:

$$\rho = -773 + 0.01706(C_{Na})^2 + \frac{8084}{C_{Na}}, \quad (2)$$

где  $\rho$  – показания кондуктометра,  $C_{Na}$  – концентрация натрия в диализирующем растворе (ммоль/л). В табл. 4 приведены рассчитанные по формуле (2) величины электропроводности при заданных (в физиологическом диапазоне) концентрациях натрия в диализирующем растворе. Интересно отметить, что эмпирическое уравнение (2) по форме, как и уравнение Шедловского (1), является полиномиальным, что, видимо, говорит о присутствии вполне определенного физического смысла в этом «подгоночном» выражении.

На графике представлено корреляционное поле точек, полученных за 63 недели для всех аппаратов, за исключением АИП №10. Зависимость между концентрацией иона натрия в диализирующем растворе и прогнозируемой электропроводностью этого раствора, рассчитанная по формуле (2) в соответствии с данными указанного корреляционного поля, пересекается с «идеальной», выставляемой прямо пропорциональной зависимостью в области 137,7 ммоль/л по концентрации ионов натрия. Таким образом, полученные данные еще раз подтверждают, что наилучшее совпадение между ожидаемыми (и, следовательно, выставляемыми инженерами на АИП) и реальными ионными концентрациями наблюдается в средней части рабочего физиологического диапазона.

Полученные на концах рабочей области «расходящиеся ножницы» могут быть прослежены не только при расчете по формуле (2), но и по количеству максимальных величин различий между  $C_{Na}$  и электропроводностью: из тринадцати случаев, зафиксированных за выбранные для тестирования 63 недели только два пришли на

Расчетная концентрация натрия (ммоль/л) в диализирующем растворе на аппаратах HD-secura, полученная при использовании аппроксимирующих функций таблицы 2

№ апп.	Показатель электропроводности					
	135	137	139	141	143	среднее отклонение, в %
1	137.66	138.81	139.94	141.07	142.19	0.97
2	134.91	136.36	137.79	139.22	140.65	0.81
3	135.81	136.88	137.94	139.00	140.04	0.86
4	135.68	137.00	138.33	139.64	140.95	0.75
5	135.75	136.90	138.03	139.17	140.29	0.85
6	136.60	137.30	137.99	138.68	139.35	0.76
7	135.68	136.72	137.75	138.77	139.78	0.75
8	136.42	137.49	138.55	139.61	140.66	0.74
9	137.40	138.29	139.17	140.05	140.92	0.73
10	135.72	136.32	136.92	137.51	138.09	0.74
11	138.40	139.24	140.34	141.42	142.50	0.72

Таблица 4

## Расчетные показатели кондуктометра на аппарате “искусственная почка” HD-secura, полученные в соответствии с формулой (2)

Концентрация Na в диализирующем растворе, ммоль/л	Показатель электропроводности, мСм/см × 10
135	136.74
136	136.96
137	137.28
138	137.70
139	138.21
140	138.81
141	139.51
142	140.30
143	141.18
144	142.15
145	143.21

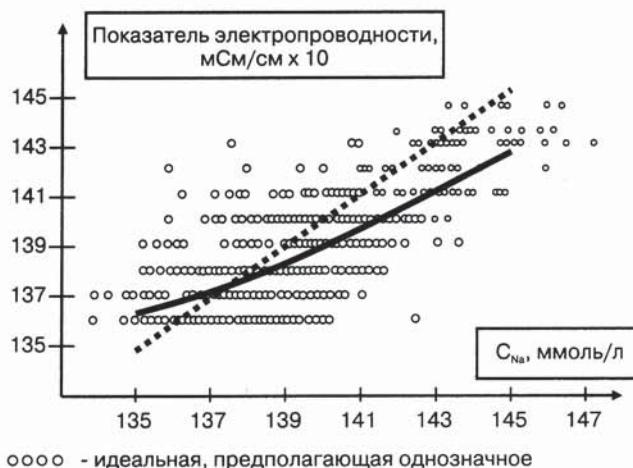


График зависимости показателя электропроводности от концентрации иона натрия в дialisизирующем растворе.

Таблица 3

середину диапазона, все остальные (включая и самые значительные) оказались в краевых его частях. Таким образом, проведение сеанса гемодиализа именно при относительно низких (до 136 ммоль/л) и относительно высоких (выше 141 ммоль/л) концентрациях натрия в дialisирующих растворах требует самого пристального внимания со стороны обслуживающего персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обсуждаемое выше 63-недельное тестирование АИП HD-secura позволило нам сделать следующие основные выводы:

— при ведении гемодиализа с приготовлением диализирующих растворов из наборов сухих солей необходим постоянный контроль за работой кондуктометрической ячейки АИП; слепо доверять наглядной шкале аппарата нельзя;

– необходим мониторинг концентрации основных ионов в диализирующем растворе, поскольку даже на фоне небольших средних отклонений показателя электропроводности от концентрации натрия, минимальные различия могут быть весьма существенны;

– особого внимания требует проведение сеанса гемодиализа в случае, если концентрации электролитов в диализирующем растворе находятся в области границ «рабочего» диапазона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ. - М.: Наука, 1987, 239 с.
  2. Измайлова Н. А. Электрохимия растворов. - Харьков: Изд-во ХГУ, 1959. - 957 с.
  3. Карапетьянц М. Х. Введение в теорию химических процессов. - М.: Высшая школа, 1981, - 333 с.
  4. Карпищенко А. И. Медицинские лабораторные технологии и диагностика: Справочник. Медицинские лабораторные технологии. - СПб.: Интермедика, 1999. - 656 с.
  5. Корыта И., Штулик К. Ионоселективные электроды. - М.: Мир, 1989. - 267 с.
  6. Мищенко К. П., Равдель А. А. Краткий справочник физико-химических величин. -Л.: Химия, изд-е 7-е, 1974. - 200 с.
  7. Никольский Б.П. Физическая химия: теоретическое и практическое руководство. - Л.: Химия, 1987. С. 443-477.
  8. Стецюк Е. А. Современный гемодиализ. - М.: Медицинское информационное агентство, 1998. - 208 с.
  9. Эрдеи-Груз Т. Явления переноса в водных растворах. - М.: Мир, 1976. - 595 с.
  10. John T., Daugirdas, Todol S. Ing. Handbook of Dialysis. Boston-NY-London: Littl, Brown & Company, 1994. - 744 p.

Поступила в редакцию 7.04.2002 г.