

КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЛИТОВ (КАЛИЙ, НАТРИЙ) В КРОВИ

Д.М.Н, профессор

Гильманов А.Ж.

Обмен электролитов - важнейшая составная часть общего метаболизма, направленная на поддержание постоянства внутренней среды организма. Электролитами называются соли, кислоты и основания, которые в водном растворе диссоциируют на положительно заряженные катионы и отрицательные анионы. Основными катионами организма являются натрий, калий, кальций и магний; анионами - хлориды, бикарбонаты, фосфаты и органические кислоты. В системе СИ концентрация ионов выражается в ммоль/л; ранее это делали в миллиэквивалентах/л. Электролиты:

- отвечают за осмолярность плазмы крови и соответственно транспорт воды между кровеносными сосудами и тканями;
- определяют рН биологических жидкостей; участвуют в большинстве метаболических реакций организма, активируя ферменты;
- обладают множеством других биологических эффектов.

Ионы распределены во внутри- и внеклеточной жидкостях очень неравномерно. Так, в плазме крови и межклеточной жидкости содержится много натрия, хлоридов и бикарбонатов, в то время как внутри клеток находится в основном калий, магний и фосфаты. Такое распределение специально поддерживается клеткой с помощью мембранных транспортных белков (в частности, натрий-калиевого насоса), на работу которых затрачивается до 30-40% всей вырабатываемой в клетке энергии. Ионный дисбаланс по обе стороны мембраны способствует поддержанию трансмембранного потенциала, который жизненно необходим для клетки. Без биоэлектрического потенциала невозможно было бы возбуждение клеток и нормальный обмен веществ между клеткой и окружающей средой.

Среди электролитов особое место занимают ионы, формирующие основную часть внутри- и внеклеточного пула макроэлементов - натрий и калий.

В организме человека содержится около 100 г натрия. Более 90% его находится вне клеток, почти 70% активно обменивается. Натрий играет ключевую роль в поддержании осмолярности внеклеточной жидкости: хлорид и гидрокарбонат натрия составляют до 90-95% осмотически активных веществ плазмы крови. Объем воды во внеклеточном пространстве и крови во многом зависит от содержания натрия, и, наоборот, его концентрация может изменяться при нарушениях водного обмена и функции различных органов, в первую очередь почек и эндокринной системы.

Концентрация натрия в крови регулируется специальными нейрогуморальными механизмами. "Чувствительным элементом" являются осмо- и барорецепторы в сосудах и ткани мозга; важнейшие эффекторы, которые влияют главным образом на реабсорбцию натрия в канальцах почек - гормоны альдостерон (повышают сывороточный уровень Na^+), вазопрессин и предсердный натрийуретический фактор (снижают содержание Na^+).

Нормальная концентрация натрия в плазме и сыворотке крови у взрослых составляет 136-145 ммоль/л; при получении плазмы в качестве антикоагулянта можно применять только гепаринат лития или аммония. Необходимо как можно быстрее отделить

плазму или сыворотку от сгустка и избегать гемолиза, который приводит к занижению результатов. Содержание натрия в моче гораздо более вариабельно (150-220 ммоль/л и более), т.к. сильно зависит от потребления с пищей и специально не регулируется.

Нужно учитывать, что на уровень натрия в сыворотке и моче влияют очень многие лекарственные средства, причем как в сторону повышения, так и в противоположную. Особенно большое влияние оказывают кортикостероидные гормоны, натриевые соли антибиотиков и других веществ, мочегонные и психотропные препараты и др., так что адекватная интерпретация результатов анализа достаточно сложна.

Содержание калия в организме - около 150 г, т.е. в 1,5 раза больше, чем натрия; но в отличие от последнего около 98% всего калия находятся внутри клеток и лишь 2% - во внеклеточной жидкости, включая плазму крови. Больше всего калия в мышечной ткани (до 70% от общего количества), много - в эритроцитах и других клетках. Калий специально закачивается внутрь клеток параллельно с выносом из них ионов натрия. Содержание калия в клетках определяет их биохимические свойства (обмен углеводов и белков) и физиологические реакции, связанные с мембранным потенциалом (в частности, возбудимость сердечной мышцы). В его регуляции основную роль играют гормоны альдостерон, инсулин и адреналин (снижают концентрацию K⁺ путем увеличения потерь через почки и переноса внутрь клеток).

Уровень калия в плазме и сыворотке крови зависит от:

- функции почек,
- кислотно-основного состояния организма,
- метаболических процессов в тканях. При повреждении клеток они "теряют" калий и уровень этого иона в крови возрастает.

Нормальная концентрация калия в плазме крови - 3,5 - 4,5 ммоль/л, в сыворотке - несколько выше (3,5 - 5,1 ммоль/л), т.к. калий выходит из тромбоцитов при свертывании крови. Так же, как и при определении натрия, важно как можно быстрее отделить сыворотку и плазму от сгустка (не позднее 30-60 мин после взятия крови). Длительное хранение крови, даже на холоду, и особенно разрушение эритроцитов приводят к существенному завышению результатов (гемолиз всего лишь 0,5% эритроцитов сопровождается повышением уровня калия на 0,5 ммоль/л). Даже обычные упражнения рукой при взятии крови из вены с наложением жгута способны вызвать повышение концентрации калия в крови на 10-20% (следствие гипоксии мышц).

В качестве антикоагулянта при получении плазмы предпочтительно использование гепарината лития, т.к. аммонийная соль гепарина, по литературным данным, искажает результаты определения калия на ионоселективных электродах.

Уровень калия в моче весьма вариабелен и сильно зависит от диеты. В норме у взрослых он составляет 25 - 125 ммоль/л, у детей - несколько ниже.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАТРИЯ И КАЛИЯ В БИОМАТЕРИАЛЕ

Для обеспечения точности исследования уровней калия и натрия в биологических средах при взятии материала и подготовке пробы необходимо выполнить ряд условий:

- Забор материала проводится утром, натощак; желательно, чтобы пациент не вставал.
- При наложении манжеты или жгута на руку время пережатия вены должно быть минимальным (не более нескольких секунд); пациенту желательно не напрягать мышцы предплечья.
- Используют сухую иглу достаточного просвета (лучше одноразовую). Первые 0,5-1 мл крови отбрасывают, затем кровь собирают в сухую чистую центрифужную пробирку или вакуумную систему (Вакутейнер и т.п.).
- Для получения плазмы предварительно добавляют гепарин-литий из расчета 0,02 мл (1 капля) на 5-10 мл крови.
- Время до отделения форменных элементов от сыворотки (плазмы) не должно превышать 30-60 мин. Кровь нельзя помещать в холодильник!

Для определения уровней натрия и калия в плазме и сыворотке крови используется ряд методов:

1. Атомно-эмиссионная спектроскопия (пламенная фотометрия).

Метод старый, но достаточно широко применяется до сих пор, в том числе и за рубежом. Пламенная фотометрия основана на том, что *при высокой температуре (19250С, в пламени пропано-воздушной горелки) атомы излучают свет с определенной длиной волны: Na - 589±5 нм (желтая линия), K - 766±5 нм (инфракрасная линия). Анализ выполняется на пламенных фотометрах, содержащих интерференционные фильтры или монохроматор.*

Достоинства	Недостатки
Простота анализа: малое количество пробы, не требуются реактивы	Нужны специальные калибровочные растворы сложного состава, т.к. желтая линия натрия "забивает" калиевое излучение. Для определения натрия и калия требуются разные разведения пробы.
	Нестабильность показаний (зависят от характера пламени), поэтому необходима частая подкалибровка
	Требуется подводка газа (отсюда пожаропасность)

Особенность метода состоит в том, что с его помощью определяется общее количество элемента (в том числе ионизированного). Это особенно важно для кальция и магния, которые в биологических средах ионизированы лишь частично. В то же время для определения кальция требуется более высокая температура, которую может дать лишь ацетилено-воздушная смесь (в лабораториях почти не используется).

2. Химические методы (колориметрия, турбидиметрия).

Основаны на цветной реакции или образовании труднорастворимого соединения (мути):

Na⁺ + уранилацетат калия + Zn²⁺ + тиогликоль -----> окраска

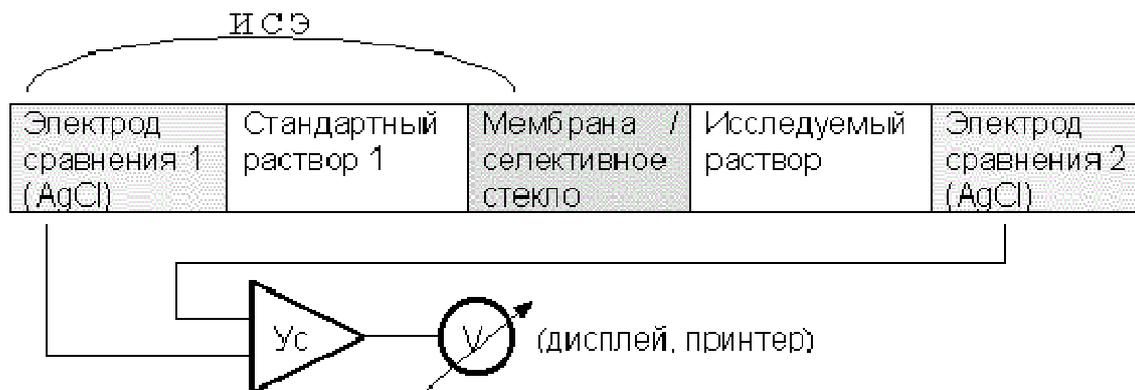
K⁺ + тетрафенилборат натрия --> мутность

Достоинства	Недостатки
Используется обычный ФЭК	Необходимость предварительного осаждения белкови центрифугирования
	Значительные затраты времени (трудно делать срочные анализы)
	Высокая стоимость реактивов

Рядом фирм выпускаются специальные наборы реактивов для определения калия и натрия. Колориметрический и нефелометрический (турбидиметрический) методы выявляют общее количество элементов, включая их ионы.

3. Ионметрия с использованием ионоселективных электродов (ИСЭ).

Этот современный физико-химический метод основан на измерении межэлектродного потенциала, образующегося при контакте с исследуемым раствором калий-(натрий-) селективного электрода и электрода сравнения. Приборы позволяют проводить одновременное определение концентрации нескольких ионов в одной пробе.



Ионметрия обладает **принципиальными преимуществами** перед другими методами:

- определяется "активность иона" (ионизированная фракция) на фоне общей концентрации элемента. Измеренные показания Na⁺ и K⁺ в пробе отличаются от показателей пламенной фотометрии примерно на 7%, поэтому в некоторых приборах вводится специальная коррекция показаний.
- время установления потенциала ИСЭ составляет секунды, что позволяет ускорить проведение анализа;

- широкий диапазон измерений (от 1 моль/л до 10⁻⁶ моль/л), погрешность - около 2%;
- малый объем пробы (0,2-0,3 мл), простота и дешевизна анализа (не требуются дополнительные реагенты);
- измерения можно проводить в непрозрачных, мутных и окрашенных средах.

К недостаткам следует отнести:

- неабсолютную селективность электродов (возможна интерференция с другими ионами);
- для всех электродов характерен некоторый дрейф потенциала, что требует периодической градуировки прибора. Ресурс электродов - от нескольких недель до 1 года.

Натрий-селективные электроды изготавливаются из специального проницаемого для ионов Na⁺ стекла; внутрь заливается электролит с известной активностью ионов натрия и помещается хлорсеребряный электрод сравнения. Срок работы такого электрода измеряется месяцами - годами. В калий-селективных электродах с жидкостной мембраной используется диафрагма, поры которой заполнены раствором проницаемого только для ионов K⁺ активного вещества (ионофора) в органическом растворителе. К сожалению, пористые мембраны непрочны и со временем разрушаются (срок службы - до 1-3 месяцев). Эти недостатки частично устранены в пленочных электродах, в которых активное вещество и растворитель внедрены в полимерную матрицу. Срок службы в этом случае увеличивается до 8-12 месяцев.

Дальнейший прогресс в ионометрии связан с разработкой новых ИСЭ с твердым внутренним контактом между мембраной и металлическим токоотводом (электроды второго поколения). Электродами третьего поколения являются ионоселективные мембранные полевые транзисторы (ИСПТ), которые находят применение в портативных приборах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимические исследования в клинике / Комаров Ф.И., Коровкин Б.Ф., Меньшиков В.В. -Элиста, Джангар, 1998. -250 с.
2. Колб В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической химии. -Минск, 1982.-362 с.
3. Маршалл В.Дж. Клиническая биохимия (пер. с англ.) -СПт, Невский диалект, 1999. -368 с.
4. Медицинские лабораторные технологии, т. 1 / Под ред. проф. А.И.Карпищенко. -СПт, Интермедика, 1998. -438 с.
5. Обмен минеральных соединений / Под ред. проф. Долгова В.В. -М., 1996. -35 с.