**Департамент здравоохранения города Москвы**

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение**

**Департамента здравоохранения города Москвы**

**«Медицинский колледж №1»**

**(ГБПОУ ДЗМ «МК № 1»)**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ**

**конференция**

**"Исследования в области медицины - 2023"**

**Исследование электролитов в неотложных состояниях**

Специальность: 31.02.03 Лабораторная диагностика

Форма обучения: очная

Студентка: Рыкова Алиса Сергеевна

Курс III

Группа Л121-3

Руководитель: Диденко Изабелла Владимировна

**Москва**

**2023**

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ……………………………………………………........................ | 3 |
| Глава 1. Исторические основы лабораторной диагностики неотложных состояний……………………………………………………………………… | 5 |
| Глава 2. Современные организационные аспекты лабораторной диагностики неотложных состояний…........................................................ | 6 |
| Глава 3. Характеристика лабораторных маркеров-электролитов в диагностике неотложных состояний………………………………………… | 10 |
| Глава 4. Лабораторные методы исследования электролитов в экспресс-лабораториях...................................................................................................... | 21 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ……………………………………………………………...... | 27 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ......................................... | 28 |

**ВВЕДЕНИЕ**

***Актуальность темы.*** Неотложные (критические, ургентные) состояния - это крайняя степень любой патологии, при которой требуется интенсивная медикаментозная поддержка жизненно важных функций организма или их искусственное замещение. Ежегодно за медицинской помощью в связи с развитием критических заболеваний и состояний обращается каждый третий житель нашей страны, а каждый десятый – госпитализируется по экстренным показаниям. Диагностика любой болезни начинается с проведения лабораторных исследований. Современная лабораторная диагностика осуществляется в нескольких направлениях: биохимические, цитологические, гематологические, иммунологические, молекулярные анализы. Они позволяют выявлять различные патологии, приводящие к возникновению ургентных состояний. Для незамедлительной диагностики неотложных состояний необходимо проведение экспресс-исследования. Однако полученные результаты лабораторных анализов приобретают действительную ценность только при целенаправленном назначении и их правильной интерпретации. Лабораторные исследования в неотложных состояниях выполняются **как в экспресс-лабораториях специализированных медицинских учреждений, так и в больницах широкого профиля.** В связи с этим **одной из наиболее важных задач лабораторной экспресс-диагностики критических состояний является выполнение исследований, результаты которых необходимы для постановки диагноза в экстренной ситуации, для оценки тяжести состояния больного, определения прогноза, коррекции заместительной или медикаментозной терапии в кратчайшие сроки. Ведь для больных, находящихся в критических состояниях практически важным является как можно более короткий временной интервал, в течение которого необходимо выполнить лабораторные исследования и сообщить результат лечащему врачу. Среди выполняемых экспресс-анализов особое место занимают показатели водно-электролитного и минерального баланса, углеводного и белкового обмена, кислородного статуса и кислотно-основного равновесия крови. В этом перечне лабораторные исследования показателей водно-электролитного обмена имеют важнейшее клинико-диагностическое значение.**

**Изложенное выше, позволяет сделать вывод, что неотложные лабораторные исследования, в том числе электролитно-минерального обмена остаются актуальными и являются одним из важнейших направлений в деятельности клинических экспресс-лабораторий. В связи с этим были определены объект и предмет исследования и поставлены цель и задачи в работе.**

***Цель исследования –*** выявить особое значение определения электролитов в неонатальной реаниматологии.

***Задачи исследования:***

1. Изучить организацию выполнения экспресс-исследований для диагностики неотложных состояний.
2. Охарактеризовать маркеры-электролиты и методы их исследования в экспресс-лабораториях.
3. Рассмотреть лабораторные методы исследования электролитов в экспресс-лабораториях.

***Теоретическая база исследования***, представленная в списке литературных источников, послужила основанием для рассмотрения и анализа важнейших теоретических вопросов, связанных с организацией экспресс-лабораторий.

**Глава 1. Исторические основы лабораторной диагностики неотложных состояний**

Стимулом для развития лабораторной экспресс-диагностики послужила трагедия – пандемия полиомиелита 1952 - 1953 года, приведшая к массовому поступлению больных с бульбарным параличом и необходимостью проведения длительной искусственной вентиляции легких. [21, с. 6-8] Одновременно трагедия явилась стимулом развития респираторной поддержки в ее современном виде – принудительной вентиляции легких (ИВЛ). До начала 50-х годов двадцатого века превалировала так называемая «кирасная» вентиляция: перемещение в пространстве больного, помещенного на платформу. Смертность пациентов при подобной вентиляции составляла до 90%. Вычленив такой параметр как pСO2 из уровня «общего бикарбоната», врачи поняли, что имеют дело не с «парадоксальным алкалозом», а с респираторным ацидозом. Понимание сути проблемы стимулировало развитие методов принудительной вентиляции мешками AMBU с реверсивным клапаном, а также первыми аппаратами искусственной вентиляции легких. Решение этой проблемы привело к снижению смертности до уровня 30%. Итогом напряженной работы клинических отделений по выхаживанию больных на продленной ИВЛ явилось создание первых отделений интенсивной терапии или отделений реанимации. Организатором первого подобного отделения был талантливый доктор Бьерн Ибсен. [21, с. 6-8] В 1952-53 годах удавалось измерить только один параметр рН. Параметр рСО2 рассчитывался по уравнению. В течение двух лет были созданы электроды, измеряющие параметры рСО2и рО2 в пробе цельной крови. В 1956 году Леланд Кларк разрабатывает рО2 электрод. Созданные электроды позволили создать первые анализаторы газов крови и кислотно-основного состояния (КОС). Первые анализаторы, хотя и с большим перечнем ручных процедур, тем не менее, должны были отвечать требованиям экспресс-диагностики неотложных состояний или так называемого STAT-анализа: короткий цикл измерения – 1–2 минуты; быстрое получение результата от момента принятия решения о выполнении анализа до получения распечатки данных – 5–10 минут; минимальный объем пробы крови до 200 мкл (учитывая необходимость достаточно частого повторения забора пробы). Эти требования в дальнейшем сохранились и для последующих поколений анализаторов, выполняющих уже более широкий спектр измерений параметров STAT-анализа. [6; 8; 9]

Последующие пятьдесят лет развития лабораторной экспресс-диагностики привнесли значительное число измеряемых и расчетных параметров. Развитие анестезиологии и реаниматологии, попытки замещения системы функции почек стимулировало разработку электродов для определения концентрации важнейших электролитов крови. В состав анализаторов газов крови были включены ионоселективные электроды с возможностью измерения в той же микропробе цельной крови таких параметров, как концентрация К+, Na+, Ca2+, Cl–. Были созданы также литиевый и магниевый электроды. Тем не менее, первые измеряемые три параметра рН, рО2, рСО2 до сих пор остаются «золотым стандартом» лабораторной экспресс-диагностики. [6; 21]

**Глава 2. Современные организационные аспекты лабораторной диагностики неотложных состояний**

***Критическое (неотложное, ургентное) состояние*** - условный термин, объединяющий различные острые заболевания и патобиохимические нарушения, которые угрожают жизни больного и требуют экстренных лечебных мероприятий, при которых необходимо в кратчайшие сроки облегчить состояние больного. Критические состояния встречаются при заболеваниях и поражениях многих органов и систем и могут возникнуть не только вследствие острых заболеваний и травм, но и в результате обострения хронических болезней или развития осложнений. Экстренные состояния – это те же неотложные состояния, несущие непосредственную угрозу жизни больного в ближайшие минуты и часы. Экстренные состояния, как правило, требуют только парентерального введения лекарственных препаратов, готовности проведения реанимационных мероприятий и обязательной госпитализации больного, по возможности, в специализированные отделения.

***Задачей лабораторной диагностики*** ***неотложных, экстренных состояний*** является выполнение исследований в максимально сжатые сроки, когда результаты необходимы для постановки диагноза в столь критической ситуации, для оценки тяжести состояния больного, для коррекции тактики ведения больного и проведения заместительной или медикаментозной терапии. Решение этих задач в большинстве лечебных учреждений возложено на лабораторию экспресс-диагностики. [4, с. 45 - 47; 7, с. 19 - 22]

***Лаборатория экспресс-диагностики.*** Неотложные лабораторные исследования, проводимые в этих лабораториях – это совокупность методов качественного и/или количественного анализа различного биологического материала, которая позволяет получить результаты анализов в течении короткого времени, при это время от взятия биологического материала до получения результата исследования не должно превышать 40 минут для специализированных лечебных учреждений и один час для экспресс-лабораторий многопрофильных лечебных учреждений.При экстренных состояниях предъявляют более высокие требования к временным параметрам выполнения экстренных лабораторных исследований.Для успешного оказания реанимационной помощи время выполнения экстренных лабораторных исследований не должно превышать 3–5 минут.К таким исследованиям относятся: исследование кислотно-основного состояния, определение гемоглобина, гематокрита, глюкозы крови, исследование электролитов (калий, натрий, кальций, хлориды), лактата.

***Организация выполнения неотложных и экстренных лабораторных исследований проводится по нескольким направлениям:*** внеочередное выполнение отдельных неотложных исследований в основной КДЛ медицинского учреждения, выделение в составе основной клинико-диагностической лаборатории круглосуточного (дежурного) подразделения, создание отдельной лаборатории (экспресс-лаборатории) для круглосуточного выполнения неотложных исследований. Возникают определенные сложности в организации лабораторных исследований для реанимационных больных и больных в ургентных состояниях. Главный недостаток – отсутствие единой структуры и четкой организации лабораторных исследований для больных отделений реанимации и интенсивной терапии, тяжело больных, находящихся на лечении в других отделения стационара, поступающих по неотложным показаниям в приемное отделение. [4, с. 45 - 47; 7, с. 22 - 27]

В последние годы особое внимание уделяется современной концепции лабораторной экспресс-диагностики неотложных состояний, основанной на понятии РОСТ (Point-of-Care-Testing), то есть на анализе «непосредственно у постели больного». Виды РОСТ: диагностика по месту лечения для больниц, клиник или амбулаторной помощи, машин скорой помощи; самотестирование пациентов с помощью приборов диагностики по месту лечения.(4) В клинической практике концепция РОСТ подразумевает инсталляцию и работу анализаторов КОС, газов крови, электролитов, метаболитов (глюкозы, лактата), ко-оксиметров непосредственно в операционной, отделении реанимации, отделении гемодиализа. Практическая реализация данной концепции требует, чтобы современные анализаторы отвечали определенным требованиям. Очевидно, что в практике РОСТ, поддержание работоспособности анализаторов и обеспечение высокого качества проводимых исследований невозможно без использования информационных технологий. [5, с. 5 - 10; 13]

***При выборе современного анализатора КОС и газового состава крови*** специалисты и администраторы ЛПУ обращают внимание на *аналитические возможности и характеристики анализаторов* Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 ноября 2012 г. N 921н "Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю "неонатология"". Определят стандарт оснащения отделения реанимации и интенсивной терапии для новорожденных из расчета на 6 коек: анализатор для определения кислотно-основного состояния, анализатор для определения электролитов, анализатор для определения билирубина в капиллярной крови, система мониторирования газового состава крови (через кожу), тест-полоски для измерения концентрации глюкозы, набор реактивов для определения кислотно-основного состояния и электролитов крови. [1; 8, с. 37 - 38; 9, с. 23 - 29]

Оснащение экспресс-лаборатории и порядок проведения анализа для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями регламентируются Приказом 599н «Об утверждении порядка оказания плановой и неотложной медицинской помощи населению Российской Федерации при болезнях системы кровообращения кардиологического профиля» от 19 августа 2009 г.  [2]

Наиболее востребованными в любых экспресс-лабораториях являются специальные анализаторы, способные провести анализ за короткий срок и выдать точный результат по запрашиваемым показателям. На сегодняшний день для лаборатории в отделении реанимации совершенно необходимы анализаторы газового и кислотно-щелочного состава крови. Наиболее известные и практичные среди них: ABL800 FLEX, ABL80 FLEX COOX, портативный I-STAT 5, AQT90 FLEX, GASTAT-mini. [4, с. 45 - 47; 7, с. 19 - 27; 9, с. 23 - 29; 11]

В последние годы становятся все более популярными в стационарах портативные анализаторы. Их явные преимущества по срокам выполнения анализа видны в таблице 1.

Таблица 1 – Сроки выполнения анализа на портативных анализаторах

|  |  |
| --- | --- |
| ***Исследуемый показатель*** | ***Срок выполнения, минута*** |
| Газообмен и КОС | 5 |
| Электролитный баланс | 5 |
| Гемоглобин, гематокрит | 5 |
| Лактат, глюкоза | 5-10 |
| Креатинин, мочевина | 10 |
| АСТ, АЛТ, КФК, ЛДГ | 10 |
| Тропонин | 10-20 |
| Гемостаз | 10-15 |
| Осмолярность крови, мочи | 5 |

Лабораторные технологии исследования, применяемые для экспресс-диагностики неотложных состояний, включают ряд гематологических, биохимических, серологических и бактериологических методов анализа и осуществляются как в многопрофильных, так и в специализированных медицинских лечебных учреждениях. К неотложному анализу принято относить те виды исследований, результаты выполнения которых призваны непосредственно и незамедлительно оказать влияние на тактику врача в отношении ведения им пациента. Экспресс лабораторные исследования позволяют судить о степени нарушения жизненных функций организма. К ним относятся: параметры исследования КОС, электролитного состава биологических жидкостей, активность ферментов, коагуляционные тесты, показатели клеточных элементов крови. Таким образом, перечень лабораторных исследований, выполняемых в лаборатории экспресс-диагностики, включает в себя общеклинические, биохимические, изосерологические исследования, оценку системы гемостаза, определение концентрации лекарственных препаратов в сыворотке крови. Биохимические исследования в экспресс-лаборатории сводятся к оценке газового состава крови, КОС крови, показателей белкового, углеводного, липидного обмена, активности ферментов, но особое место принадлежит исследованию показателей электролитного обмена. [3, с. 36 - 37]

**Глава 3. Характеристика лабораторных маркеров-электролитов в диагностике неотложных состояний**

***Минеральный обмен*** – совокупность процессов всасывания, усвоения, распределения и пищеварения, а также выделения из организма тех веществ, которые находятся в нем преимущественно в виде неорганических соединений. Минеральные вещества играют основную роль в создании внутренней среды организма с постоянными физико-химическими свойствами, что обеспечивает нормальное функционирование клеток и тканей, поэтому так важно нахождение их концентрации в адекватных границах нормы, в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 – Нормальное распределение электролитов в организме

***Исследование минерального электролитного обмена*** заключается в определении содержания различных макро- и микроэлементов в организме пациента. К таким показателям относятся: калий, магний, натрий, хлор, железо, кальций. Базовый анализ включает в себя определение 20 – 25 элементов, расширенный – порядка сорока, а экспресс-анализ в неотложных состояниях ограничивается четырьмя – пятью аналитами, электролитами. В качестве материала для исследований чаще всего используется артериальная кровь. Нарушение баланса минеральных веществ могут приводить к развитию различных патологических состояний или к усугублению ургентных состояний, поэтому важно вовремя диагностировать их и начать лечение. [6, с. 46 - 49; 12, с. 10 - 14; 14; 15]

***Электролит калий (K+)*** - основной катион внутриклеточной жидкости, где его концентрация в 25 – 37 раз выше (∼150 ммоль/л в клетках тканей, ∼105 ммоль/л в эритроцитах), чем во внеклеточной жидкости (∼4 ммоль/л). Калий выполняет несколько жизненно важных функций в организме, такие как регуляция нервно-мышечной возбудимости, регуляция сердечного ритма, регуляция внутриклеточного и внеклеточного объема и кислотно-основного состояния. Диапазоны нормального значения калия для различных возрастных групп указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Референтные пределы концентрации ионов калия

|  |  |
| --- | --- |
| ***Возрастная группа*** | ***Ммоль/л, мэкв/л*** |
| Взрослые | 3,5 – 5,1 |
| Дети | 3,4 – 4,7 |
| Грудные дети | 4,1 – 5,3 |
| Новорожденные | 3,7 – 5,9 |
| Новорожденные, пуповина | 5,6 – 12,0 |
| Недоношенные 48 часов | 3,0 – 6,0 |
| Недоношенные, пуповина | 5,0 – 10,2 |

Организм человека содержит примерно 3500 ммоль (137 г) калия, который почти весь (98 %) находится внутри клеток; только 1,5 % содержится во внеклеточной жидкости в концентрации примерно 4,0 ммоль/л. Концентрация внутриклеточного калия, напротив, близка к 150 ммоль/л. Отношение внутриклеточной и внеклеточной концентраций (150/4) приводит к образованию на клеточной мембране электрохимического градиента, что играет ключевую роль в создании потенциала покоя, особенно в сердечных и нервно-мышечных клетках. Этот большой трансмембранный концентрационный градиент поддерживается ионным насосом Na+/K+-ATФазы, расположенным в клеточной мембране, что можно увидеть на рисунке 2.

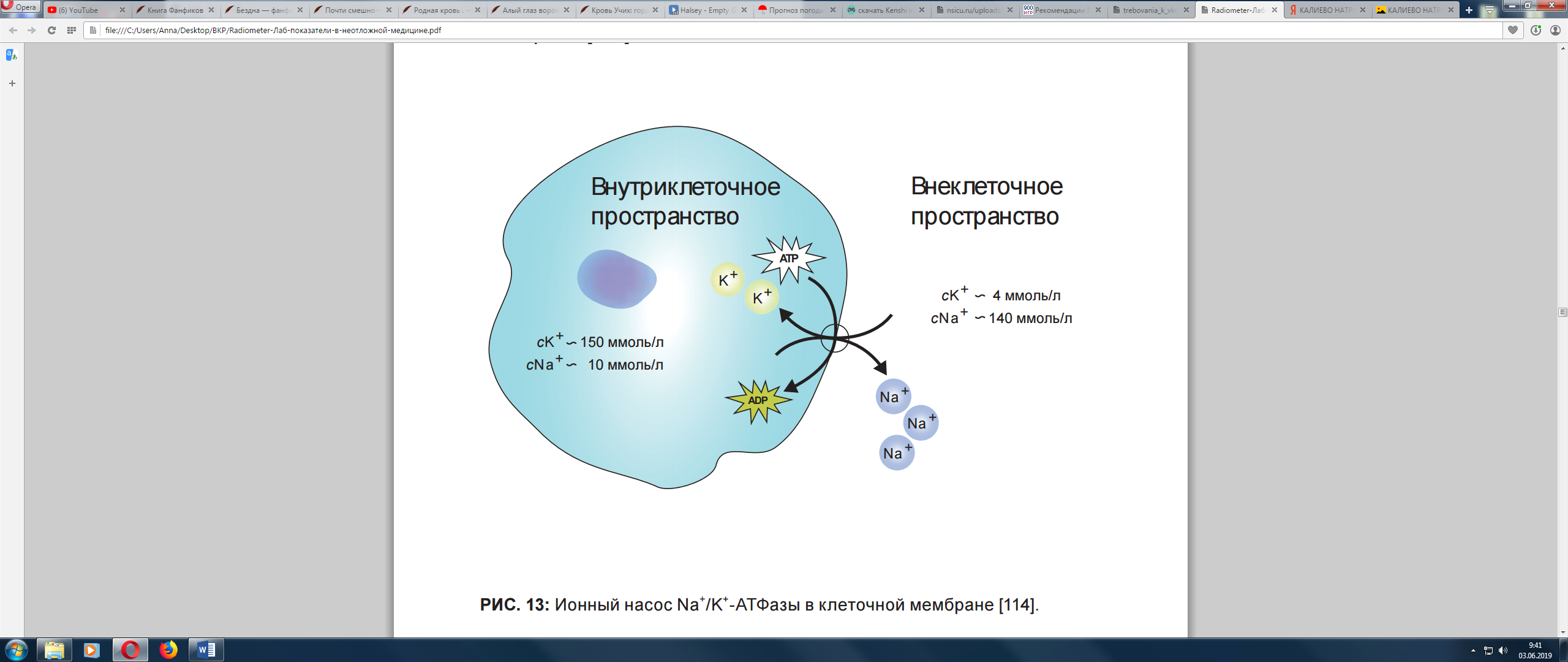


Рисунок 2 - Принципиальная схема устройства натриево-калиевого насоса

Это энергозависимый процесс постоянного перекачивания в клетку двух катионов K+ в обмен на три катиона Na+. Концентрационный градиент калия определяет мембранный потенциал покоя и электрические свойства возбудимых клеток, включая их способность к проведению электрических сигналов, что показано на рисунке 3.



Рисунок 3 - Работа натриево-калиевого насоса в клетке

Примерно 20 – 30 % госпитализированных пациентов имеют нарушения содержания калия. Диагностика таких нарушений калия очень важна, так как если их не устранить, то состояние пациента может значительно ухудшиться, вплоть до внезапной остановки сердца в наиболее тяжелых случаях. Вследствие этого калий – один из наиболее часто измеряемых биохимических параметров. Концентрация калия во внеклеточной жидкости определяется равновесием между его потреблением и потерей. Почечная регуляция экскреции калия зависит от гормона надпочечников альдостерона; повышение уровня концентрации калия стимулирует его синтез и освобождение. Альдостерон снижает концентрацию калия во внеклеточной жидкости путем усиления его почечной экскреции. Внутреннее перераспределение калия, то есть перемещение внутрь или из клеток, - это дополнительный фактор, который может повлиять на калий внеклеточной жидкости без изменения общего содержания электролита в организме. Инсулин стимулирует Na+/K+-ATФазу и, тем самым, перенос калия внутрь клеток, снижая его концентрацию во внеклеточной жидкости. Обратное движение в обмен на ионы водорода через клеточную мембрану определяет зависимость от кислотно-основного состояния. Вследствие высокой внутриклеточной концентрации калия любая патология, сопровождающаяся обширным лизисом клеток, приводит к массивному выходу электролита из клеток и последующему увеличению его концентрации в межклеточном пространстве. [6, с. 61 - 86; 14, с. 87 - 117; 15]

Снижение внеклеточного калия (<3,5 ммоль/л) называют гипокалиемией. Увеличение - (> 5,0 ммоль/л) называют гиперкалиемией. Из этих двух состояний гипокалиемия встречается чаще и затрагивает более широкий круг пациентов, тогда как гиперкалиемия - потенциально более тяжелое состояние и наблюдается почти исключительно на фоне нарушения функции почек. Как тяжелая гипокалиемия, так и тяжелая гиперкалиемия - неотложные состояния, требующие немедленного лечения. [16; 17; 19; 20, с. 75 - 76; 21, с. 113 - 118]

***Электролит натрий (Na+)*** - основной катион внеклеточной жидкости, где его концентрация (∼140 ммоль/л) в 14 раз превышает концентрацию во внутриклеточной жидкости (∼10 ммоль/л). Диапазон нормы данного катиона рассмотрен в таблице 3. Натрий вносит основной вклад в осмолярность внеклеточной жидкости, и его основная функция - регуляция водного баланса и поддержание артериального давления. Na+ играет важную роль в проведении нервного импульса и активации мышечного сокращения.

Таблица 3 – Диапазон референтных значений иона натрия

|  |  |
| --- | --- |
| ***Возрастная группа*** | ***Ммоль/л, мэкв/л*** |
| Взрослые | 136 – 145 |
| Дети | 138 – 145 |
| Грудные дети | 139 – 146 |
| Новорожденные | 133 – 146 |
| Новорожденные, пуповина | 126 – 166 |
| Недоношенные 48 часов | 128 – 148 |
| Недоношенные, пуповина | 116 – 140 |

Около 30 % из приблизительно 4000 ммоль (92 г) натрия находятся в организме человека в виде комплексов в составе костей, почти весь остальной натрий растворен во внеклеточной жидкости. Как основной компонент внеклеточной жидкости, Na+ определяет ее осмолярность, потому и распределение воды между внутриклеточным и внеклеточным компартментами. Это определяет роль натрия в поддержании объема крови и артериального давления. Диснатриемия может быть чаще результатом нарушения водного баланса или реже – нарушением баланса самого электролита, или комбинации этих причин. Если концентрация натрия во внеклеточной жидкости слишком снижается, вода перемещается в клетки, вызывая их набухание. Это особенно опасно для клеток головного мозга, так как их расширение увеличивает внутричерепное давление, вызывая отек мозга.

Снижение содержания внеклеточного натрия (<135 ммоль/л) называют гипонатриемией. Увеличение - (>145 ммоль/л) называют гипернатриемией. Снижение внеклеточного натрия наблюдается у 15 – 20 % госпитализированных пациентов, увеличение встречается реже, у 1 – 2 % госпитализированных пациентов. Выявление диснатриемии очень важно, так как если ее не устранить, то в тяжелых случаях состояние пациента может значительно ухудшиться, вплоть до смертельного исхода. Диснатриемия, как было показано, является независимым фактором риска смерти при критических состояниях. Организм поддерживает концентрацию натрия в нормальном диапазоне путем постоянного контроля потерь воды с мочой, сохраняя постоянный состав внеклеточной жидкости, несмотря на изменяющееся потребление воды. Чувство жажды и соответствующее освобождение антидиуретического гормона аргинин-вазопрессина (АДГ) способствуют гомеостазу состава внеклеточной жидкости. Обычно с пищей поступает гораздо больше натрия, чем минимально необходимо. Избыток Na+ выводится почками с мочой, поэтому его баланс зависит от способности почек регулировать выведение электролита так, чтобы оно соответствовало его поступлению. Этот процесс регулируется гормоном надпочечников альдостероном, выделение которого зависит от активности ренин-ангиотензиновой системы. Натрий - составная часть секретов желудочно-кишечного тракта, таких как желчь и секрет поджелудочной железы. Острая тяжелая гипернатриемия - потенциально смертельное состояние. Ложно низкая или высокая концентрация внеклеточного натрия (псевдогипо- или псевдогипернатриемия) может наблюдаться, если плазма содержит высокие или низкие концентрации липидов или белков. [14, с. 87 - 117; 20, с. 74 – 75; 21, с. 120 - 126]

***Электролит хлор (Cl–)*** - основной анион внеклеточной жидкости и один из наиболее важных анионов крови. Основная функция хлора - поддержка осмотического давления, жидкостного баланса, мышечной активности, электронейтральности плазмы. Измерение концентрации хлора помогает установить причину кислотно-основных нарушений. Анион играет крайне важную роль в жизнедеятельности организма, поэтому особенно необходимо его нахождения в строго определенных границах концентрации, указанных в таблице 4.

Таблица 4 – Референтные пределы концентрации хлорид-иона

|  |  |
| --- | --- |
| ***Возрастная группа*** | ***Ммоль/л, мэкв/л*** |
| Взрослые | 98 – 111 |
| Взрослые> 90 лет | 98 – 107 |
| Новорожденные | 98 – 113 |
| Недоношенные | 95 – 110 |
| Пуповина | 96 – 104 |

Аналогично натрию, большая часть из примерно 3200 ммоль (113 г) хлорида присутствует в организме человека в составе внеклеточной жидкости. Внеклеточная концентрация составляет примерно 100 ммоль/л, тогда как концентрация во внутриклеточной жидкости близка к 2 – 5 ммоль/л. Как второй по распространенности ион внеклеточной жидкости после натрия, и анион внеклеточной жидкости с наибольшей концентрацией, Cl– очень важен для поддержания нормальной осмолярности плазмы, обеспечивая 100 из 300 мосмоль внеклеточной жидкости. Вместе с натрием, хлор регулирует перемещение воды между внеклеточным и внутриклеточным компартментами, а также объем циркулирующей крови и артериальное давление. Хлорид очень важен для поддержания электрохимической нейтральности плазмы, обеспечивая 70 % всех отрицательных зарядов плазмы. Ионы хлора секретируются париетальными клетками желудка в составе соляной кислоты - составной части желудочного сока, необходимого для многих процессов переваривания и всасывания пищи. Клиническая важность измерения концентрации хлора заключается в оценке причины кислотно-основного нарушения, так как патологический уровень хлора сам по себе обычно указывает на серьезное метаболическое нарушение, такое как метаболический ацидоз или алкалоз. В отсутствие кислотно-основного нарушения, хлор почти всегда следует за натрием, поэтому измерение хлора дает мало информации для рутинной оценки жидкостного и электролитного баланса; достаточно измерения внеклеточного натрия, а внеклеточный хлор не дает дополнительной информации. Поддержание хлорида в нормальном диапазоне определяется почечной регуляцией потери электролита с мочой. Ежедневное потребление намного больше, чем требуется для восполнения нормальных физиологических потерь с мочой, потом и калом, поэтому для поддержания баланса большая часть потребленного хлора должна экскретироваться с мочой. Экскреция хлора почками, как и экскреция натрия, регулируется гормоном альдостероном и ренин-ангиотензиновой системой. [20, с. 81 – 83; 21, с. 127 - 133]

Снижение концентрации внеклеточного хлора (<98 ммоль/л) называют *гипохлоремией*. Увеличение - (>107 ммоль/л) называют *гиперхлоремией*.

***Электролит кальций (Ca2+)*** - один из наиболее распространенных катионов организма, причем примерно 1 % находится во внеклеточной жидкости. Кальций играет ключевую роль в минерализации костей и многих клеточных процессах, таких как сокращения сердца и скелетных мышц, нейромышечная передача, секреция гормонов, ферментативные процессы, например, свертывание крови, поэтому его показатель должен находится в строго ограниченных количествах, что указано в таблице 5.

Таблица 5 – Референтные пределы концентрации ионов кальция

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Возрастная группа*** | ***Ммоль/л*** | ***Мг/дл*** |
| Взрослые | 1,15 – 1,33 | 4,6 – 5,3 |

Практически весь (99 %) из приблизительно 1 кг кальция, находящегося в теле человека, содержится в костях и зубах. Оставшийся 1 % распределен между внутриклеточной жидкостью всех клеток и внеклеточной жидкостью. Только 8,7 ммоль (350 мг) кальция находится в плазме крови с общей концентрацией ∼2,5 ммоль/л (10 мг/дл). Из этих 350 мг, около 40 % связаны с белками (преимущественно с альбумином) и 10 % образуют комплексы с различными анионами. Оставшиеся 50 % находятся в виде «свободного» ионизированного кальция в концентрации ∼1,25 ммоль/л (5 мг/дл). Эти три фракции кальция находятся в равновесии, но только ионизированный Ca2+ физиологически активен. Очень небольшая часть кальция костей обменивается с кальцием плазмы; это важно для регуляции внеклеточного кальция. Его поддержание в нормальном диапазоне важно не только для структурной целостности костей, но и для ряда других физиологических функций, включая: гемостаз (кальций - важнейший кофактор процесса свертывания крови), сокращение сердца и скелетных мышц, нейромышечная передача, действие многих гормонов (кальциевая передача сигнала). Нарушения метаболизма кальция, приводящие к изменению его концентрации, часто наблюдаются у госпитализированных пациентов, особенно у пациентов в критическом состоянии, среди которых распространенность таких нарушений доходит до 85 %. Как увеличение, так и уменьшение уровня кальция проявляются клинически в тяжелых случаях могут быть смертельными. В широком смысле концентрация кальция отражает баланс между эти электролитом, поступившем с пищей и абсорбированным в желудочно-кишечном тракте, и потерями его с мочой. Кроме того, как указано выше, кальций может переходить из костей в плазму и обратно. Экскреция с мочой и вымывание из костей регулируются паратиреоидным гормоном (ПТГ), а абсорбция кальция, поступающего с пищей, регулируется производным витамина D – кальцитриолом (1,25-дигидроксихолекальци-ферол). ПТГ освобождается из паращитовидных желез в ответ на снижение уровня Ca2+, он действует на почки, где он снижает экскрецию кальция, и на костную ткань, где он стимулирует освобождение кальция из костей в плазму. ПТГ также стимулирует секрецию кальцитриола почками, что, в свою очередь, стимулирует абсорбцию кальция в кишечнике. Совместное действие ПТГ и кальцитриола приводит к увеличению концентрации электролита до уровня, который по принципу обратной связи останавливает секрецию ПТГ и кальцитриола. Таким образом, ПТГ и кальцитриол поддерживают концентрацию кальция в нормальном диапазоне, а иллюстрацию данных процессов можно рассмотреть на рисунке 4.

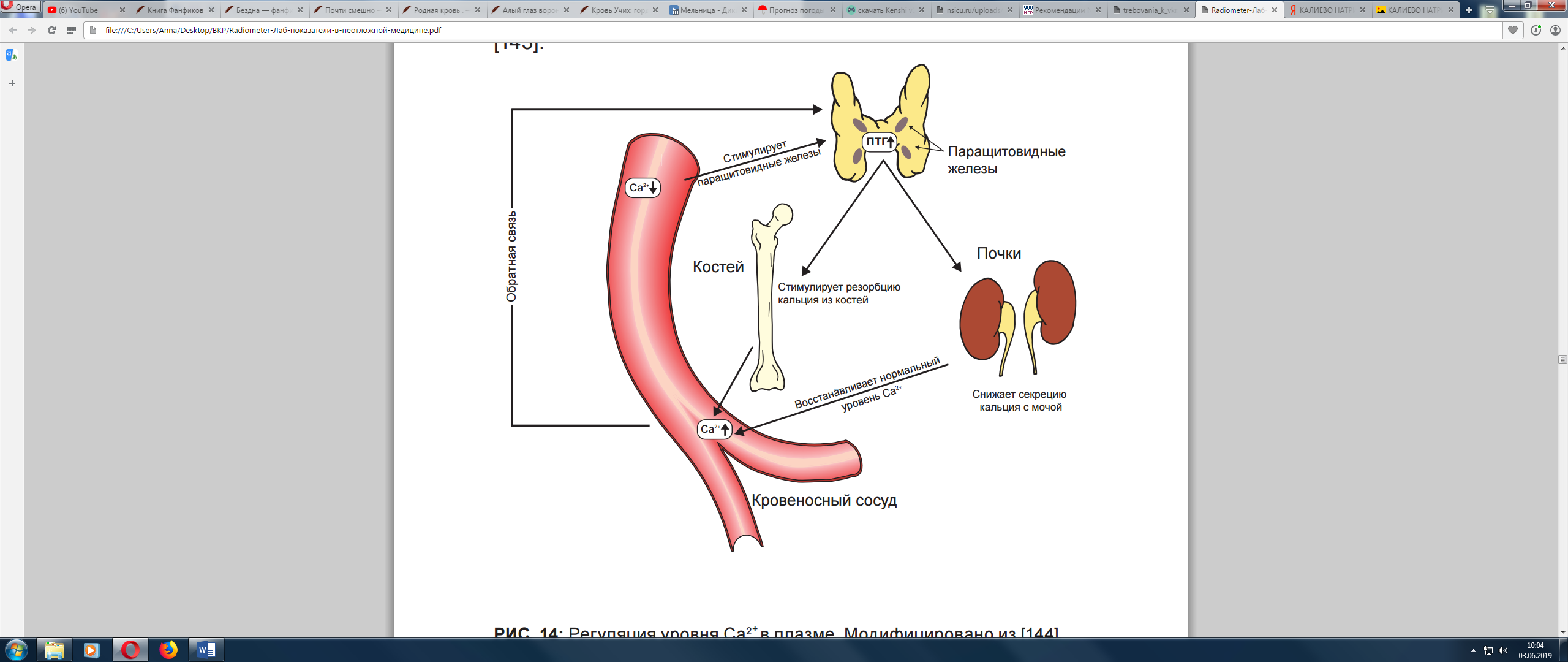


Рисунок 4 - Баланс кальция в организме

Снижение концентрации кальция в плазме (<1,15 ммоль/л (4,6 мг/дл)) называют *гипокальциемией.* Клинически гипокальциемия никогда не бывает единственным симптомом; она может наблюдаться на фоне ацидоза, гипотермии и инфузионной терапии. Увеличение (>1,30 ммоль/л (5,2 мг/дл)) - называют *гиперкальциемией*. Поддержание нормальной концентрации кальция в плазме более важно для выживания, чем поддержание нормального количества кальция в костях, и, если кальция поступает недостаточно, организм поддерживает ее в плазме в ущерб минерализации костей. [14, с. 137 – 162; 20, с. 78 – 80; 21, с. 133 - 140]

***Водородный показатель (pH),*** определяющий степень кислотности или щелочности любой жидкости (включая кровь) – функция концентрации ионов водорода H+, – это способ выражения активности ионов водорода. Для данного показателя существуют строгие пределы, что показано в таблице 6.

Таблица 6 – Референтные интервалы pH

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Возрастная группа*** | ***Артериальная кровь*** | ***Венозная кровь*** |
| Взрослые, дети | 7,35 – 7,45 | 7,32 – 7,43 |
| Взрослые 60-90 лет | 7,31 – 7,42 | - |
| Взрослые> 90 лет | 7,26 – 7,43 | - |
| Недоношенные 48 часов | 7,35 – 7,50 | - |
| Доношенные 24 часа | 7,29 – 7,45 | - |
| Пуповинная кровь | 7,18 – 7,38 | 7,25 – 7,45 |

При нормальном метаболизме постоянно вырабатываются H+ и CO2, вызывающие снижение pH. Несмотря на эту нормальную тенденцию к ацидозу, pH остается под жестким контролем в узком диапазоне 7,35 – 7,45. Даже небольшое отклонение за пределы этого нормального диапазона может вызвать множество нарушений клеточного метаболизма, приводящих к дисфункции органов и тканей. pH ниже 6,8 или выше 7,8 обычно несовместим с жизнью. В поддержании нормального кислотно-основного гомеостаза участвуют легкие, почки, а также буферные системы крови. Измерение pH дает информацию, работают ли нормально эти механизмы гомеостаза. Хотя измерение pH позволяет выявить кислотно-основное нарушение (*ацидоз* – понижение значение рН, *алкалоз* - повышение) и оценить его тяжесть, оно не дает представления о причине нарушения. Вследствие большой физиологической важности поддержания pH в нормальном диапазоне кислотно-основные нарушения сопровождаются компенсаторным ответом, направленным на нормализацию pH. Важно помнить, что нахождение pH в пределах референтного диапазона не исключает кислотно-основного нарушения. Смешанные кислотно-основные нарушения – частая причина нормального pH при кислотно-основных нарушениях. В этих случаях повышение pH, вызванное алкалозом, компенсируется снижением pH, вызванным ацидозом. В акушерстве и неонатологии pH крови из головки плода часто используется, как независимый параметр для принятия клинических решений при родах высокого риска, когда электронный мониторинг плода (ЭМП) указывает на риск гипоксии плода. Снижение pH крови плода указывает на гипоксию, которая может значительно повлиять на функцию различных органов плода, таких как центральная нервная система и сердечно-сосудистая система. Так как низкий pH (ацидоз) связан с риском асфиксии при рождении и последующего неврологического поражения, он является показанием для немедленного родоразрешения путем кесарева сечения. pH крови плода равный или выше 7,25 рассматривается, как нормальный, но pH крови плода ниже 7,20 обычно рассматривается, как однозначное свидетельство ацидоза и дистресса плода, что требует немедленного родоразрешения. Водородный показатель артериальной крови из пуповины дает информацию о новорожденных. Выраженная ацидемия при рождении свидетельствует о гипоксии и риске вызванных гипоксией тяжелых длительных неврологических нарушений вплоть до церебрального паралича. Водородный показатель пуповинной крови измеряют при рождении. [20, с. 17 – 18; 21, с. 79 - 86]

**Глава 4. Лабораторные методы исследования электролитов в экспресс-лабораториях**

Для правильной оценки состояния и адекватной коррекции нарушения гомеостаза необходимо исследование основных показателей водно-электролитного баланса: концентрации калия, натрия, кальция, магния, хлора и неорганического фосфора в крови и моче.

Для правильной диагностики и коррекции многих патологических состояний, оценки концентрационной и выделительной функции почек и изучения резервных возможностей организма в условиях модуляции водно-электролитного баланса необходимо измерение содержания натрия и калия в другой биологической жидкости – в моче. У здоровых лиц концентрация натрия в суточной моче составляет 60 - 120 ммоль/л, а концентрация калия – 20 - 60 ммоль/л.

При различных патологических состояниях, в современных терапевтических и хирургических клиниках, у больных до, во время, и после операций на сердце, с искусственным кровообращением и трансплантацией органов, у пациентов с острой и хронической почечной недостаточностью, при использовании экстракорпоральных методов лечения (гемосорбция, гемофильтрация, гемодиализ) приобретает большое клинико-диагностические значение определение содержания натрия и калия и в эритроцитах. У здоровых людей концентрация натрия в эритроцитах составляет 13 - 21 ммоль/л, а калия – 79 - 115 ммоль/л. В современных биохимических лабораториях измерение концентраций натрия и калия в биологических жидкостях проводится одновременно. Лабораторные технологии для определения этих электролитов в настоящее время базируются на двух основных методах анализа – пламенная фотометрия и потенциометрия (с ионселективными электродами), хотя в КДЛ также используются химические и ферментативные колориметрические методы. [10, с. 174 - 182; 14, с. 87 – 162; 18]

***Пламенная атомно-эмиссионная спектрометрия (ПАЭС)*** представляетсобой один из видов эмиссионного спектрального анализа, основанного на фотометрировании излучения химических элементов в пламени, что позволяет определять их концентрацию с точностью 2-4%. Принцип действия пламенного фотометра основан на свойстве щелочных и щелочноземельных металлов диссоциировать на атомы при высокой температуре.Анализируемый раствор в виде аэрозоля вводится посредством специального распылителя в пламя горелки. В пламени молекулы распадаются на ионы, их электроны переходят в разные квантовые состояния, и, в результате, испускают квант света. При определении диапазона концентрации интенсивность излучения данного элемента в видимой области спектра пропорциональна содержанию определяемого элемента в пробе. Натрий окрашивает пламя в ярко-желтый цвет, калий – в слабый, красно-фиолетовый. Принципиальная схема метода ПАЭС представлена на рисунке 5.

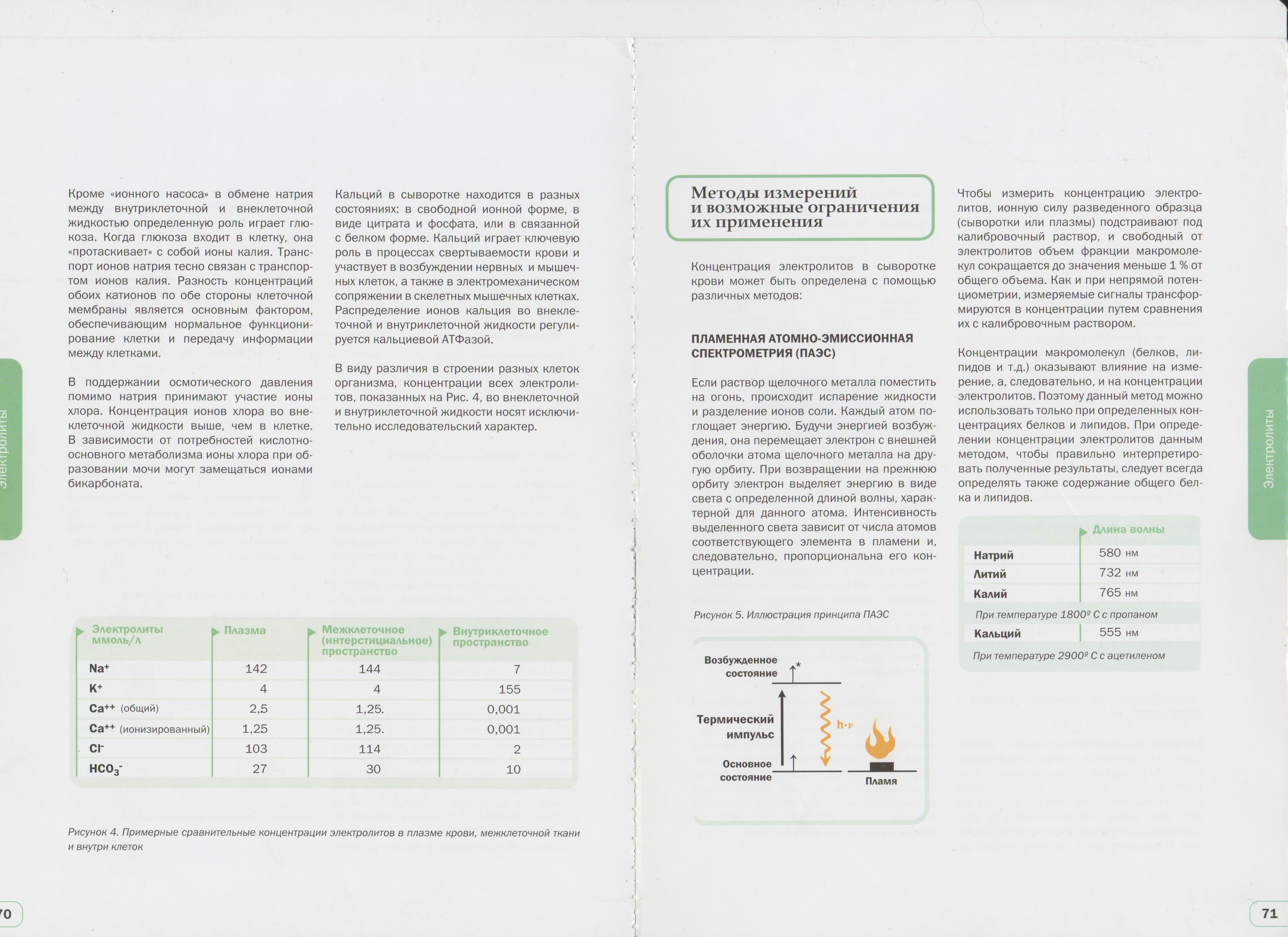


Рисунок 5 - Иллюстрация принципа действия фотометра на основе пламенной атомно-эмиссионной спектрометрии

В настоящее время, на основе пламенной фотометрии, работают пламенные фотометры-анализаторы.

***Потенциометрический метод с применением ионоселективных электродов (ИСЭ).*** В последнее десятилетие в связи с изобретением надежных и стабильно работающих ионселективных электродов появились созданные на их основе ионселективные анализаторы, которые позволяют проводить непосредственно в биологическом материале определение концентрации ионов натрия и калия. Принцип метода состоит в измерении электрохимического потенциала ионселективного электрода, погруженного в исследуемый раствор (кровь, плазма, моча). Определить абсолютное значение потенциала невозможно. Потенциал отдельного электрода может быть измерен только по отношению к потенциалу другого электрода - электрода сравнения. В качестве электродов сравнения чаще используют неполяризующиеся электроды, у которых потенциал воспроизводится многократно с высокой точностью. В качестве электродов сравнения используют нормальный водородный электрод, так как его потенциал принят равным нулю при любых температурах, хлорид-серебряный электрод. Помимо электрода сравнения для анализа также необходим индикаторный электрод. Он реагирует на изменение концентрации ионов электролитов, титранта или образующихся продуктов в растворе. Потенциал электрода устанавливается почти сразу при изменении концентрации определяемых ионов и не зависит от присутствия других ионов в растворе. Если потенциометр и электродная система предназначены для измерения активности только водородных ионов, прибор называется рН-метром. Принципиальная схема работы потенциометра представлена на рисунке 6, и включает в себя электрод сравнения, с известным потенциалом, и индикаторный (ионселективный) электрод, потенциал которого измеряется. Значение потенциала индикаторного электрода позволяет судить об активности присутствующих в растворе ионов электролитов: калия, натрия, кальция. [10, с. 174 - 182; 14, с. 87 – 162; 19]

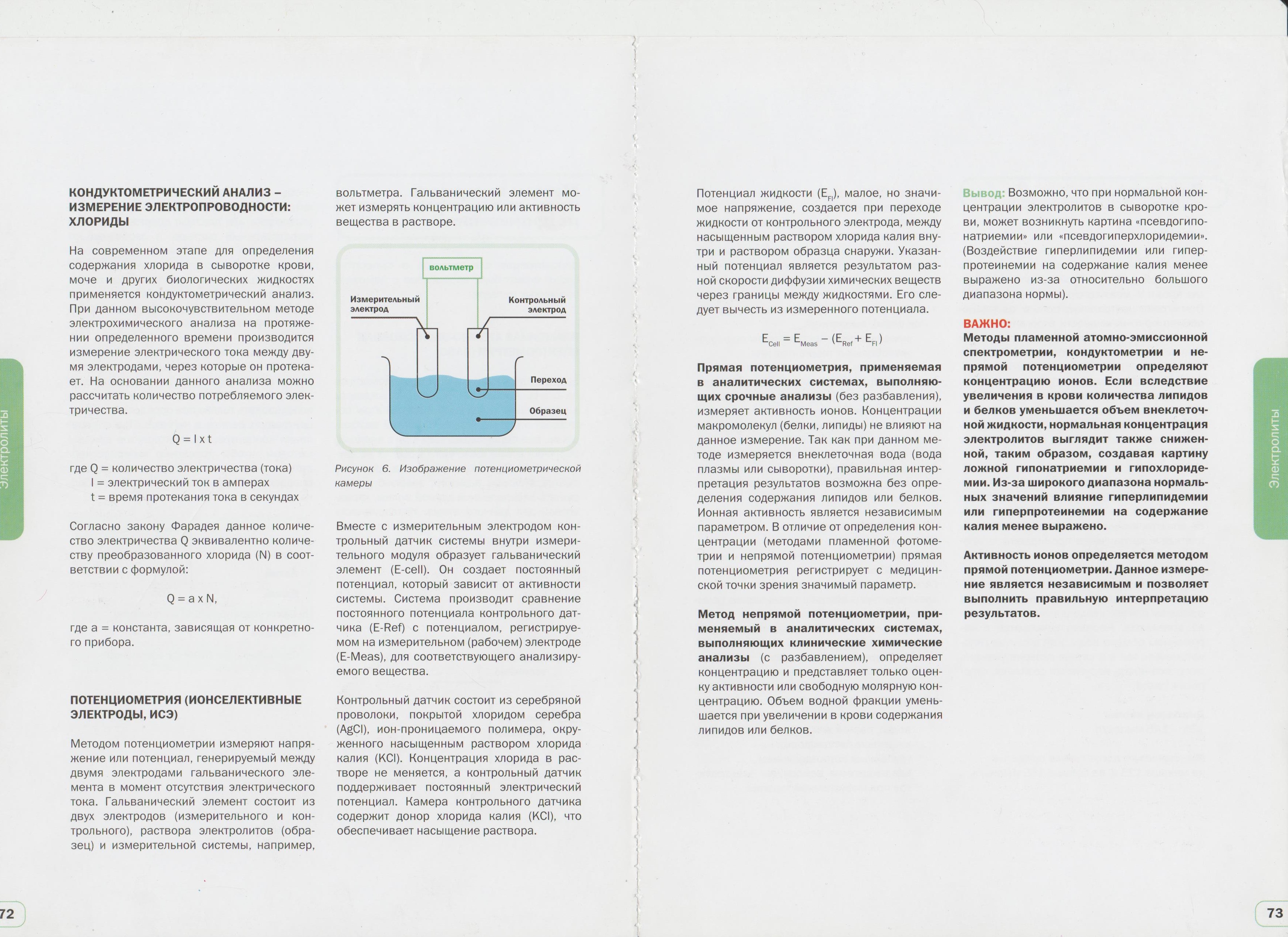


Рисунок 6 - Принципиальная схема потенциометрического определения ионов электролитов

Ионселективные анализаторы – малогабаритные настольные приборы, позволяют устанавливать уровень свободных, не связанных с белком, а, следовательно, функционально активных ионов электролитов. В России ионселективные анализаторы натрия и калия производит компания «Кверти-Мед». Эти анализаторы выгодно отличаются от пламенных фотометров компактностью, бесшумной работой, безопасностью, быстрым действием (анализ пробы проводится в течение 30-90 секунд), наличием автоматической самокалибровки через определенные интервалы времени. Отличительной особенностью этих анализаторов является возможность измерения содержания электролитов цельной крови, что невозможно при использовании пламенной фотометрии. Для исследования концентрации калия и натрия пламенной фотометрией необходим достаточно большой объем исследуемой пробы цельной крови - не менее 3-4 мл, или минимум 0,5 мл плазмы или сыворотки. Для ионселективного определения достаточно 20-100 мкл биологического материала. В современных анализаторах неотложных состояний выпускаются многочисленные модификации газов крови со встроенными в них ионселективных блоков (с различным набором ионселективных электродов) для определения концентрации электролитов натрия, калия, ионизированного кальция, хлоридов, что позволяет измерять до 12 показателей (аналитов) одновременно в одной пробе.

***Химические фотометрические методы.*** Принцип метода основан на реакции образования окрашенных комплексов при взаимодействии ионов электролитов с соответствующими химическими реактивами. Эти наборы реагентов могут быть использованы в работе на биохимических полуавтоматических анализаторах.

***Энзиматические (ферментативные) методы.***  Определение содержания электролитов в биологическом материале базируется на способности электролита активировать ферменты, который катализирует превращение соответствующих им продуктов, после чего можно обнаружит это по нарастанию их содержания, что регистрируется кинетически, или по конечной точке. [10, с. 174 - 182; 14, с. 87 – 162; 16; 18; 19]

Таким образом, анализируя изложенные выше теоретические основы лабораторной диагностики неотложных состояний, изучив лабораторные методы анализа маркеров-электролитов в экспресс-лабораториях, можно прийти к выводу, что проведение исследований показателей водно-электролитного обмена остается одним из основных направлений в работе экспресс-лабораторий для диагностики неотложных состояний. Именно этот тезис положен в основе планирования и выполнения экспериментальной работы, изложенной в второй главе по теме дипломной работы.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Подводя итоги, анализируя изученные теоретические данные выполненн в соответствии с поставленными целью и задачами, следует отметить:

- Клиническая лабораторная диагностика играет все более важную роль на современном этапе развития медицины. Одним из основных направлений в деятельности клинических биохимических диагностических лабораторий являются лабораторные исследования показателей водно-электролитного обмена.

- В современных экспресс-лабораториях особое внимание уделяется исследованиям системы гомеостаза. При этом, важнейшими показателями являются: кислородный статус, аналиты кислотно-основного равновесия и водно-электролитного баланса.

- Исследование динамики изменения концентрации электролитов и водородного показателя у новорожденных, находящихся в критических состояниях, играют огромную роль в жизнедеятельности организма и поддержании его гомеостаза.

Таким образом, выполненные поставленные задачи позволили достигнуть обозначенную цель: выявит особое значение определения электролитов в неонатальной реаниматологии.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 ноября 2012 г. N 921н "Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю "неонатология""
2. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 19.08.2009 N 599н (ред. от 28.04.2011) «Об утверждении Порядка оказания плановой и неотложной медицинской помощи населению Российской Федерации при болезнях системы кровообращения кардиологического профиля».
3. Беневоленский Д. С. Биомаркеры в экспресс-диагностике неотложных состояний / Д. С. Беневоленский // Клиническая лабораторная диагностика. – 2012. - №9. – С. 36-37.
4. Дементьева И. И. Организация лаборатории экспресс-диагностики в клинике хирургического профиля. // Справочник заведующего КДЛ. – 2006. - №12. – С. 45-47.
5. Дементьева И. И. Технологии «point of care» в клинике неотложных состояний / И. И. Дементьева, Ю. А. Морозов, М. А. Чарная, А. В. Гончарова // Клиническая лабораторная диагностика. – 2013. - №7. – С. 5-10.
6. Долгов В.В., Эмануэль В. В., Ройтман А. П., Лабораторная диагностика нарушений водно-электролитного обмена. Учебное пособие. – М. – СПб.: ООО «Издательство «Триада», 2015. – 104 с.
7. Кишкун А. А. Организационные аспекты лабораторной диагностики неотложных состояний / А. А. Кишкун, С. Л. Арсенин // Клиническая лабораторная диагностика. – 2012. - №13. – С. 19-27.
8. Кишкун А. А. Лабораторная диагностика неотложных состояний с позиции доказательной медицины / А. А. Кишкун, С. Л. Арсенин // Клиническая лабораторная диагностика. – 2012. - №9. – С. 37-38.
9. Клычникова Е. В., Годков М. А. // Современные лабораторные технологии в диагностике неотложных состояний: Материалы городского семинара. – Т. 215. – М., 2010. – С. 23-29.
10. Кукаева Е. А., Дементьева И. И. Методики исследования электролитов. В кн. «Методики клинических лабораторных исследований». М., - 2009 – С. 174-182.
11. Назаренко Г. И., Кишкун А. А. Лабораторные методы диагностики неотложных состояний. – М.: ООО «Лабдиаг», - 2002. – 420 с.
12. Павлушкина Л. В. Биомаркеры в клинической практике /Л. В. Павлушкина, Е. А. Черневская, И. Б. Дмитриева, Н. В. Белобородова // Лабораторная диагностика. – 2013. - №3. – С. 10-14.
13. Торшин В. А., Лабораторная экспресс-диагностика неотложных состояний в свете концепции РОСТ и современных технологических достижений // - Москва, РМАПО. – 2014. – 43 с.
14. Хиггинс К., Расшифровка клинических лабораторных анализов / К. Х иггинс – 7-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 592 с.: ил.
15. Чиркин А. А., Биохимия: Учебное руководство / А. А. Чиркин, Е. О. Данченко. - М.: Мед лит., 2010. - 624 с., ил.
16. Инвитро диагностика. Лабораторный справочник. / Под редакцией: Кондрашева Е. А., Островского А.Ю. // - Москва, «Медиздат». – 2007. – 560
17. Клиническая лабораторная диагностика: в 2 т. / под ред. Профессора В. В. Долгова. – М.: ООО "Лабдиаг", - 2017. - 464 с.
18. Руководство по лабораторным методам диагностики. А. А. Кишкун. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 800 с.
19. Теория лабораторных биохимических исследований / Л.М. Пустовалова. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 397 с.
20. Диагностика критических состояний /Под редакцией: SIEMENS – МедСервис. - Eschborn, 2008. - 130 с., ил.
21. Лабораторные показатели в неотложной медицине: Руководство /Под редакцией: RADIOMETER – Radiometer Medical ApS, 2014. – 250 с., ил.