

ОГЛАВЛЕНИЕ

Участники издания	5
Список сокращений и условных обозначений.	6
Введение	8
Глава 1. Общие вопросы анестезиологии	11
1.1. Общая анестезия	18
1.2. Регионарная анестезия	49
1.3. Принципы анестезиологического обеспечения при операциях на разных анатомических областях	51
1.4. Особенности общей анестезии у детей и больных пожилого возраста	55
Глава 2. Сердечно-легочно-мозговая реанимация	59
2.1. Сердечно-легочно-мозговая реанимация взрослых.	64
2.2. Сердечно-легочно-мозговая реанимация детей.	84
2.3. Сердечно-легочно-мозговая реанимация новорожденных	103
2.4. Сердечно-легочно-мозговая реанимация беременных	125
Глава 3. Диагностика и коррекция нарушений водно-электролитного и кислотно-основного состояний.	130
3.1. Нарушения водного обмена	134
3.2. Нарушения обмена электролитов	138
3.3. Нарушения кислотно-основного состояния.	143
3.4. Инфузионно-трансфузионная терапия	151
Глава 4. Интенсивная терапия острого повреждения почек и острой печеночной недостаточности	161
4.1. Острое повреждение почек.	161
4.2. Острая печеночная недостаточность	170
Глава 5. Интенсивная терапия при острых отравлениях	186
5.1. Общие вопросы токсикологии.	186
5.2. Интенсивная терапия при острых отравлениях	203
Глава 6. Интенсивная терапия при острых нарушениях сознания.	230
6.1. Оценка уровня сознания.	230
6.2. Интенсивная терапия внутричерепной гипертензии	236
6.3. Диагностика и неотложная помощь при коме	240
Глава 7. Интенсивная терапия при острой дыхательной недостаточности.	254
7.1. Гиперкапническая (вентиляционная) острая дыхательная недостаточность	254
7.2. Гипоксемическая (паренхиматозная) острая дыхательная недостаточность	256
7.3. Гипоксия	258

7.4. Интенсивная терапия пациентов с острой дыхательной недостаточностью	261
7.5. Алгоритмы оказания помощи пациентам с острой дыхательной недостаточностью	284
Глава 8. Интенсивная терапия при шоках.	306
8.1. Патофизиологические механизмы шока	310
8.2. Классификация шоков	315
8.3. Стадии шока	316
8.4. Диагностика шоков	317
8.5. Принципы интенсивной терапии шоков	320
8.6. Неотложная помощь на поле боя и в зоне поражения	340
Заключение	356
Тестовые задания	357
Эталоны ответов	367
Список литературы	368
Предметный указатель	369

ВВЕДЕНИЕ

Учебник «Анестезиология и реаниматология» предназначен для подготовки по дисциплине «Анестезиология, реанимация, интенсивная терапия» студентов медицинских вузов.

Учебник содержит информацию по дисциплине «Анестезиология, реанимация, интенсивная терапия», охватывает восемь разделов учебной программы, в которых представлены современные принципы анестезиологического обеспечения больных; вопросы сердечно-легочно-мозговой реанимации взрослых, детей и новорожденных, основанные на протоколах Европейского совета по реанимации 2020 г., и обновления, которые включены в рекомендации 2025 г.; актуальные вопросы оказания неотложной помощи и интенсивной терапии пациентам с острой печеночной, почечной, церебральной, дыхательной и сердечно-сосудистой недостаточностью. В учебнике также изложены методы коррекции нарушений водно-электролитного обмена, кислотно-основного состояния (КОС) и лечения острых отравлений.

Учебник иллюстрирован таблицами и рисунками, облегчающими восприятие материала и отработку практических навыков студентами на симуляторах и тренажерах. Большинство рисунков (фотографий) создано авторами учебника. При включении иллюстраций других авторов даны ссылки. При использовании действующих клинических рекомендаций указан QR-код для перехода на первоначальный сайт.

В настоящее время между профессиональным медицинским сообществом, Комитетом охраны здоровья Государственной думы РФ, Минздравом России, Всероссийским союзом страховщиков, Всероссийским союзом пациентов, Национальной медицинской палатой ведется широкая дискуссия о порядке, границах и обязательности применения клинических рекомендаций в клинической практике.

В июле 2025 г. Комитет охраны здоровья Государственной думы РФ направил запрос в Минздрав России о границах применения клинических рекомендаций. Письмом Минздрава России от 30.10.2024 № 17-1/3135293-61313 «О разработке клинических рекомендаций и выборе тактики диагностики и лечения заболевания в зависимости от особенностей заболевания и/или состояния пациента» предусмотрено, что клинические рекомендации — это не нормативные, не правовые акты и, следовательно, не могут содержать нормативных предписаний. Письмом Минздрава России от 21.01.2025 № 17-1/3003770-2772 «О применении клинических рекомендаций» сообщено, что клиническими рекомендациями руководствуются с даты размещения в рубрикаторе на сайте Минздрава, то есть использование клинических рекомендаций легитимно.

Обязательность применения клинических рекомендаций предусмотрена следующими законодательными нормами.

1. Статьей 10 Федерального закона № 323-ФЗ установлена обязательность использования клинических рекомендаций в установлении (контроле) факта надлежащего или ненадлежащего качества оказанной медицинской помощи: «Статья 10. Доступность и качество медицинской помощи. Доступность и качество медицинской помощи обеспечиваются применением клинических рекомендаций».

2. Статьей 79 «Обязанности медицинских организаций» Федерального закона № 323-ФЗ установлена обязанность: «Медицинская организация обязана обеспечивать оказание медицинскими работниками медицинской помощи на основе клинических рекомендаций».

3. Статьей 37 «Организация оказания медицинской помощи» Федерального закона № 323-ФЗ прямо предусмотрено исполнение требований клинических рекомендаций: «Медицинская помощь организуется и оказывается на основе клинических рекомендаций».

4. Статьей 80 «Программа государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи» Федерального закона № 323-ФЗ установлено правило ее формирования: «Программа государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи формируется с учетом клинических рекомендаций».

5. Частью 3 статьи 80 «Программа государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи» Федерального закона № 323-ФЗ устанавливается государственная гарантия бесплатности оказания медицинской помощи: «При оказании медицинской помощи в рамках программы государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи и территориальных программ государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи не подлежат оплате за счет личных средств граждан: оказание медицинских услуг, назначение и применение лекарственных препаратов по медицинским показаниям на основе клинических рекомендаций».

Обязательность применения клинических рекомендаций предусмотрена следующими нормативными правовыми актами.

1. Приказом Минздрава России от 10.05.2017 № 203н «Об утверждении критериев оценки качества медицинской помощи» определены: «Критерии качества в амбулаторных условиях: установление клинического диагноза на основании клинических рекомендаций; проведение коррекции плана обследования и плана лечения с учетом клинического диагноза, состояния пациента, особенностей течения заболевания, наличия сопутствующих заболеваний, осложнений заболевания и результатов проводимого лечения на основе стандартов и клинических рекомендаций; критерии качества в стационарных условиях и условиях дневного стационара: установление клинического диагноза на основании клинических рекомендаций».

2. Правилами организации деятельности отделения судебно-медицинской экспертизы по материалам дела и проведения судебно-медицинской экспертизы по материалам дела, утвержденными приказом Минздрава России от 25.09.2023 № 491н, предусмотрено: «При проведении экспертизы по делам о качестве медицинской помощи ответы на вопросы, касающиеся оказанной медицинской помощи, формулируются с обязательной ссылкой на действующие в момент оказания медицинской помощи нормативные правовые акты, в том числе клинические рекомендации».

3. Порядком проведения контроля объемов, сроков, качества и условий предоставления медицинской помощи по обязательному медицинскому страхованию, утвержденному приказом Минздрава России от 19.03.2021 № 231н, предусмотрено: «Цели контроля: предупреждение нарушений при оказании

медицинской помощи, являющихся результатом невыполнения, несвоевременного или ненадлежащего выполнения необходимых застрахованному лицу профилактических, диагностических и/или лечебных мероприятий, оперативных вмешательств на основе клинических рекомендаций; при проведении медико-экономической экспертизы оцениваются: соответствие оказанной застрахованному лицу медицинской помощи порядкам оказания медицинской помощи, клиническим рекомендациям в части своевременности назначения и проведения диагностических исследований и лечебных мероприятий; экспертиза качества медицинской помощи проводится путем оценки соответствия предоставленной застрахованному лицу медицинской помощи клиническим рекомендациям». Мнение Департамента здравоохранения Правительства РФ на конгрессе «Национальное здравоохранение — 2024» (28.10.2024): Клинические рекомендации обязательны со ссылкой на Определение ВС РФ от 21.08.2023 № 16-КГ23-23-К4.

Таким образом, обязательное применение клинических рекомендаций в клинической практике анестезиологии и реаниматологии как одной из специальностей, связанных с высоким риском причинения вреда здоровью пациента, определяется законодательными и нормативными правовыми актами РФ, а также сложившейся судебной практикой высших судов РФ. Невыполнение требований клинических рекомендаций должно быть письменно мотивировано в медицинской документации особенностями физиологии и патологии пациента и клиническими противопоказаниями. Немотивированный отказ от выполнения требований клинических рекомендаций представляет серьезный риск привлечения к юридической ответственности при причинении вреда здоровью или оказании медицинской помощи ненадлежащего качества.

Глава 3

ДИАГНОСТИКА И КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЙ ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО И КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЙ

Темы для изучения в данной главе

1. Водно-электролитный обмен и его значение. Основные нарушения водного баланса, их диагностика и лечение.
2. Осмолярность плазмы и ее определение.
3. Дисгидрии и их виды. Расчет суточной потребности в жидкости.
4. Стратегии и методики лечения, применяемые для каждой формы дегидратации, включая точные математические расчеты необходимого объема инфузии и выбора лекарственных средств.
5. Определение дефицита электролитов и его корректировка. pH и его значение для организма. Буферные системы и их роль в организме человека.
6. Ацидоз и алкалоз, их виды. Методы диагностики и интенсивной терапии ацидоза и алкалоза взрослых и детей.
7. Типы инфузионных средств и главные принципы выбора объема и качества инфузионной терапии. Показания и противопоказания к гемотрансфузии.

Вода — самое главное химическое соединение — идеальный растворитель для органических и неорганических веществ, а также неотъемлемый компонент всех метаболических реакций, основная составляющая внутренней среды организма. Водно-электролитный обмен — это совокупность процессов всасывания, распределения, потребления и выделения воды и солей. Он обеспечивает поддержание водного баланса и постоянство осмотического давления, ионного состава и КОС внутренней среды организма.

Баланс жидкости человека — важный клинический параметр. Нормальное содержание жидкости в организме (нормогидрия) может изменяться в сторону ее уменьшения (дегидратация, обезвоживание, «сухой больной») или увеличения (гипергидратация, «влажный больной»), в зависимости от этого применяют различную лечебную тактику: в первом случае — это жидкостная ресуститация (энтеральное и парентеральное введение жидкости), во втором — выведение жидкости из организма с помощью диуретиков, эфферентных методов и т.д. Качественную и количественную коррекцию водно-электролитных нарушений проводят с учетом общего объема воды, распределения ее в жидкостных секторах и суточного водного баланса.

Распределение воды в организме

Среднее содержание воды в организме взрослого человека составляет 50–60% его массы тела. Этот параметр приблизительно рассчитывают по формуле (4) для мужчин и формуле (5) для женщин.

Общее содержание воды у мужчин (л) = масса тела (кг) × 0,6.	(4)
Общее содержание воды у женщин (л) = масса тела (кг) × 0,5.	(5)

Следует отметить, что содержание воды в мышечной и жировой тканях различно: у людей с большим содержанием жира воды в организме меньше, с развитой мышечной массой — больше.

Водные секторы

- ▶ *Внутриклеточная вода* — ее объем приблизительно равен 2/3 общего содержания воды, то есть около 28 л (рис. 3.1).
- ▶ *Внеклеточная вода* — жидкость, находящаяся вне клеток, составляет примерно 1/3 всего объема жидкости, то есть около 16–19 л, в нее входит:
 - *интерстициальная вода* — окружающая клетки, в том числе и лимфа, объем — 11–12 л;
 - *внутрисосудистая вода* — объем — 5–6 л, из них плазмы — около 3 л;
 - *трансцеллюлярная жидкость* — содержится в полостях тела (спинно-мозговая, синовиальная, перикардальная, плевральная, внутриглазная и пищеварительные соки), объем — около 1 л.

ОЦК — сумма объема циркулирующих эритроцитов и объема циркулирующей плазмы. Из форменных элементов учитывают только эритроциты, лейкоциты же и тромбоциты составляют около 0,1% объема крови, поэтому их игнорируют.

Гематокрит — доля эритроцитов в крови, выраженная в процентах или частях единицы. Референтные значения для гематокрита составляют для женщин 37–41%, для мужчин 42–47%.

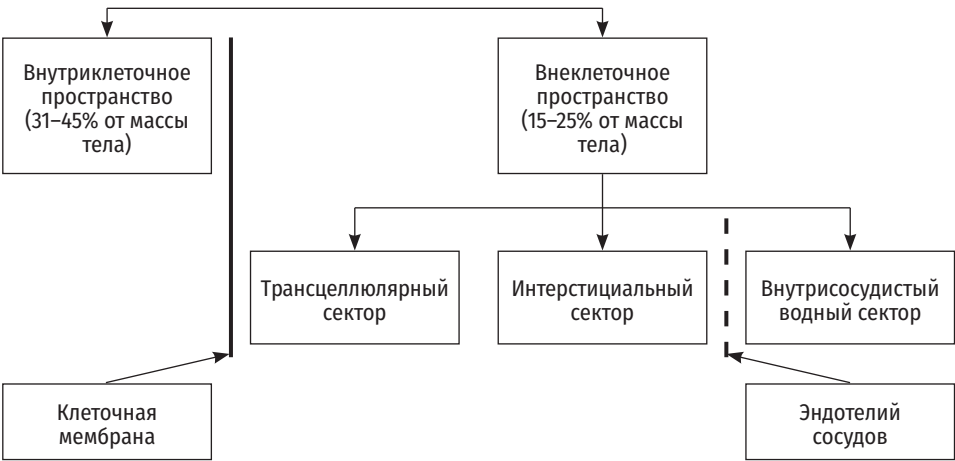


Рис. 3.1. Общее содержание и распределение воды в организме человека

Осмоз — движение воды через полупроницаемую мембрану из области с более низкой концентрацией растворенного вещества в область с высокой его концентрацией (согласно закону изоосмолярности).

Осмотическое давление — гидростатическое давление, которое способствует проникновению водного растворителя через полупроницаемую мембрану в сторону более концентрированного состава, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану (осмос).

$$p_{\text{осм}} = 768,2 \text{ кПа (7,6 атм)}.$$

Онкотическое давление — это гидростатическое давление, производимое белками в плазме и посредством осмоса удерживающее воду в сосудах.

$$p_{\text{онк}} = 3,325 - 3,99 \text{ кПа (25–30 мм рт.ст.)}.$$

В клинической практике осмотическое состояние среды чаще характеризуют показателем осмолярности крови.

Осмолярность — это мера способности раствора создавать осмотическое давление и означает осмотическое число (количество молей вещества) на 1 л раствора. *Осмоляльность* — количество молей вещества на 1 кг растворителя. Среднее содержание воды в крови составляет по объему 92%, следовательно, осмоляльность = осмолярность/0,92. В клинической практике эти понятия приравнивают.

Осмолярность плазмы можно рассчитать по формулам, предложенным рядом авторов: Ф.С. Глумчер, 2010 г. (6); А.П. Зильбер, с изменениями В.Ф. Жалко-Титаренко, 1989 г. (7); А.П. Зильбер, 1984 г. (8):

$$\text{Осмолярность} = 2(\text{Na} + \text{K}) + \text{азот мочевины} - 8. \quad (6)$$

$$\text{Осмолярность} = 1,86(\text{Na} + \text{K} + \text{глюкоза} + \text{мочевина}) + 4. \quad (7)$$

$$\text{Осмолярность} = 2\text{Na} + \text{глюкоза} + \text{мочевина} + \text{K}. \quad (8)$$

$$\text{Осмолярность плазмы} = 285 - 310 \text{ мосм/л}.$$

Растворы, обладающие равным осмотическим давлением (осмолярностью), называют изотоническими. Раствор с большей осмолярностью называют гипертоническим, а с меньшей — гипотоническим.

Водный баланс

Водный баланс складывается из трех процессов:

- 1) поступление воды в организм с питьем и пищей;
- 2) образование воды при обмене веществ (эндогенная вода);
- 3) выведение воды из организма.

В физиологических условиях между количеством потребляемой и выделяемой жидкости существует равновесие.

Суточная потребность человека в жидкости составляет примерно 2,5 л. Этот объем (жидкость потребления) складывается из воды, входящей в состав пищи, питья и оксидационной воды, образующейся при окислении главным образом жиров (рис. 3.2).

«Жидкость выделения» выводится через почки, с калом, путем перспирации с потом и выдыхаемым воздухом.

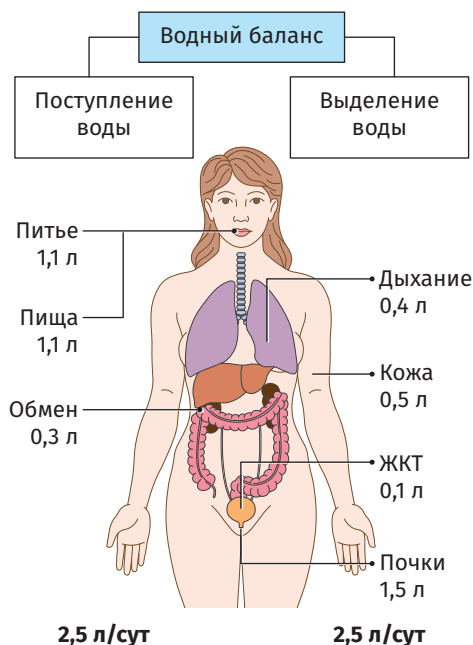


Рис. 3.2. Водный баланс организма человека и его физиологические потери

Патологические потери жидкости

Жидкость может теряться через раневые поверхности, дренируемые раны, фистулы, при кровотечениях, *лихорадке* (10 мл/кг в сутки на каждый градус при температуре тела свыше 37 °C), *одышке* (на каждые 10 дыханий в минуту сверх нормы — 7–8 мл/кг в сутки), *рвоте* (20–40 мл/кг), слюнотечении, *диарее* (20–40 мл/кг), полиурии и плаче маленьких детей.

Потеря жидкости в «третье пространство» — это переход внеклеточной жидкости в пространство, которое не соответствует внутри- и внеклеточному секторам и в норме не существует. Например: скопление жидкости в брюшной полости при перитоните и асците, кишечнике — при кишечной непроходимости, суставах и гематомах — при травме. При этом наблюдают все признаки дегидратации без потери массы тела.

Расчет суточного водного баланса

Объем вводимой за сутки жидкости можно рассчитать по формуле (9):

$$V = \text{ЖП} + \text{ЖВО} + \text{ЖТПП}, \quad (9)$$

где V — объем вводимой за сутки жидкости (мл); ЖП — жидкость потребления (физиологическая потребность в воде, зависит от возраста, основного обмена, образа жизни и составляет 30–40 мл/кг в сутки; мл); ЖВО — жидкость восполнения объема дефицита при дегидратации (мл); ЖТПП — жидкость текущих патологических потерь, корректируют каждые 6 ч (мл).

3.1. НАРУШЕНИЯ ВОДНОГО ОБМЕНА

Нарушения водного обмена (дисгидрии) подразделяют на дегидратацию (уменьшение количества жидкости) и гипергидратацию (избыточное накопление жидкости в организме).

Дегидратация

Дегидратация — это обезвоживание организма, обусловленное дефицитом жидкости в результате ограничения поступления воды или нарушения ее распределения в самом организме. В зависимости от содержания натрия в сыворотке крови различают три вида дегидратации — изотоническую (изоосмолярную), гипотоническую (гипоосмолярную) и гипертоническую (гиперосмолярную).

Изотоническая (изоосмолярная) дегидратация

При изотонической дегидратации происходит равномерная потеря жидкости и натрия, осмолярность плазмы не изменяется, отмечается гиповолемия, но перераспределения воды в секторах не происходит.

Причины: рвота, диарея, кишечная непроходимость, перитонит, панкреатит, обширные ожоги, кровотечения, полиурия, синдром Лайелла, экссудативные кожные заболевания и др.

Клинические проявления: язык сухой, олигоанурия, артериальная гипотензия, снижение тургора кожи. Отмечается низкое ЦВД, повышение гематокрита, но осмолярность плазмы в норме. Выделяют три степени изотонической дегидратации (табл. 3.1).

Лечение при изотонической дегидратации включает устранение причины, заместительную терапию — внутривенное капельное введение 0,9% натрия хлорида в дозе 35–70 мл/кг в сутки под контролем ЦВД и диуреза. Поскольку одновременно происходит потеря и воды и электролитов, предпочтительно использовать сбалансированные кристаллоиды: натрия хлорида раствор сложный [калия хлорид + кальция хлорид + натрия хлорид] (Раствор Рингера[★]), натрия ацетат + натрия хлорид (Дисоль[★]), калия хлорид + натрия гидрокарбонат + натрия хлорид (Трисоль[★]) и др.

Таблица 3.1. Степени изотонической дегидратации (Хартиг В., 1982)

Степень	Дефицит воды, л	Клинические проявления
I	Около 2	Повышенная утомляемость, тахикардия, склонность к ортостатическим нарушениям кровообращения, артериальное давление лежа — нормальное
II	Около 4	Апатия, потеря аппетита, рвота, снижение артериального давления даже лежа
III	5–6	Помрачение сознания, шок, систолическое артериальное давление ниже 90 мм рт.ст.

Объем инфузии при изотонической дегидратации можно рассчитать по формуле (10):

$$V = \frac{Ht - 0,42}{0,42} \times 0,2 \times m, \quad (10)$$

где V — объем инфузии (л); Ht — гематокрит больного (л/л); 0,42 — гематокрит в норме (л/л); 0,2 — расчетный коэффициент (содержание внеклеточной жидкости (литры от массы тела в килограммах, то есть 20%); m — масса тела пациента (кг).

Гипотоническая (гипоосмолярная) дегидратация

При гипотонической дегидратации уменьшается содержание воды и в большей степени — натрия и осмолярность, вода из плазмы поступает в клетки (внутриклеточная гипергидратация), тем самым углубляя дефицит жидкости в интерстиции.

Причины: многократные рвота и понос, обильное потоотделение, полиурия, длительное безконтрольное применение петлевых диуретиков.

Клиническая картина: **жажды нет**, снижение тургора кожи и глазных яблок, циркуляторные нарушения, азотемия, нарушение функций почек и мозга, сгущение крови. Содержание натрия в плазме уменьшено, осмолярность плазмы снижена. Выделяют три степени дегидратации и дефицита солей (табл. 3.2).

Лечение при гипотонической дегидратации включает устранение причины, проведение активной регидратации организма препаратами, содержащими натрий.

Дефицит натрия в плазме крови при гипотонической дегидратации можно рассчитать по формуле (11):

$$D_{Na} = (142 - Na) \times 0,2 \times m, \quad (11)$$

где D_{Na} — дефицит натрия в плазме крови (ммоль/л); 142 — содержание натрия плазмы в норме (ммоль/л); Na — содержание натрия в плазме пациента (ммоль/л); m — масса тела (кг); 0,2 — расчетный коэффициент (содержание внеклеточной жидкости, литры от массы тела в килограммах, то есть 20%).

Таблица 3.2. Степени тяжести дефицита солей (Weisberg H.F., 1962)

Степень	Потеря натрия, мэкв*/кг массы тела	Клинические проявления
I	До 9	Головокружение, ортостатические нарушения кровообращения, слабость, артериальное давление лежа нормальное
II	10–12	Тошнота, рвота, церебральные симптомы, систолическое артериальное давление в положении лежа не ниже 90 мм рт.ст.
III	13–21	Шок, нарушение сознания, систолическое артериальное давление ниже 90 мм рт.ст.

* 1 мэкв натрия = 23,0 мг.

Таблица 3.3. Степени дефицита жидкости (Weisberg H.F., 1962; Peissigl H., 1968)

Степень	Дефицит, л	Клинические проявления
I	1-2	Жажда, олигурия
II	4-5	Жажда, олигурия, сухость кожи, слизистых оболочек и языка, общая слабость
III	7-8	Нарушение сознания, падение артериального давления, повышение пульсового давления, шок

Гипертоническая (гиперосмолярная) дегидратация

При гипертонической дегидратации потери воды превышают потери натрия, увеличивается осмолярность крови, по закону осмолярности внутриклеточная жидкость переходит в сосудистое русло, развивается внутриклеточная дегидратация, происходит вторичное сморщивание клеток.

Причины: полиурическая стадия острого повреждения почек (ОПП), длительный форсированный диурез, лихорадка, недостаток воды при парентеральном питании, несахарный диабет.

Клинические проявления: жажда, слабость, судороги, нарушения сознания до комы, сухость слизистых оболочек и кожи, затруднение глотания из-за недостаточного выделения слюны, высокая относительная плотность мочи, гемодинамические нарушения не выражены. Выделяют три степени гипертонической дегидратации (табл. 3.3).

Лечение при гипертонической дегидратации включает восстановление дефицита воды в организме — обильное питье, внутривенное введение изотонического раствора декстрозы или гипотонического раствора электролитов (0,45% раствора натрия хлорида) с коррекцией содержания электролитов, прежде всего калия.

Объем инфузии при гипертонической дегидратации рассчитывают по формуле (12):

$$V = \frac{Na - 142}{142} \times 0,6 \times m, \quad (12)$$

где V — объем инфузии (л); Na — концентрация ионов натрия в плазме крови пациента (ммоль/л); 142 — нормальная концентрация ионов натрия в плазме крови (ммоль/л); 0,6 — расчетный коэффициент (содержание общей воды в литрах от массы в кг, то есть 60%); m — масса тела пациента (кг).

Гипергидратация

Гипотоническая (гипоосмолярная) гипергидратация

Гипотоническая гипергидратация возникает при избыточном поступлении во внеклеточное пространство гипотонических растворов — «отравление водой». Снижение уровня натрия и осмолярности внеклеточной жидкости вызывает перемещение излишка воды во внутриклеточный сектор, развивается внутриклеточная гипергидратация, прежде всего клеток головного мозга.

Причины: чрезмерное поступление в организм гипотонических растворов (обильное питье, утопление в пресной воде, ятрогенные причины и др.); острая, хроническая почечная недостаточность.

Клиническая картина: неврологические симптомы (головная боль, судороги, кома), рвота, отвращение к воде. Гематокрит снижен, артериальное, центральное венозное давление повышены. Ускоренный диурез (моча низкого удельного веса), при снижении АД — олигурия.

Интенсивная терапия: ограничение поступления воды, введение осмодиуретиков и салуретиков. Коррекция дефицита натрия включает введение 10% натрия хлорида в дозе 50–100 ммоль (1 ммоль Na^+ и 1 ммоль Cl^- содержится в 0,6 мл 10% раствора натрия хлорида) — до концентрации натрия в крови 130 ммоль/л.

Изотоническая (изоосмолярная) гипергидратация

Изотоническая гипергидратация характеризуется избытком воды и солей во внеклеточном пространстве при нормальном содержании их в клетке. Осмолярность плазмы — в норме.

Причины: заболевания почек; гипопроотеинемия; сердечно-сосудистая патология, сопровождаемая отеками; олигурия в послеоперационный или посттравматический период; вторичный альдостеронизм, токсикоз беременных.

Клиническая картина: увеличение ОЦК, повышение центрального венозного, артериального давления, тахикардия, генерализованные отеки, отек легких, асцит.

Интенсивная терапия сводится к лечению острой сердечной недостаточности, устранению отеков (гликозиды, салуретики, ограничение употребления жидкости, бессолевая диета), коррекции гипопроотеинемии.

Гипертоническая (гиперосмолярная) гипергидратация

Гипертоническая (гиперосмолярная) гипергидратация возникает при избыточном содержании Na^+ в организме, особенно во внеклеточном секторе, что сопровождается переполнением внеклеточного пространства жидкостью и обезвоживанием клеток.

Причины: избыток инфузии гипертонических растворов; питье концентрированных солевых растворов, морской воды; первичное утопление в соленой воде; гипернатриемия вследствие вторичного альдостеронизма; опухоли коры надпочечников (реабсорбция натрия повышается); ОПП (нарушенное выведение солей); синдром Конна (первичный альдостеронизм — повышение уровня альдостерона — увеличение реабсорбции Na^+).

Клиническая картина: обусловлена избытком жидкости во внеклеточном пространстве и обезвоживанием клеток. Характерны беспокойство, возбуждение, кома, жажда, рост артериального и центрального венозного давления, отек легких, общие отеки на фоне острой сердечной недостаточности.

Интенсивная терапия основана на следующих принципах:

- ▶ борьба с гипернатриемией [салуретики (фуросемид)];
- ▶ прекращение введения солевых растворов;
- ▶ инфузия изотонических или гипотонических растворов декстрозы для уменьшения гиперосмолярности;
- ▶ целенаправленная терапия при патологии надпочечников.

3.2. НАРУШЕНИЯ ОБМЕНА ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Электролиты — вещества (соли, кислоты, основания), которые в водном растворе диссоциируют на свободные подвижные ионы — катионы и анионы. В организме человека наибольшее значение имеет ряд катионов (натрий Na^+ , калий K^+ , кальций Ca^{2+} , магний Mg^{2+}) и анионов (хлор Cl^- , гидрокарбонат HCO_3^- , фосфат H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , сульфат SO_4^{2-}).

Электролиты выполняют следующие функции: поддерживают осмоляльность и pH плазмы, образуют биоэлектрический мембранный потенциал, катализируют обмен веществ, стабилизируют костную ткань, служат энергетическим депо (фосфаты), участвуют в гемостазе. Во внеклеточном пространстве содержатся преимущественно натрий, хлор и гидрокарбонат, во внутриклеточном — калий, магний и фосфат.

Натрий

Натрий — главный катион внеклеточного пространства, основной осмотический компонент внеклеточной жидкости. Высокая осмотическая активность натрия связана с его высоким содержанием и гидрофильностью его оболочки. В основе большинства гипер- и гипоосмолярных состояний (за исключением сахарного диабета, уремии и некоторых других патологических процессов) лежат в первую очередь изменения содержания натрия, так как 1 экв натрия связывает 6 мл воды. Кроме того, натрий активно участвует в регуляции КОС, образуя вместе с гидрокарбонатом важнейшую буферную систему (гидрокарбонатную). Натрий играет важную роль в обмене энергии (формировании биоэлектрического мембранного потенциала), в процессах возбудимости и проводимости.

В организме взрослого содержится около 40–60 ммоль/кг натрия. Содержание натрия в плазме крови — 135–145 ммоль/л. Половина этого количества находится во внеклеточном пространстве, около трети — в костях и хрящах, откуда натрий может быть быстро мобилизован. Суточное потребление натрия составляет около 50–250 ммоль. Ежедневно в организме подвергается обмену 2–10% натрия. Основные потери натрия происходят с мочой (50–300 ммоль/сут), незначительные — с потом и калом. Если поступление натрия превышает 300 ммоль/сут, он задерживается в организме. В условиях патологии ведущее значение могут приобрести внепочечные потери натрия (поносы, свищи и т.д.).

Гипонатриемия — содержание натрия в сыворотке крови менее 135 ммоль/л. Она отражает избыток общего количества воды в организме по отношению к общему содержанию натрия. Поскольку общее содержание натрия тесно связано с объемом экстрацеллюлярной жидкости, гипонатриемия необходимо рассматривать в контексте гипо-, эу- и гиперволемии.

Причины: прием петлевых диуретиков, диарея, сердечная недостаточность, заболевания печени, заболевания почек и синдром неадекватной секреции антидиуретического гормона.

Клиническая картина: гипонатриемия, особенно острая, проявляется главным образом неврологическими симптомами (из-за осмотического перемещения воды в клетки головного мозга и его отека), которые включают головную боль, гипервозбудимость, гиперрефлексию, судороги, снижение уровня сознания.

Диагноз устанавливают на основании концентрации сывороточного натрия. Установить причину заболевания помогают уровень электролитов и осмоляльность сыворотки крови и мочи, а также объем внеклеточной жидкости.

Лечение: ограничение потребления воды и стимуляция потери жидкости, восполнение дефицита натрия и коррекция заболевания, вызывающего нарушение.

Гипернатриемия — содержание натрия в сыворотке крови более 145 ммоль/л.

Причины. Положительный баланс натрия развивается при избыточном потреблении поваренной соли, гипернатриемии вследствие нарушения выведения натрия почками (гломерулонефрите, длительном приеме глюкокортикоидов, рвоте, несахарном диабете); усиленной его реабсорбции в почечных канальцах при избыточной секреции альдостерона (первичном и вторичном гиперальдостеронизме), бесконтрольном поступлении гипертонических растворов (гипертонического натрия хлорида, гидрокарбоната натрия), сердечной недостаточности, неправильном приеме осмотических диуретиков.

Клиническая картина напрямую зависит от скорости увеличения концентрации натрия в плазме крови. При медленно развивающейся гипернатриемии, благодаря включению компенсаторных механизмов (стимуляции секреции десмопрессина и натрийуретических пептидов), клинические проявления могут отсутствовать. Наиболее характерный признак быстро наступающей гипернатриемии — жажда. Другие симптомы: снижение аппетита, тошнота и рвота, раздражительность, головная боль, головокружение, повышение сухожильных рефлексов, атаксия. Возможны спутанность сознания и панические атаки, мышечная ригидность, миоклонические подергивания.

Лечение: восполнение дефицита жидкости — внутривенное введение гипотонического раствора натрия хлорида (0,5%); снижение содержания в плазме натрия — петлевые диуретики (фуросемид), 5% раствор декстрозы с инсулином. Важно постепенно уменьшать концентрацию натрия в плазме крови (при острой форме — не более 1 ммоль/ч, при хронической — не более 8 ммоль/сут), так как высокий темп коррекции натрия ассоциирован с высоким риском отека головного мозга.

Калий

Калий — основной катион внутриклеточного пространства. Он участвует во всех метаболических циклах, формировании трансмембранных электрических потенциалов, процессах фосфорилирования, нервно-мышечного возбуждения и мышечного сокращения, белкового и углеводного обменов, ферментативных реакциях, образовании энергетических субстратов. Дефицит калия резко снижает утилизацию аминокислот, активность белкового синтеза, замедляет рост, размножение клеток и регенерацию тканей, ухудшает фагоцитоз и другие звенья иммунного ответа.

Гиперкалиемией считают концентрацию калия в плазме более 5,5 ммоль/л.

Причины: олигоанурия, механическая травма, ожоги, внутрисосудистый гемолиз, переливание консервированной крови, надпочечниковая недостаточность, дефицит инсулина, метаболический ацидоз, интоксикация препаратами наперстянки, передозировка калийсодержащих диуретиков и ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента.

Клиническая картина: рвота, диарея, повышение тонуса поперечно-полосатых мышц, брадиаритмии, ЭКГ-проявления (высокий остроконечный зубец *T*, расширение комплекса *QRS*, укорочение интервала *Q–T*). При уровне калия выше 7 ммоль/л возможна фибрилляция желудочков или асистолия в диастоле. Высокая концентрация калия в моче (более 30 ммоль/л) свидетельствует о трансцеллюлярном переходе калия (клетка — интерстиций — плазма), низкая — о снижении экскреции калия почками.

Лечение: введение антагонистов калия (10–20 мл 10% раствора кальция хлорида или кальция глюконата болюсно; если больной получал препараты наперстянки, то медленно, капельно), глюкозо-инсулиновых смесей (усиление поглощения внеклеточного калия клетками) и диуретиков (усиление почечной экскреции калия). При гиперкалиемии свыше 6,5 ммоль/л показан гемодиализ.

К гипокалиемии относят концентрацию калия в плазме менее 3,3 ммоль/л.

Причины: истощение запасов калия в организме при недостаточном поступлении и/или усиленном выведении через почки, обильные потери жидкости через ЖКТ, полиурия при сахарном диабете, бесконтрольное применение диуретиков, глюкокортикоидов и слабительных.

Клиническая картина: мышечная слабость вплоть до паралича дыхательных мышц, тетания, атония желудка и кишечника, заторможенность, сонливость, ЭКГ-проявления (уплощение или инверсия зубца *T*, депрессия сегмента *ST*, удлинение интервала *Q–T*, тахикардия, экстрасистолия и др.), возможна остановка сердца в систоле. Легкие случаи гипокалиемии (более 2,5 ммоль/л) могут протекать без клинических проявлений. Следует помнить, что в основном внутриклеточная локализация калия ограничивает ценность такого показателя, как уровень калиемии, в качестве маркера общего содержания калия в организме, но при снижении уровня калия в сыворотке до 3,5 ммоль/л и менее его дефицит составляет не менее 200 ммоль/л, и необходимо его быстрое восполнение.

Лечение включает диету, обогащенную калием (белый хлеб, мясо, курага, изюм, бананы), пероральное назначение препаратов калия [калия аспарагинат + магния аспарагинат (Панангин[®]), калия хлорид], внутривенные медленные инфузии растворов (через инфузомат), содержащих калий (в основном калия хлорид, при почечном канальцевом ацидозе — калия гидрокарбонат), а также коррекцию доз диуретиков и глюкокортикоидов.

Общее количество калия в организме — около 50 ммоль/кг. Суточная потребность — 40–150 ммоль. Нормальная плазматическая концентрация — 3,5–5,5 ммоль/л.

Кальций

В организме человека содержится 1000–1200 г кальция, из них 99% — в костной ткани. Во внеклеточном пространстве находится около 0,3 г кальция. Около 45–50% кальция плазмы крови связано с белками и не проявляет физиологической активности. Физиологически активен только ионизированный кальций (50–55%). В клинических лабораториях оценивают общий кальциевый пул, и часто измерение содержания общего кальция может оказаться неточным. Точное определение уровня ионизированного кальция возможно

при помощи ионоселективных электродов. Тем не менее гиперкальциемией считают уровень общего кальция, превышающий 2,5 ммоль/л, а гипокальциемией — уровень до 2 ммоль/л и ниже.

Биологическая роль ионизированного кальция состоит в участии в процессах гемостаза, нервно-мышечной возбудимости, поддержании стабильного структурно-функционального состояния эндотелия сосудов.

Гиперкальциемия наблюдается при гиперфункции паращитовидных желез (регулируют обмен кальция), злокачественных опухолях, миеломной болезни, при передозировке солями кальция и эргокальциферолом.

Клиническая картина: слабость скелетных и гладких мышц, жажда, рвота, полиурия, желудочковая экстрасистолия с возможной остановкой сердца в систолу.

При уровне кальция более 3,5 ммоль/л возможно развитие острого гиперкальциемического криза. Чаще всего это происходит вследствие гиперпаратиреоза, утяжеления течения онкологических заболеваний, лечения половыми гормонами при метастазах рака. Криз проявляется резким обострением всех симптомов гиперкальциемии.

Лечение направлено в первую очередь на основное заболевание. Из питания исключают яйца и молочные продукты. При гиперкальциемическом кризе вводят большое количество изотонических растворов декстрозы и натрия хлорида, а также натрия цитрата, уменьшающего ионизирующую фракцию кальция. Высокоэффективна динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, связывающая и выводящая из организма кальций. В период лечения этилендиаминтетрауксусной кислотой необходимо стремиться к ощелачиванию мочи.

Гипокальциемия развивается в результате недостаточного поступления кальция с пищей, нарушения всасывания его из кишечника и усиленного выделения из организма.

Причины: гипопаратиреоз, почечная недостаточность, лактация, массивные трансфузии цитратной крови, а также недостаток эргокальциферола.

В **клинической картине** преобладают признаки повышенной нервно-мышечной возбудимости (парестезии, спастические сокращения верхних и нижних конечностей, тетанические судороги, кишечная колика, диплопия, ларингоспазм), усугубляющие течение основного заболевания.

Лечение состоит в пероральном и внутривенном введении кальция глюконата или кальция хлорида; при гипопаратиреозе одновременно с кальцием необходимо вводить эргокальциферол.

Хлор

Хлор — анион внеклеточного пространства, норма в плазме крови составляет от 97 до 105 ммоль/л.

Функции хлора в организме человека: поддерживает кислотно-основное равновесие; хлор в соединении с калием или натрием обеспечивает водный баланс в организме; участвует в процессе пищеварения, так как благодаря хлороводородной кислоте (HCl) в организме образуется желудочный сок; соединения с хлором поддерживают внутриклеточное давление.

Признаки дефицита хлора: метаболический алкалоз, дегидратация, нарушения дыхания, нарушения сердечной деятельности, судороги, кома.

Гиперхлоремия может наблюдаться при мочекаменной болезни, после употребления большого количества соли, а также при патологиях, которые нарушают нормальную функцию почек, длительном обезвоживании организма, развитии несахарного диабета, заболеваниях сердца, отравлении ацетилсалициловой кислотой, частом дыхании и развитии респираторного алкалоза.

Лечение: основной метод коррекции гипо- и гиперхлоремии — устранение причины, то есть диагностика и лечение первичного заболевания. При гиперхлоремии уменьшают употребление пищевой соли и назначают инфузии натрия хлорида.

Гипохлоремия — концентрация хлора в сыворотке крови менее 97 ммоль/л.

Причины: сниженное поступление хлоридов в организм (исключение из рациона поваренной соли), хроническая сердечная недостаточность, полное голодание, многократная рвота, за счет потери соляной кислоты (при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, остром холецистите, желчно-каменной болезни, остром панкреатите, кишечной непроходимости, кишечных инфекциях, стенозе привратника и др.), ацидоз (диабетический кетоацидоз, лактатацидоз, недостаточность надпочечников, болезнь Аддисона) и др.

Клиническая картина неспецифична. Невозможно отделить симптомы снижения уровня хлора в плазме от одновременного изменения концентрации натрия и калия, которые теснейшим образом взаимосвязаны. Больные жалуются на слабость, вялость, сонливость, потерю аппетита, появление тошноты, рвоты, судороги мышц, спастические боли в животе, парез кишечника.

Лечение включает пероральное восполнение дефицита жидкости и хлора, инфузионную терапию с использованием кристаллоидов, диету и симптоматическую терапию.

Коррекция дефицита электролитов

Для восполнения дефицита электролитов в организме необходимо знать их эквивалентные соотношения в различных единицах (**табл. 3.4**).

Универсальная формула расчета дефицита любого электролита (13):

$$Д = C \times m (K_2 - K_1), \quad (13)$$

где Д — дефицит электролита (ммоль/л); C — коэффициент (0,2 — у взрослых и детей старше 3 лет; 0,25 — у детей от 6 мес до 3 лет; 0,3 — у детей 1–6 мес; 0,4 — у новорожденных); m — масса больного (кг); K_1 — фактическое содержание электролита в плазме больного (ммоль/л); K_2 — нормальное содержание электролита в плазме здорового (ммоль/л).

Таблица 3.4. Эквивалентные отношения электролитов человека

Электролит	1 мэкв	1 ммоль	1 г
Na (натрий)	1 ммоль	23,0 мг	43,5 ммоль
K (калий)	1 ммоль	39,1 мг	25,6 ммоль
Ca (кальций)	0,5 ммоль	40,0 мг	25 ммоль
Mg (магний)	0,5 ммоль	24,4 мг	41 ммоль
Cl (хлор)	1 ммоль	35,5 мг	28,2 ммоль

Расчет количества растворов для коррекции дефицита электролита по формуле (14):

$$V(\text{мл}) = A \times D, \quad (14)$$

где D — дефицит электролита (ммоль/л); A — коэффициент, означающий количество данного раствора, содержащего 1 ммоль дефицитного иона (аниона или катиона): KCl (3%) — 2,4; KCl (7,5%) — 1,0; NaCl (10%) — 0,58; NaCl (5,8%) — 1,0; NaCl (0,85%) — 7,1; HCl (2%) — 1,82; NH_4Cl (5%) — 1,08; NH_4Cl (5,4%) — 1,0; CaCl (10%) — 1,1; NaHCO_3 (5%) — 1,67; $\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_2$ (10%) — 1,14; MgSO_4 (25%) — 0,5.

3.3. НАРУШЕНИЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ

Интегральный показатель КОС — pH. В 1 л воды содержится 0,0000007 г H^+ . В логарифме с отрицательным знаком эта величина будет равна 7 (нейтральная реакция). H^+ равен отрицательному десятичному логарифму концентрации водородных ионов в растворе, или это величина, обратная концентрации ионов водорода, или степень разведения ионов водорода.

По Бронстеду, кислота — донатор протонов H^+ , а основание — их акцептор.

Кислота — вещество, при диссоциации которого в растворе образуются ионы H^+ (донор протонов). В организме больше всего образуется угольной кислоты, источником которой служит диоксид углерода, получаемый в процессе метаболизма углекислого газа.

Основание — вещество, которое при диссоциации в растворе присоединяет ионы водорода (акцептор протонов). Сильное основание называют щелочью. Основания поступают в организм преимущественно с растительной пищей, но образуются также и в организме в процессе секреторной деятельности органов пищеварительного канала (кишечника, поджелудочной железы).

При обычном режиме питания в организме накапливается некоторый избыток ионов H^+ , образующихся в процессе обмена органических и неорганических кислот (молочной, пировиноградной, фосфорной, серной). Кроме того, в условиях нормального обмена в сутки образуется до 20 000 ммоль CO_2 . Приблизительно 0,001 этого количества, превращаясь в угольную кислоту и диссоциируя, образует ионы H^+ . В соответствии с этим в процессе эволюции в организме выработались достаточно эффективные механизмы для борьбы с ацидозом. В отношении алкалоза организм защищен гораздо меньше.

Смещение КОС в организме в кислую сторону называют *ацидозом*, в щелочную — *алкалозом*.

Механизмы поддержания кислотно-основного состояния

Выделяют два основных механизма, обеспечивающих уравнивание кислых ионов:

- 1) химические буферные системы крови и тканей;
- 2) физиологические механизмы.