

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методической комиссией Института биологии и биомедицины
для студентов ННГУ всех специальностей, обучающихся по дисциплине
«Безопасность жизнедеятельности»

Нижний Новгород
2025

УДК 614.8.084 (075.8)
ББК 74.506.68я73
М 42

Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности:
учебно-методическое пособие / сост.: Басуров В.А., Зазнобина Н.И. – Нижний
Новгород: Изд-во ННГУ, 2025. – 73 с. – Текст: электронный.

Рецензент: к.б.н. Калужный Е.А.

В учебно-методическом пособии кратко изложены биологические, физиологические и медицинские представления об основных механизмах взаимодействия человека с окружающей средой. Приведены принципы и уровни управления, саморегуляции и адаптации организма человека к факторам окружающей среды. Описаны реакции организма на воздействие негативных факторов. Даны списки рекомендуемой к изучению по данной проблеме литературы.

Предназначено для студентов очной формы обучения всех факультетов, обучающихся по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Ответственный за выпуск:
председатель методической комиссии института биологии и
биомедицины ННГУ, к.б.н., доц. **Е.Л. Воденеева**

УДК 614.8.084 (075.8)
ББК 74.506.68я73

© Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Человек и окружающая среда.....	6
1.1. Здоровье как важнейший фактор жизнедеятельности человека.....	6
1.2. Организм человека как система в специфической среде обитания	18
1.3.Основные свойства живых систем.....	20
Глава 2. Понятие об анализаторах. Закон Вебера - Фехнера. Системы восприятия и органы чувств.....	28
2.1. Анализаторы.....	28
2.2. Закон Вебера – Фехнера.....	31
2.3.Системы восприятия (органы чувств).....	32
Глава 3. Системы регуляции и управления.....	40
3.1. Принципы и уровни процессов регуляции.....	40
3.2. Механизмы стресса. Дистресс.....	45
3.3. Механизмы терморегуляции человека.....	54
Глава 4. Иммунная система. Иммуитет.....	59
4.1.Понятие иммунитета. Строение иммунной системы.....	59
4.2. Механизмы неспецифической резистентности.....	64
4.3.Врожденный ответ на инфекцию.....	65
4.3 Адаптивный ответ на инфекцию.....	70
Литература.....	72

Введение

Проблема безопасности жизнедеятельности, так остро заявившая о себе с середины XX века, становится все более актуальной. Мировое сообщество пришло к выводу о необходимости принятия неотложных мер по снижению количества опасностей для обеспечения нормальной жизнедеятельности человека и сообщества в целом. Очевидно, что они должны разрабатываться на основе глубокого научного осмысления и изучения тех процессов, которые сложились в природе и искусственно созданной для себя человеком среде – техносфере. Необходимость создания личных и общественных систем безопасности жизнедеятельности проявляется как в повседневной жизни человека, так и при возникающих чрезвычайных ситуациях. Увеличение масштабов природных и технологических катастроф, частоты и мощности опасных проявлений системного экологического кризиса на планете диктуют важность и срочность решения. Причины сложившегося положения следует искать в неразумном использовании гигантского конкурентного преимущества, которым природа одарила вид *Homo sapiens*. Речь идет о человеческом интеллекте, посредством которого была создана человеческая культура, цивилизация в целом со всеми ее достижениями и проблемами.

Создав для себя искусственную среду обитания, человек сформировал тем самым не только удобную сферу жизни, но и целую серию источников опасностей, ранее в природе не встречающихся. Стремительно развивающийся научно – технический прогресс наряду с улучшением качества жизни принес и издержки, которые человечество оплачивает здоровьем и жизнями своих собратьев, причем с ростом количества и качества этих достижений науки и техники они приобрели системный характер. Положение осложняется взаимозависимостью и взаимовлиянием природных механизмов регуляции с техносферой: технические изменения достигли таких масштабов, что оказывают активное (и далеко не всегда положительное) влияние на природные процессы, необратимо изменяя природную среду. Вполне оправданно сейчас заявить о системном негативном характере влияния человеческой цивилизации на природу планеты, т.е. об экологическом кризисе с элементами экологической катастрофы. Вполне очевидно, что в центре этих взаимодействий находится человек.

Попытки изменить ситуацию сегодня являются слабыми и малоэффективными. Это обусловлено тем, что они действительно незначительны по масштабам и потому, что основаны на технократическом (антропоцентрическом) характере воздействия. Использование достижений научно – технического прогресса происходит односторонне, почти без учета тех законов природы, в системе которых человек развивался тысячелетиями. Технократический подход представляется малоэффективным, и именно здесь следует искать причину проявления издержек прогресса.

В отношении человека как представителя вида они (издержки) выражаются в виде роста количества различного рода болезней, ослабления генетического фонда, изменения характера и возрастных критериев соматических заболеваний (с выраженной тенденцией к «омоложению» последних), появления новых и трансформацией известных инфекционных заболеваний и т.д. К примеру, имея в своем арсенале борьбы с инфекционными болезнями мощнейшие лекарственные средства, человек получил опасные побочные эффекты от их применения в виде аллергических осложнений, влияния на генетический аппарат, появления возбудителей инфекций, нечувствительных к этим лекарственным средствам. В целом технократический подход наравне с достижениями (в том числе в медицине и здравоохранении) привел к прогрессирующему снижению качества человеческой популяции. Выход, вероятно, следует искать в изменении подхода к решению проблем, в том числе проблемы безопасной жизнедеятельности.

Для эффективной защиты человека от воздействия вредных и неблагоприятных воздействий окружающей среды (как природного, так и техногенного характера) следует учитывать остающуюся почти неизменной тесную биологическую связь человека с окружающей природой. Человек был и остается частью живой природы планеты, развивается и существует по ее законам, лишь влияя, но, не изменяя последние. Принципы формирования систем защиты должны быть основаны на тех же закономерностях, по которым развиваются процессы в живой природе, поэтому знания и достижения прогресса необходимо применять с их учетом. Устремления и меры по снижению риска быть пораженным опасными для жизни воздействиями должны носить системный и глобальный характер. К тому же защита от них требует мер такого же уровня, что и масштабы переживаемых человеческой цивилизацией явлений.

Главная трудность решения этой проблемы заключается в том, что системные кризисные явления есть продукт консолидированной деятельности всех людей, а построение систем безопасности должно начинаться с изменения сознания каждой личности. Характер и объем информации должен включать в себя знания об анатомическом, физиологическом и функциональном строении систем организма человека как в спокойном состоянии, так и в момент возникновения опасности для его жизни и здоровья. Необходимо достаточно четко представлять механизмы и физиологию ответов организма на воздействия внешней среды, закономерности взаимоотношений с внешним миром. Эти положения и составляют основную цель учебного пособия и его содержание.

Глава 1. Человек и окружающая среда

1.1. Здоровье как важнейший фактор жизнедеятельности человека

Здоровье относится к числу глобальных проблем, т.е. тех, что имеют жизненно важное значение для всего человечества. В развитом обществе здоровье человека – это определяющий, системообразующий фактор государственной экономической и социальной политики, приоритетное направление всех природоохранных и профилактических мероприятий.

Можно выделить следующие основные виды (уровни) здоровья:

- индивидуальное;
- общественное (популяционное);
- профессиональное;
- здоровье населения страны.

Рассмотрим указанные понятия более детально.

Индивидуальное здоровье. По определению В.П. Казначеева: «Здоровье – это процесс сохранения и развития биологических, физиологических, психологических функций, оптимальной трудоспособности и социальной активности человека при максимальной продолжительности его жизни». Примерно такая же трактовка содержится в актуализированном издании Большой медицинской энциклопедии: «здоровье – это естественное состояние организма, характеризующееся его полной уравновешенностью с биосферой и отсутствием каких-либо выраженных болезненных изменений». Официальное определение Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), которое содержится в предисловии к ее Уставу (1946): «Здоровье – это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов».

Таким образом, критерии здоровья это:

- отсутствие болезни;
- нормальное функционирование организма в системе «человек – окружающая среда»;
- полное физическое, духовное, умственное и социальное благополучие;
- способность адаптироваться к постоянно меняющимся условиям существования в окружающей среде;
- способность к полноценному выполнению основных социальных функций.

К показателям индивидуального здоровья следует отнести:

- уровень и гармоничность физического развития;
- функциональное состояние организма (его резервные возможности, и прежде всего состояние сердечно-сосудистой системы);
- уровень иммунной защиты и неспецифической резистентности;
- наличие какого-либо заболевания или дефекта развития;
- уровень морально-волевых и ценностно-мотивационных установок.

Индивидуальное здоровье человека формируется индивидуально в условиях общества на основе наследственных факторов и образа жизни, который ведет отдельный человек. Выделяют три вида индивидуального здоровья:

- физическое (телесное, соматическое) здоровье, которое подразумевает отсутствие у человека не только заболеваний, но и любых морфологических и функциональных нарушений в организме, которые рассматриваются как предпосылки к формированию хронической патологии;
- психическое здоровье – такое состояние психики индивида, которое характеризуется цельностью и согласованностью всех психических функций организма, обеспечивающих чувство субъективной психической комфортности, способность к целенаправленной осмысленной деятельности и оптимальное выполнение социальных функций, адекватных общечеловеческим ценностям и этнокультурным особенностям той группы, к которой принадлежит индивид;
- социальное здоровье – состояние человека, при котором клинические проявления его организма не препятствуют его человеческой активности и при котором он удовлетворен условиями труда, социально-экономическим положением, семейно-бытовыми условиями.

Заключение о здоровье и нормальном состоянии делают на основании антропометрических, физиологических и биохимических исследований.

Болезнь есть нарушение нормальной жизнедеятельности организма при действии на него повреждающих агентов, в результате чего понижаются его адаптационные (приспособительные) возможности, снижается трудоспособность. Это определение вытекает из того положения, что нормальная жизнь есть результат постоянного приспособления организма к непрерывно меняющимся условиям среды.

Приведём основные последствия воздействия факторов окружающей среды на организм человека:

- *смерть* – необратимый исход,
- *болезнь* – сочетание симптомов, признаков и результатов лабораторных исследований,
- *нетрудоспособность*, ограничение привычной деятельности – функциональный статус пациентов с точки зрения их способности быть независимыми от других и самостоятельно выполнять свои повседневные функции в быту, во время работы или на отдыхе:
- *преморбидные* (бессимптомные, доклинические) *состояния* – временно компенсированные, скрытые изменения, выявляемые только с использованием комплекса чувствительных методов,
- *дискомфорт* – симптомы, причиняющие неудобства (усталость, тошнота, неприятный запах, головокружение и др.),
- *неудовлетворённость жизнью* – нарушение эмоционального и психического состояния (возбуждение, депрессия и др.).

Неблагоприятное влияние среды обитания и внутренней среды человека

может приводить к нарушению его здоровья в виде болезни. В настоящее время существует множество болезней, названия которых имеются в Международной классификации болезней X пересмотра (МКБ-X), прошедших апробацию во Всемирной организации здравоохранения. Болезнь отдельного человека, её возникновение называется *заболеванием*. Существует понятие о заболеваемости как о медико-статистическом показателе распространенности совокупности отдельного или многих заболеваний. Массовое распространение заболеваний, превышающее контрольные цифры, называется эпидемией.

Фактор окружающей среды может быть фактором риска, т.е. компонентом этиологии, который хотя и важен для развития и прогрессирования заболевания, но сам по себе в отсутствие других условий (например, генетической предрасположенности) не способен вызвать заболевание у конкретного человека.

Одним из важнейших элементов методологии гигиенической диагностики является оценка риска неблагоприятного влияния факторов среды на здоровье человека. Риск (здоровью) по рекомендации ВОЗ определяется как ожидаемая частота нежелательных эффектов, возникающих от воздействия загрязнителей. Они могут быть в воздухе, воде, почве, продуктах питания, различных материалах – строительных, упаковочных изделиях, например, полимерных материалах.

Болезнь – это структурно-функциональное повреждение в организме с установленными этиологией, патогенезом, клиникой, патологической анатомией и органопатологией. Болезнь – сложная общая реакция организма на повреждающее действие факторов внешней среды, качественно новый жизненный процесс, при котором хотя и сохраняются функции, присущие здоровому организму, но появляются новые изменения разрушительного и приспособительного характера в органах и тканях, приводящие к снижению приспособляемости организма к непрерывно меняющимся условиям окружающей среды и ограничению трудоспособности.

Критерии болезни:

- жалобы больного;
- результаты объективного исследования пациента;
- снижение приспособляемости и трудоспособности.

В болезни всегда существует два противоположных процесса, два начала. Одно из этих начал И.П. Павлов назвал физиологической мерой против болезни, а второе – собственно патологическим или поломом. Два начала болезни не существуют порознь, они мыслимы только в диалектическом единстве. Например, при абсцессе (очаговом гнойном воспалении) мы видим признаки «полома» (гибель ограниченного участка ткани, боль), но тут же и «меры против болезни», которые мобилизуют организм (миграция лейкоцитов, фагоцитоз, образование барьера вокруг очага и т.д.). При лихорадке наряду с высокой температурой тела, головной болью и другими явлениями, что лишает человека трудоспособности, наблюдается более активная выработка антител, более энергичный фагоцитоз и т.д., т.е. «меры против болезни». «Полом» и «мера против болезни» существуют неразрывно, и нет болезни, если нет этого

единства. Полное отсутствие «защитного» означает смерть. Полное отсутствие «полома» означает здоровье. Из сказанного ясно, что болезнь есть единство двух противоположных тенденций (разрушительной и защитной), пребывающих в постоянной борьбе. Эта борьба есть главное, что создает болезнь, придает ей определенную направленность, течение.

Для философского рассмотрения здоровья важно помнить, что оно отражает необходимость, вытекающую из сущности явлений, а болезнь – случайность, не имеющая всеобщего характера. Более насыщенным, общим и универсальным является не болезнь, а здоровье. Главная задача науки и практики – диагностика, сохранение и восстановление здоровья не только больных, но и людей, обладающих неполным здоровьем. Рычаг медицины и здравоохранения должен быть не в воздействии на болезни, а в воспроизводстве здоровья, в осуществлении прямого пути к здоровью.

Третье состояние. Между здоровьем и болезнью нет резких граней. Это отметили еще древние медики. По Галену существует три состояния человеческого тела: «здоровье – состояние, при котором тело человека полностью здоровое; болезнь – противоположное состояние; третье – ни здоровье, ни болезнь». Очень важно понимать, что между здоровьем и болезнью лежит промежуточное состояние, в котором находится 60-80% населения. Оно не получило еще научного названия, поэтому вслед за Галеном мы можем назвать его «третьим состоянием». Что же оно собой представляет?

Состояние человека, промежуточное между здоровьем и болезнью, совмещает в себе и то и другое. В то же время, это состояние «ни то, ни другое». Третье состояние – типичное проявление единства противоположностей в ряду таких всеобщих свойств материи, как «ни элементарное, ни сложное», «ни покоится, ни движется», и т.п.

Как и болезнь, третье состояние имеет множество причин возникновения. Вся сумма факторов физической, химической и биологической природы, свойственных современным условиям жизни, приводит не только к развитию специфических заболеваний, но и к появлению ряда общих симптомов (неврастения, потеря аппетита, раздражительность, головные боли, сухость кожи и пр.), свойственных третьему состоянию. Приведем основные варианты и причины третьего состояния.

1. Наибольшую опасность представляют химические вредности. Все люди сталкиваются с ними повсеместно и постоянно (смог, химизация сельского хозяйства, химические добавки в пищевые продукты, синтетические лекарства и пр.), что неблагоприятно сказывается на состоянии их здоровья. Даже так называемые допустимые концентрации вредных химических веществ в своей совокупности приводят к увеличению «непрофессиональных» заболеваний. Эта неспецифическая реакция организма выражается в изменении структуры общей заболеваемости или в «депрессии трудовых функций» (снижение производительности труда при отсутствии патологических сдвигов). Неспецифические заболевания химической этиологии подстерегают не

только рабочих, но и людей, живущих в городах и вблизи полей, интенсивно обрабатываемых различными химикатами.

2. К находящимся в третьем состоянии нельзя не отнести регулярно потребляющих алкоголь. Это еще не алкоголики, не больные, но алкоголь отнимает у них часть здоровья, рабочего и творческого потенциала.
3. Сюда относятся и большинство курящих. Сигаретный дым содержит более 1200 вредных веществ, среди которых – смолы, продукты распада тяжёлых металлов и канцерогены. Все ткани и органы курильщика испытывают недостаток кислорода. Отсюда постоянное чувство усталости, частые заболевания и стрессы. Курение – прямая причина хронической обструктивной болезни лёгких, язв желудка и пищевода, онкологических заболеваний. Во время курения сосуды сужаются, и кровь насыщается углекислым газом. В результате сердце быстрее изнашивается, высок риск инфаркта миокарда. Курение отрицательно отражается на репродуктивном здоровье: у мужчин может вызвать импотенцию, у женщин – бесплодие. Пассивное курение также опасно: у детей повышается вероятность астмы, бронхитов и инфекций, у взрослых – рак лёгких и болезни сердца.
4. Десинхроз, возникающий у работников ночных профессий и при трансмеридиальных перемещениях, тоже пополняет отряд тех, кто находится в третьем состоянии.
5. Другие особые физиологические состояния, которые сопряжены с ограничением жизнедеятельности человека: периоды полового созревания, климакса, предродовой и послеродовой периоды и, наконец, старость. Недуги старости, отражающие общий упадок жизнедеятельности, свидетельствуют о том, что диапазон приспособительных способностей не измеряется альтернативой – здоровье или болезнь. Между ними располагается целая гамма промежуточных состояний, указывающих на особые формы приспособления, близкие то к здоровью, то к заболеванию и все же не являющиеся ни тем, ни другим.
6. Самую большую группу людей третьего состояния составляют люди, для которых характерно неправильное питание. Речь идет не только о классических недостаточностях (голодание, авитаминозы и пр.). Нарушения возникают на фоне энергетически полноценного питания по причине скрытых недостаточностей, главным образом, дисбаланса основных веществ. Нарушения питания и других правил здорового поведения приводят в отряд людей третьего состояния очень многих лиц с излишней массой (их около половины всего населения) и, конечно, всех ожиревших (их около четверти).
7. В современном мире человек осваивает для жизни все новые и новые районы, делает это намного быстрее, чем в прошлые века и не успевает адаптироваться к новым природно-климатическим условиям северных и тропических районов, к высокогорью и другим экстремам. Возникающие в этих условиях состояния описываются как «дезадаптационный

метеоневроз», «адаптационная эйфория», «синдром отчужденности» и пр. Причем, установлено, что действие различных неблагоприятных факторов проявляется скорее в изменениях общего самочувствия и работоспособности, чем в заболеваемости, фактически это проявление все того же третьего состояния.

8. В разделе о третьем состоянии нельзя не коснуться физиологической незрелости у детей. Физиологическая незрелость характеризуется мышечной гипотонией, снижением общей неспецифической иммунобиологической резистентности, может опосредствовать более позднее половое созревание, в более пожилом возрасте приводит к сердечно-сосудистой и онкологической патологии.

Итак, больше половины всей популяции людей находится в третьем состоянии. Оно имеет ряд существенных отличий, как от здоровья, так и от болезней. Если последние продолжаются сутки, недели, месяцы, и редко дольше, то третье состояние сохраняется годы, десятилетия и даже всю жизнь. В третьем состоянии человек располагает примерно только половиной психофизических возможностей, заложенных в него природой. Умение распознавать это состояние, предотвращать и ликвидировать его – важнейшая задача науки и практики.

Общественное (популяционное) здоровье. Общественное, или популяционное здоровье – это совокупное здоровье людей, проживающих в пределах какой-либо территории – страны, крупного, среднего и малого регионов. Оно является результатом социально опосредованных действий, проявляющихся через образ жизни человека и различных групп населения. Общественное здоровье – характеристика одного из важнейших свойств, качеств общества как социального организма. Оно характеризует жизнеспособность общества. В международной практике для описания общественного здоровья традиционно используют: медико-демографические показатели населения; показатели заболеваемости населения; показатели инвалидизации населения; показатели физического развития населения.

1. Медико-демографические показатели общественного здоровья населения разделяются на следующие показатели: показатели естественного движения населения (рождаемость, смертность, естественный прирост населения, средняя продолжительность предстоящей жизни); показатели брачности, плодовитости; показатели механического движения населения (эмиграция, иммиграция).
2. Заболеваемость имеет важнейшее значение в изучении состояния здоровья населения. Заболеваемость изучается на основании анализа медицинской документации амбулаторно-поликлинических и стационарных учреждений: листов нетрудоспособности; карт больных, выбывших из стационара; статистических талонов для регистрации уточненных диагнозов; экстренных извещений об инфекционных заболеваниях; свидетельств о смерти и т. д. Изучение заболеваемости включает в себя также количественную (уровень заболеваемости), качественную (структуру

заболеваемости) и индивидуальную (кратность перенесенных за год заболеваний) оценку.

3. Инвалидность – нарушение здоровья со стойким расстройством функций организма, обусловленное заболеваниями, врожденными дефектами, последствиями травм, приводящих к ограничению жизнедеятельности. Показатели инвалидности выявляются путем регистрации данных медико-социальной экспертизы.
4. Физическое развитие – показатель роста и формирования организма. Данный показатель зависит не только от наследственности, но и от социальных условий. Физическое развитие обследуемых выявляется путем антропометрических и физиометрических измерений роста, массы тела, окружности грудной клетки, мышечной силы, отложений жира, уровня артериального давления, жизненной емкости легких. На основании полученных данных устанавливают стандарты физического развития для каждой возрастно-половой группы. Стандарты служат для индивидуальной оценки физического развития, которая проводится на медицинских осмотрах. Уровень физического развития тесно связан с климатогеографическими условиями и различными этническими группами, для чего создаются местные стандарты. Массовые, из года в год повторяющиеся медицинские наблюдения позволяют судить об изменениях физического развития, а, следовательно, и об изменениях здоровья населения.

Качество популяционного здоровья сравнительно небольших контингентов оценивается с использованием метода определения «Групп здоровья», которые выявляются путем специальных медицинских обследований отдельно детей и взрослых:

- 1) здоровые;
- 2) здоровые с некоторыми морфологическими и функциональными изменениями (лица, у которых отсутствует какое-либо хроническое заболевание, но наблюдаются последствия перенесенных болезней и травм);
- 3) больные с длительно текущими (хроническими) заболеваниями при сохранении в основном функциональных возможностей организма (компенсированное состояние);
- 4) больные с хроническими заболеваниями (субкомпенсированное состояние);
- 5) тяжелые больные, находящиеся на постельном режиме, инвалиды I-II групп (декомпенсированное состояние).

Профессиональное здоровье. В современном понимании профессиональное здоровье рассматривается как определённый уровень характеристик человека-профессионала, специалиста (включая социально-психологические характеристики его личности), отвечающий требованиям профессиональной деятельности и обеспечивающий её высокую эффективность. Профессиональное здоровье – свойство организма сохранять необходимые компенсаторные и защитные механизмы, обеспечивающие

профессиональную надежность и работоспособность во всех условиях профессиональной деятельности. Профессиональное здоровье является необходимым условием профессионального (и, в целом, жизненного) благополучия человека. Главным показателем профессионального здоровья является работоспособность, отражающая указанные возможности человека.

Здоровье населения страны – комплексный социально-гигиенический и экономический показатель, который интегрирует биологические, демографические и социальные процессы, свойственные человеческому обществу, отражает уровень его экономического и культурного развития, состояние медицинской помощи, находясь в то же время под воздействием традиций, исторических, этнографических и природно-климатических условий (интегральный показатель качества жизни в объективных ее проявлениях).

Показатели здоровья населения страны:

- воспроизводство здоровья – полноценный генофонд, многодетные семьи, здоровье будущих родителей, нормально протекающие беременность и роды;
- формирование здоровья – здоровый образ жизни населения, моральные устои, здоровое общественное сознание, ответственные общественные отношения, организация и воспитание культуры использования времени во внепроизводственной сфере;
- потребление здоровья – система организации и охраны условий труда, соблюдение имеющихся правил и санитарно-гигиенических нормативов, определение предельно допустимых уровней (ПДУ) и концентраций (ПДК) для комплексов воздействующих факторов, которые могут аккумулироваться и потенцировать друг друга, и факторов, сопровождающих новые сферы производственной деятельности (предельно допустимое время пребывания в невесомости; ПДК наноматериалов и др.);
- восстановление здоровья – полноценный отдых, лечение, медико-социальная реабилитация.

Значимость здоровья в настоящее время особенно возросла, поскольку состояние здоровья людей существенно изменилось и возникли новые закономерности характера и распространенности заболеваний человека, демографических процессов. Указанные изменения в состоянии здоровья людей можно обобщенно охарактеризовать следующим образом:

- значительно выше стала зависимость состояния здоровья человека от социально-экономических условий, среды его обитания;
- появилась другая скорость изменения показателей, характеризующих здоровье (физическое развитие, заболеваемость, инвалидность, смертность);
- произошли характерные демографические изменения – старение населения, урбанизация, сдвиги в структуре смертности и пр.;
- определился ряд заболеваний, частота которых резко возросла в последние годы (болезни органов кровообращения, хронические неспецифические заболевания органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, отравления, травмы);

- увеличилась численность заболеваний, которые раньше реже встречались: эндокринные, аллергические, врожденные пороки, болезни иммунной системы и др.;

- возросла заболеваемость некоторыми инфекционными и другими болезнями: туберкулезом, ВИЧ, дифтерией, гепатитом, заболеваниями крови, аденовирусными болезнями и др.;

- определилась многофакторность влияния на здоровье человека и появилась необходимость системного подхода к профилактике заболеваний.

В настоящее время выделяют группу болезней, причиной которых является неправильный образ жизни современного человека и загрязненная окружающая среда: «болезни цивилизации» – заболевания человека, связанные с духовным неблагополучием, нарушением морально-нравственных норм и механизмов адаптации к неблагоприятным факторам антропогенно измененной среды в условиях роста научно-технического прогресса.

К группе болезней цивилизации относят патологии сердечно-сосудистой, нервной, иммунной, пищеварительной, эндокринной систем. Установлено, что главной причиной роста заболеваемости является стресс, который находит клиническое выражение в так называемом неврозе неотрагированных эмоций, вызывающем инфаркт миокарда, гипертоническую болезнь, атеросклероз, сахарный диабет и неврологические заболевания.

Следствием все возрастающей механизации и автоматизации труда является гиподинамия – резко сниженная мышечная активность. Одной из самых распространенных болезней в экономически развитых странах является ожирение. Техногенная цивилизация характеризуется неудержимым ростом различных отраслей промышленности и появлением новой группы заболеваний – профессиональных болезней, вызванных воздействием на людей производственных факторов (физических, химических, биологических, психических. К ним относятся патологические изменения, вызванные воздействием производственной пыли (силикоз, асбестоз и др.). В сельском хозяйстве нередки отравления инсектицидами, пестицидами. Широкое распространение получили шумовая и вибрационная болезнь. Часто проявляются опухолевые заболевания. Среди факторов, вызывающих опухоли, выделяют: химические (неорганические удобрения, пестициды, никель, асбест, выхлопные газы); физические (ионизирующее излучение, травмы); биологические (инфекционные и вирусные агенты, генетические поломки вследствие болезней родителей, их вредных привычек).

К «болезням цивилизации» относят экологически обусловленные заболевания – это заболевания, развившиеся среди населения какой-либо территории под воздействием на людей вредных факторов среды обитания (химических веществ, физических факторов и др.) и проявляющиеся характерными для этого причинного фактора симптомами и синдромами или иными неспецифическими отклонениями, которые провоцируются экологически неблагоприятными факторами.

По своей природе все экологически обусловленные заболевания можно разделить на 2 группы:

- экологически обусловленные заболевания, связанные с действием природно-обусловленных причин (так называемые эндемичные заболевания): избыток или недостаток отдельных элементов в питьевой воде, местных продуктах питания, воздействие экстремальных климатических условий и т.д.;

- экологически обусловленные заболевания, связанные с деятельностью человека (техногенные).

Вторую группу заболеваний в свою очередь также можно разделить на две подгруппы:

- вызванные длительным (постоянным) повышением по сравнению с фоновым воздействием того или иного вредного фактора или их сочетаний на организм человека;

- вызванные резким внезапным значительным увеличением того или иного вредного фактора химической или физической природы во внешней среде.

Факторы, влияющие на здоровье. Общеизвестно, что к факторам, определяющим здоровье, относятся (по убыванию влияния) образ жизни, состояние окружающей среды, генетические особенности индивидуума и качество медицинского обслуживания.

Образ жизни – устойчивая, долговременная система отношений человека с природной и социальной средой, представлений о нравственных и материальных ценностях, намерений, поступков, стереотипов поведения, реализации стратегий, направленных на удовлетворение разнообразных потребностей, на основе адаптации к правилам, законам и традициям общества. Образ жизни человека влияет на многие социальные процессы и характеристики общества. Образ жизни человека включает три категории: уровень жизни, качество жизни и стиль жизни.

Уровень жизни – степень удовлетворения материальных и духовных потребностей людей массой товаров и услуг, используемых в единицу времени. Базируется на объёме реальных доходов на душу населения и соответствующем объёме потребления. Согласно позиции Организации Объединённых Наций, понятие «уровень жизни населения» составляет совокупность условий жизнедеятельности населения. Некоторые из них: показатели демографического развития (рождаемость, смертность, ожидаемая продолжительность жизни при рождении и др.), условия труда и уровень занятости, баланс потребительских доходов и расходов, уровень потребительских цен и темпы их роста, уровень потребления продовольственных товаров, санитарно-гигиенические условия жизни, обеспеченность жильём и его качество, обеспеченность общественным и личным транспортом, наличие возможностей для получения образования и культуры, наличие возможностей для отдыха и досуга, система социального (пенсионного, медицинского и др.) обеспечения населения, уровень обеспечения и защиты прав и свобод человека и гражданина. Размер дохода на душу населения считается основным показателем, по которому оценивают уровень жизни населения. С понятием «уровень жизни» тесно связано такое многоаспектное понятие как «качество жизни».

Качество жизни – междисциплинарное понятие, характеризующее эффективность всех сторон жизнедеятельности человека, уровень удовлетворения материальных, духовных и социальных потребностей, уровень интеллектуального, культурного и физического развития, а также степень обеспечения безопасности жизни. Согласно определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), этот термин охватывает физическое, психологическое, эмоциональное и социальное здоровье человека, основанное на его восприятии своего места в обществе.

Стиль жизни (лайфстайл) – это понятие, которое широко используется в обществе и затрагивает различные аспекты повседневности. Оно описывает те атрибуты, привычки, мнения и ценности, которые определяют, каким образом люди ведут свою жизнь и как они взаимодействуют с окружающим миром. Понятие лайфстайл охватывает разнообразные аспекты повседневности, такие как работа, образование, отношения, здоровье, спорт, питание, общение и досуг. Популярными современными вариантами стилей жизни являются: здоровый образ жизни, экологический образ жизни, минимализм, семейно-ориентированный стиль жизни, жизнь в стиле хюгге, социально активный образ жизни, карьеризм.

Таким образом, образ жизни – это сочетание материальных условий, социальных установок (культуры, обычаев и т. д.) и природных факторов, которые составляют условия поведения (включая реактивность социально-психологическую и физиологическую) человека и его обратное влияние на эти условия. Для нас отдельный интерес представляет понятие «здоровый образ жизни».

По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), здоровый образ жизни (ЗОЖ) – это оптимальное качество жизни, определяемое мотивированным поведением человека, направленным на сохранение и укрепление здоровья, в условиях воздействия на него природных и социальных факторов окружающей среды.

Основными компонентами здорового образа жизни являются:

- 1) физическая активность;
- 2) рациональное питание;
- 3) личная гигиена;
- 4) закаливание организма;
- 5) отказ от вредных привычек;
- 6) психоэмоциональная культура;
- 7) оптимальный режим труда и отдыха.

Состояние окружающей среды. Человек, как живая система, является составной частью биосферы. Воздействие человека на биосферу связано не столько с его биологической, сколько с трудовой деятельностью. Известно, что технические системы оказывают химическое и физическое воздействие на биосферу по следующим каналам:

- 1) через атмосферу (использование и выделение различных газов нарушает естественный газообмен);

- 2) через гидросферу (загрязнение химическими веществами и нефтью рек, морей и океанов);
- 3) через литосферу (использование полезных ископаемых, загрязнение почв промышленными отходами и т. д.).

Очевидно, что результаты технической деятельности влияют на те параметры биосферы, которые обеспечивают возможность жизни на планете. Жизнь человека, как и человеческого общества в целом, невозможна без окружающей среды, без природы. Человеку как живому организму присущ обмен веществ с окружающей средой, который является основным условием существования любого живого организма. Организм человека во многом связан с остальными компонентами биосферы – растениями, насекомыми, микроорганизмами и т. д., то есть его сложный организм входит в общий круговорот веществ и подчиняется его законам.

Непрерывный приток атмосферного кислорода, питьевой воды, пищи абсолютно необходим для существования и биологической деятельности человека. Человеческий организм подчинен суточным и сезонным ритмам, реагирует на сезонные изменения температуры окружающей среды, интенсивности солнечного излучения и т. п.

Генетические особенности индивидуума. К генетическим особенностям индивидуума относятся:

- здоровье родителей и ближайших родственников;
- наследственные заболевания;
- особенности конституции, генотипа и фенотипа;
- адаптационные возможности и резервы организма.
- *Качество медицинского обслуживания:*
- увеличивает среднюю ожидаемую продолжительность жизни населения;
- снижает детскую смертность, особенно от инфекционных заболеваний;
- увеличивает долю пожилого населения;
- изменяет структуру заболеваемости – уменьшение доли острых и увеличение доли хронических заболеваний;
- изменяет структуру смертности – увеличение доли сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний;
- увеличивает фармакологический прессинг при одновременном снижении значимости здорового образа жизни и личной ответственности за здоровье.

Комплекс факторов среды обитания (ФСО), оказывающих влияние на состояние здоровья и продолжительность жизни населения в субъектах РФ, включает группы социально-экономических, санитарно-гигиенических факторов и факторов, характеризующих образ жизни населения. Факторы среды – это биологические (вирусные, бактериальные, паразитарные и иные), химические, физические (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук, тепловые, ионизирующие, неионизирующие и иные излучения), социальные (питание, водоснабжение, условия быта, труда, отдыха) и иные ФСО, которые оказывают

или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений.

В процессе ведения социально-гигиенического мониторинга в субъектах РФ оценивается уровень влияния различных ФСО на состояние здоровья населения. В последние годы на первое место в перечне наиболее значимых групп ФСО, формирующих состояние санитарно-эпидемиологического благополучия, здоровья и продолжительности жизни населения Российской Федерации, вышли социальные и экономические. Эта группа включает в себя такие факторы, как:

- промышленно-экономическое развитие территории;
- социальная напряженность;
- социальное благополучие;
- обеспеченность медицинской помощью;
- условия обучения и воспитания детей;
- условия труда.

Здоровье человека в конечном счете определяется совокупным влиянием природных и социально-экономических факторов жизни человека (рис. 1).



Рис. 1. Влияние факторов и условий окружающей среды на здоровье человека

1.2. Организм человека как система в специфической среде обитания

Человеческий организм – очень сложная, многокомпонентная целостная открытая система, состоящая из большого количества анатомически и функционально связанных между собой частей (подсистем). Составляющие части этой системы образуют стройную иерархию, где функции управления реализуют не менее сложные системы более низкого уровня, выполняющие ряд частных функций. Все они – динамические саморегулирующиеся подсистемы с хорошо организованной обратной связью, которые обеспечивают своей деятельностью полезные для организма в целом результаты. Целостность

организма человека определяется интегрированной слаженностью взаимодействия этих систем как по горизонтали (на органном уровне), так и по вертикали (на системном уровне). Любое нарушение этой иерархии и интеграции (если оно не компенсируется специальными механизмами) ведет к сбою в работе системы в целом (это мы называем болезнью), и/или, в конечном счете, к ее гибели.

Анализ эволюционного развития систем человеческого организма выявил тесную связь между человеком как видом и другими живущими на планете живыми существами. Многие биологические закономерности, присущие животному миру, в целом оказались справедливы и для человека. Но при более тщательном изучении выяснилось большое количество отклонений между законами природы, действующими среди животного мира, и теми же закономерностями, реализующимися в мир людей. Одной из причин считается изменение статуса вида *Homo sapiens* (человек разумный) в окружающей живой природе. Например, это объясняется изменением соотношения объемов двигательной активности, и объемов поступающей в мозг человека информации.

Началом обособления человека как вида от других конкурентных сообществ послужило развитие разума и интеллекта, что дало возможность человеку анализировать и экстраполировать происходящие события, пользоваться вербальной и невербальной информацией, полученной от других людей, планировать свое поведение и т.п. Это явление обеспечило беспрецедентное конкурентное преимущество, которое позволило человеку занять наивысшую ступень в иерархии животного мира. С развитием цивилизации возникло явление, не имеющее аналогов в живой природе – социальная среда, т.е. сообщество людей, создающих определенный культурно-психологический климат, свойственный только человеку.

Социальная среда интегрируется с природой, создавая общую совокупную среду обитания, причем ни одна из этих частей не может быть исключена из человеческого бытия. Попытки и наблюдения подтвердили тот факт, что отсутствие любой из этих составляющих рано или поздно приводит к смерти человека.

Процессы развития цивилизации стали консолидирующим фактором в становлении человека как индивидуума, и эта взаимозависимость привела к необходимости разработки новых условий взаимоотношений людей, так как выпадение из общей деятельности одного человека неблагоприятно сказывалось на жизни остальных. Появление и развитие социальных мотивов деятельности привело к появлению потребностей, не связанных напрямую с биологическими (уважение, самореализация и т.п.). Они, в свою очередь, стали иницирующим фактором в появлении вторичных материальных и духовных потребностей. Последующая переориентация мотивов человеческой деятельности отразилась на механизмах взаимоотношений человека с окружающей средой. Примером тому может служить реализация механизмов стресса. У животных стресс служит важнейшим средством адаптации к грозящим жизни условиям, помогая справляться с возникающими

критическими ситуациями через движение. У человека стресс чаще всего связан с социальными мотивами, а не борьбой за выживание (в чистом, природном, виде). К тому же разрешение стрессовой ситуации не заканчивается физическим движением человека, что рано или поздно ведет к нарастанию психического напряжения и последующим срывам реакции адаптации.

Подводя краткий итог, приходится признавать, что процесс развития цивилизации сопровождается ростом различий между биологическим прошлым человека и нынешним статусом вида *Homo sapiens* в окружающем его мире. Далеко не всегда эти различия носят положительный характер. Например, хорошо известно, что дисбаланс в снижении двигательной активности человека ниже определенного уровня (явления гиподинамии фиксируются во многих развитых странах), и возрастающая информационная нагрузка приводят к перенапряжению высшей нервной системы. Это, в свою очередь, является причиной развития многих патологических процессов, со временем развивающихся в заболевание. Так, ученые установили эту связь в развитии психоневрозов, заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта и т.д. Изменение условий жизнедеятельности, далеких от сложившихся тысячелетиями, стало причиной изменений в иммунной системе. Во многих развитых странах изменение характера питания (технологическая обработка продуктов, искусственные добавки, модифицированные продукты) привели к резкому отличию от природных продуктов и снижению качества пищи.

Различия иногда настолько велики, что в настоящее время вполне реально определить складывающуюся ситуацию как системный кризис цивилизации. Такая оценка может показаться резкой, но, учитывая многие социальные и экологические аспекты, вряд ли преждевременной.

1.3. Основные свойства живых систем

Выделение человека из всего разнообразия живого мира и развитие материальной и духовной культуры стало тем стратегическим обстоятельством, которое во многом определило развитие цивилизации и обеспечило невиданное до тех пор конкурентное преимущество человека как вида перед другими участниками эволюции. Зародившийся на этой основе научно-технический прогресс в значительной степени избавил человечество от биологических ограничений и обусловил его прорыв в сферу надбиологических потребностей и надбиологической деятельности. В свою очередь, возникновение и развитие искусственной среды обитания – техносферы породило необходимость создания и развития искусственных систем безопасности. Новая среда обитания породила и новые опасности, что явилось причиной создания систем, которые могли бы обеспечить нормальную жизнедеятельность.

Вместе с тем отдаление человечества от привычной среды обитания не повлекло за собой полной потери связи с природой. Человек остался связанным

с ней механизмами, сформировавшимися в ходе достаточно длительной эволюции. Эти механизмы присутствуют и у других представителей живого мира.

Прежде чем попытаться понять сложные механизмы взаимодействия функциональных систем организма человека, отношения человека с окружающей средой, необходимо сформулировать наиболее общие свойства живых систем клеточного и организменного уровней организации.

Живой может быть названа любая динамическая система, которая активно воспринимает и преобразует молекулярную и сигнальную информацию с целью самосохранения.

Для восприятия и преобразования сигналов, обеспечивающих реакции и самосохранение системы, необходимы следующие условия:

1. Система должна иметь относительно устойчивую **структурную организацию**. Основой структурной организации подавляющего большинства биологических систем является строение биологических макромолекул, надмолекулярное устройство клеток и клеточное строение многоклеточных организмов.
2. Необходимо наличие **запаса концентрированной энергии**, которая может быть использована для восприятия сигналов, реагирования на них и сохранения структуры. В живых системах эта энергия заключена в определенных химических связях органических веществ.
3. Для освобождения энергии обращения ее в физиологическую работу нужны вещества, которые **снижают потенциальные барьеры химических реакций (катализаторы)** и трансформируют выделившуюся химическую энергию в физиологическую работу. Эти функции обеспечиваются ферментами.
4. В структурах, выполняющих информационную функцию, закодированы **программы считывания и реализации информации**. Существует два рода таких программ:
 - а) программы самовоспроизведения (генетическая память), они закодированы в молекулярной структуре нуклеиновых кислот – ДНК, РНК;
 - б) программы оперативного реагирования – индивидуального поведения (сигнальная память);
5. Поскольку большинство сигналов в живой системе передается особыми молекулами, воспринимающие их клеточные структуры – рецепторы должны обладать **свойством молекулярного узнавания**.
6. При каждой реакции в живой системе расходуется какая – то часть энергоносителей и каркасных структур.

Для их возобновления и сохранения целостности необходим приток веществ и энергии из окружающей среды – **питание**.

В процессах **метаболизма** – обмена веществ и энергии внутри биосистемы объединены и уравновешены взаимосвязанные процессы **анаболизма (ассимиляции)** – уподобляющего синтеза веществ, и **катаболизма (диссимиляции)** – распада сложных соединений на простые с

освобождением энергии.

7. Постепенное накопление в каждой отдельной живой системе необратимых структурных изменений ограничивает ее существование во времени. Поэтому клетка, организм стремятся к **самовоспроизведению**, не ожидая, пока возникнет угроза их жизни. Наличие программы воспроизведения в виде ДНК и ее большая стабильность обуславливают свойство **наследственности**. Наследственность не абсолютна, она так же, как и живая система в целом, обладает **изменчивостью** под влиянием изменений в генетическом аппарате – мутаций.
8. Наследуемые изменения и их отбор под действием факторов среды обуславливают **генетические адаптации, видообразование** и увеличение биологического разнообразия. Они тоже могут рассматриваться как опережающие реакции, но уже на надорганизменном уровне, со стороны экологических систем: если изменяются условия жизни, то разнообразие видов обеспечивает большую вероятность сохранения жизни за счет форм, относительно лучше приспособленных к новым условиям. Это обуславливает процесс **биологической эволюции**.

Перечисленные свойства лежат в основе единства и разнообразия живых систем. В живой природе практически бесконечное разнообразие возникает на основе сочетания немногих структурных единиц. В состав живых организмов входят те же химические элементы, что и в состав объектов неживой природы, но их количественное соотношение неодинаково. Только на 6 элементов – кислород, водород, углерод, азот, сера, фосфор (O, H, C, N, S, P) – приходится в среднем почти 99 % состава органики всех живых существ от вирусов до человека. Эти элементы называют **биогенными**. Их соединения образуют несколько десятков природных мономеров – аминокислот, нуклеотидов, сахаров и других органических веществ, различные сочетания которых, в свою очередь, дают уже огромное число индивидуальных биополимеров.

Многочисленность и разнообразие природных биологических форм хорошо известно. В настоящее время на основании морфологических и биохимических различий надежно идентифицировано более 1,7 млн. видов организмов. Но за счет большого числа неидентифицированных низших форм (микроорганизмов, грибов, червей, членистоногих) фактическое общее число видов может быть в 3-5 раз больше. В литературе часто фигурирует размах числа видов на планете от $5 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^7$. В пределах вида или популяции, даже не считая отличий по полу, возрасту, и т.п., разнообразны и отдельные организмы. А их на планете очень много: по некоторым оценкам от 10^{26} до 10^{30} .

При всем биологическом разнообразии оно, тем не менее, во много раз меньше, чем в принципе могло бы быть, исходя из возможного числа молекулярных сочетаний. По подсчетам ученых, число изомеров одной молекулы ДНК кишечной палочки составляет примерно 10^{11} .

В то же время число атомов во всей наблюдаемой Вселенной имеет порядок 10^{80} . В сравнении с числом изомеров только одной молекулы величина разнообразия молекул, известных науке, представляется совершенно

ничтожной – не более 10^8 . Это относится не только к химическим соединениям: на всех структурных уровнях организации материи, включая биологический, реализована ничтожная часть возможных комбинаций.

А это означает, что каждый биологический вид, более того, **каждое живое существо в высокой степени уникально**. Оно обладает редчайшим набором свойств, с помощью которых организм уравнивается с множеством действующих на него сил окружающей среды.

С точки зрения функционирования организма в среде обитания выделяют целый ряд свойств живых существ, присущих только им. Важнейшими из них являются:

- реактивность (способность организма как целого отвечать на воздействия окружающей среды);
- адаптивность, или физиологическая адаптация (способность приспосабливаться к умеренно негативным (или временным негативным) неблагоприятным условиям внешней среды);
- стремление к сохранению постоянства внутренней среды (способности организма создавать оптимальные условия работы всех органов человеческого тела – гомеостазу).

Эти свойства живых организмов взаимосвязаны между собой настолько тесно, что рассмотрение их по отдельности возможно только теоретически.

Характерные свойства живых существ

Реактивность – это способность живого организма отвечать на воздействия факторов внешней среды. Она определяется как внутренними (органными) свойствами, так и внешними. Внутренние свойства в значительной степени обусловлены генетически, относительно постоянны и носят характер нормы. Внешние факторы определяют некий диапазон существования организма. Воздействие внешних факторов в значительной степени определяется интенсивностью воздействия этого фактора. Взаимоотношения живого организма и внешних факторов находятся в зависимости, определяющей его жизнедеятельность. Количественное выражение (доза) воздействующего фактора, которое соответствует наиболее благоприятным условиям существования организма, является *оптимальным*. Но механизмы адаптации (о них см. далее) позволяют существовать организму в определенном диапазоне благоприятствования, что составляет *зону оптимума* (см. рис. 2). Зоны количественного выражения фактора, которые отклоняются от оптимальных значений, но не нарушают нормальные условия жизнедеятельности организма, являются *зонами нормы*. Если построить график зависимости степени благоприятности от количественных значений воздействующего фактора, то он будет иметь характер куполообразной кривой, крайние значения которой будут находиться в зоне, когда нарушаются (перекрываются) адаптивные возможности организма. Это будет соответствовать *зоне пессимума*, или зоне крайнего недостатка или избытка этого воздействующего фактора. Очевидно, что дальнейшее изменение степени воздействия фактора в абсолютном значении приведет к гибели организма.

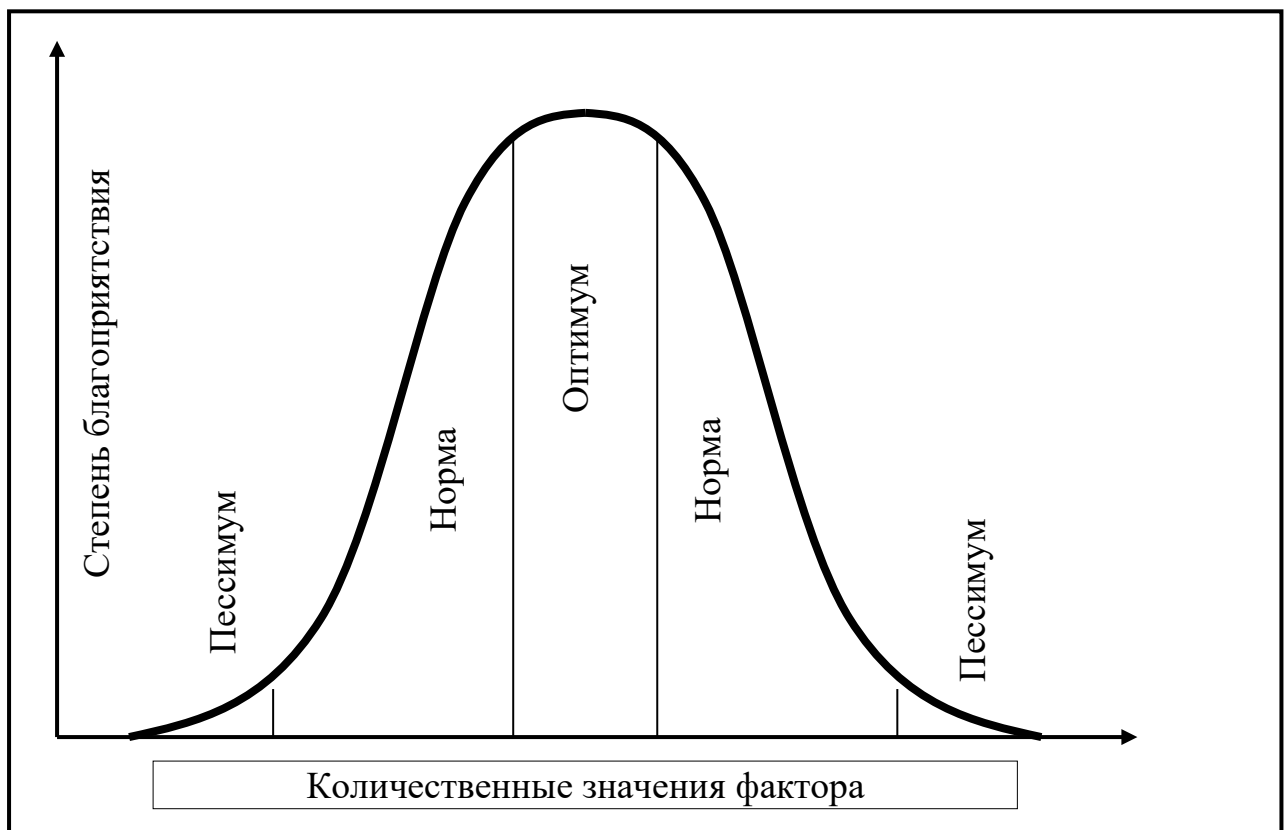


Рис. 2. Влияние изменения количественного выражения фактора среды на жизнедеятельность организма

Физиологическая адаптация. Важнейшим свойством живого организма, при помощи которого он может существовать в определенных условиях внешней среды, является адаптация. При стойком отклонении условий среды от оптимальных условий жизнедеятельности происходят такие изменения физиологической регуляции, которые повышают ее эффективность и вместе с этим уменьшают общее функциональное напряжение организма. Подобные изменения носят название **физиологической адаптации**. Реализовываться они могут как в виде возникновения определенной степени устойчивости к фактору – пассивному пути, или по принципу толерантности; либо по активному. Активный путь адаптации – это целый «набор» специфических адаптивных механизмов, в то время как пассивный путь адаптации реализуется, как правило, на клеточно-тканевом уровне.

В качестве примера адаптации можно привести изменения в организме животных при недостатке кислорода. Низкое парциальное давление кислорода (например, в условиях высокогорья) вызывает состояние **гипоксии** – кислородного голодания клеток. Срочная физиологическая реакция на гипоксию – усиление вентиляции легких и интенсификация кровообращения – не может сохраняться длительное время, так как сама требует затрат энергии и дополнительного кислородного обеспечения. В разных системах организма наступают перестройки, направленные на ослабление гипоксического стресса и достаточное снабжение тканей кислородом при пониженном его содержании в

среде. В первую очередь стимулируется кроветворение, в крови увеличивается количество эритроцитов. Одновременно в них возрастает относительное содержание особой формы гемоглобина, обладающего повышенным сродством к кислороду. В результате кислородная емкость и кислородтранспортная функция крови увеличиваются. Затем наступают изменения в кровеносной системе: расширяются артерии сердца и мозга, в тканях сгущается капиллярная сеть – облегчается доставка кислорода к клеткам. В самих клетках за счет увеличения активности ферментов также повышается сродство к кислороду.

Все эти процессы адаптации к гипоксии, происходящие на протяжении нескольких часов или дней, снимают функциональное напряжение с дыхательной и кровеносной систем. В природных условиях значение физиологической адаптации связано с естественными изменениями условий существования, в основном с сезонными перепадами температуры, влажности, мест обитания и т.п. Хорошо известно осеннее увеличение теплоизоляции организма у многих млекопитающих и птиц за счет линьки, «утепления» покровов пуха, пера, меха и накопления подкожного жира.

Следует отметить, что новые физиологические качества, приобретаемые во время адаптации, не обладают высокой устойчивостью; при смене сезона, при возвращении в оптимальные условия происходит их утрата. Тем более, эти качества не передаются по наследству. Этим физиологическая адаптация отличается от видовой *генетической адаптации*, которая происходит на протяжении ряда поколений, связана с процессом видообразования и возникновением новых жизненных форм организмов.

Выносливость, устойчивость, гомеостаз. У некоторых организмов при отклонении значений фактора от точки оптимума сразу же изменяется и функция отклика (реакция). Они как бы покорно подчиняются ухудшению внешних условий. Так, с понижением температуры среды понижается температура деревьев, и обмен веществ в них замедляется. Но при этом все время сохраняется способность восстановить все жизненные функции при возвращении благоприятных условий. Такие организмы называют выносливыми, или толерантными. К ним относятся растения и низшие животные, пассивно переносящие охлаждение, замерзание, высыхание, голод, дефицит кислорода и т.п.

Крайние проявления такой способности, наблюдаемые вблизи крайних границ пессимума (см. рис. 2), связаны со специальными приспособлениями: *гипобиоз* – глубокое замедление жизнедеятельности, состояние спячки у животных; *анабиоз* – полное, но обратимое замирание всех жизненных процессов, как это имеет место у спор, семян и многих низших животных. Переход в эти состояния чрезвычайно расширяет возможность выживания организмов в самых неблагоприятных условиях. Но во многих случаях нет подчинения функций организма изменениям среды. Включаются различные механизмы защиты от неблагоприятных воздействий, сопротивления им или их активного избегания. Наиболее выраженное – стремление к сохранению постоянства внутренней среды (гомеостаз) – способность живого организма создавать внешние и внутренние оптимальные условия работы всех органов и

систем. Реакции защиты и сопротивления обеспечивают большую или меньшую *устойчивость*, или *резистентность* (от лат. *resistere* – сопротивляться) организма по отношению к отклонениям от оптимума в какой-то его части. Примерами высокой физиологической устойчивости служит постоянство температуры внутренних частей тела у птиц и млекопитающих при значительных изменениях температуры среды или постоянство солевого состава и осмотического давления крови у животных в среде с совершенно другими свойствами либо при больших колебаниях водно-солевого снабжения организма.

Гомеостаз поддерживается не только различными механизмами физиологической регуляции, но и поведения. При отклонениях факторов среды от оптимальных значений у многих организмов наблюдается опережающее реагирование – избегание неблагоприятных воздействий и активный поиск других более благоприятных условий и мест обитания – *гомеостатическое поведение*. Организм реагирует не только на величину отклонения, но и на темп нарастания угрозы. Эти реакции очень разнообразны, они могут быть в виде движения органов растений, целенаправленные перемещения в среде свободных клеток и животных, миграции, перелеты птиц, реакции группирования, создание и использование убежищ. У человека это технологическое кондиционирование среды.

Подобные реакции обусловлены не только абиотическими факторами (т.е. не связанными с проявлениями жизни). На них существенно влияют взаимодействия с другими организмами. Если поведение оказывается недостаточным для сохранения гомеостаза, сопротивление негативным воздействиям среды достигается с помощью *физиологической регуляции*. Так, при повышении температуры и снижении влажности воздуха у растений происходит смыкание устьиц; тем самым уменьшается потеря влаги листьями. Понижение концентрации кислорода в среде вызывает у животных усиление жаберной или легочной вентиляции и ускорение кровообращения. При низкой температуре у птиц и млекопитающих усиливается обмен веществ в мышцах и во внутренних органах, чем достигается увеличение теплообразования и поддержание постоянной температуры тела.

Вопросы для самоконтроля к главе 1

1. Дайте характеристику, перечислите критерии и показатели индивидуального здоровья.
2. Какие виды индивидуального здоровья вам известны?
3. Каковы основные возможные последствия воздействия факторов окружающей среды на организм человека?
4. Приведите основные черты и начала болезни.
5. Сформируйте перечень причин третьего состояния.
6. Какие группы критериев используют для описания общественного (популяционного) здоровья?
7. Сформулируйте понятия «профессиональное здоровье» и «здоровье населения страны».

8. В чем заключаются основные изменения состояния здоровья людей в современных условиях? Дайте характеристику основных болезней цивилизации.
9. Перечислите и охарактеризуйте категории, составляющие образ жизни человека. Чем характеризуется здоровый образ жизни (ЗОЖ)?
10. Оцените значимость факторов (помимо образа жизни), определяющих здоровье человека.
11. В чем заключается специфика эволюции человека?
12. Сформулируйте и перечислите условия сохранения и развития жизни (живого вещества).
13. Назовите характерные свойства живых существ.
14. В чем заключается разница между физиологической и генетической адаптацией?
15. Какие механизмы обеспечивают гомеостаз?

Глава 2. Понятие об анализаторах. Закон Вебера-Фехнера. Системы восприятия (органы чувств)

2.1. Анализаторы

Окружающий нас мир мы воспринимаем посредством органов чувств. Органы чувств являются теми воротами нашего сознания, через которые мозг получает информацию о процессах, протекающих вне организма. Только через ощущения человек ориентируется в окружающей среде, и только посредством анализа полученной информации мы можем принять верное поведенческое решение. Этот факт определяет важность системы органов чувств для безопасности человека. Выделяют 5 видов чувств: зрение, слух, обоняние и осязание. Чувствительные системы организма, предназначенные для восприятия и анализа информации из внешней среды, называют анализаторами. Они осуществляют качественный и количественный анализ поступающей в организм информации.

Каждый анализатор состоит из 3 функциональных частей:

- рецептора, непосредственно реагирующего на раздражитель;
- путей передачи – их роль выполняют периферические нервы;
- центральной, где осуществляется обработка поступающей информации.

Каждый рецептор «настроен» природой на определенный вид энергии тепловой, химической, электромагнитной и т.п. Возбуждается рецептор только в том случае, если количество воздействующей на него энергии достигнет определенного уровня – **порога чувствительности**.

По мере увеличения мощности раздражителя наступает момент, когда рецептор самоблокируется, защищая самого себя от разрушения раздражителем. Такое раздражение называется сверхпороговым. Как правило, оно вызывает ощущение боли, т.е. одинаковой для всех рецепторов генерализованной реакции анализатора. Таким образом, можно с высокой степенью точности определить нижний порог чувствительности, и верхний порог чувствительности, что весьма важно для диагностики состояния рецептора.

У человека существуют рецепторы, предназначенные для регистрации электромагнитных волн инфракрасного диапазона, видимого диапазона, изменений гидростатического и осмотического давления крови (рецепторы сосудов), механических колебаний (фонорецепторы уха и тактильные рецепторы, реагирующие на прикосновение), рецепторы гравитации (вестибулярного аппарата) и проприорецепторы, определяющие положение частей тела относительно друг друга. Существуют также рецепторы, реагирующие на воздействие химических веществ (глюкорецепторы, вкусовые).

Воспринимаемая рецепторами информация кодируется в виде нервных импульсов при помощи частотных и амплитудных механизмов, причем чаще всего это частотная модуляция, которая способна передать в единицу времени

гораздо большее количество информации, чем амплитудная. Этим характеризуется, например, определенный тонус мышц у живого человека. Нервные центры сосредоточены в разных отделах спинного и головного мозга.

Попадая в мозг, кодированная информация концентрируется в коре больших полушарий в затылочной области. Именно там происходит декодирование и возникновение образа воспринимаемой информации. Высшие функции, сознательное поведение больше связано с передним отделом мозга, нервные клетки которого имеют вид тонкого (около 3 мм), слоя – коры больших полушарий. Определенные участки коры получают и обрабатывают информацию, получаемую от органов чувств, причем каждый участок связан с определенной (сенсорной) зоной коры. Кроме этого, есть зоны, управляющие движением (моторные зоны). Самые обширные участки мозга не связаны с конкретной функцией – это ассоциативные зоны, которые выполняют сложные операции связи между разными участками мозга. Именно в этих зонах осуществляются высшие психические функции.

Второй функциональный блок мозга – блок приема, переработки и хранения информации (память). Он расположен в задних отделах коры головного мозга и включает затылочные (зрительные), височные (слуховые) и теменные доли. Третий функциональный блок мозга отвечает за регуляцию тонуса и бодрствования и обеспечивает активное состояние человека. Он находится в подкорковой зоне центрального ствола головного мозга и включает так называемую ретикулярную формацию. С точки зрения эволюции мозг развивался от подкорки к коре, поэтому подкорковые структуры большей степени связаны с врожденными функциями и врожденными формами поведения. Стволовые структуры головного мозга переходят в спинной мозг, который управляет непосредственно мышцами тела, контролирует деятельность внутренних органов, передает все команды головного мозга исполнительным органам. Система обладает высокой чувствительностью, скоростью обработки информации и памятью. Наш мозг хранит практически все, что воспринимают органы чувств. Дальнейшие практические действия происходят благодаря регулирующей деятельности нервной системы, являющейся интегрирующей системой организма. Нервная система разделяется на центральную нервную систему, включающую головной и спинной мозг и периферическую, в которую входят нервные волокна и узлы, лежащие вне ЦНС.

По особенностям строения и функциям разделяют соматическую и вегетативную нервную системы.

Соматическая нервная система иннервирует поперечно-полосатую мускулатуру, кости, суставы, кожу.

Вегетативная нервная система иннервирует внутренние органы, сосуды, гладкую мускулатуру, железы внутренней секреции, кожу. Вегетативная нервная система делится, в свою очередь, на симпатическую и парасимпатическую системы, которые оказывают антагонистическое влияние на органы. Например, парасимпатическая система суживает зрачок, замедляет сердечно-сосудистую деятельность, снижает артериальное давление,

симпатическая нервная система, наоборот, расширяет зрачок, вызывает учащение пульса и повышение кровяного давления. Самый простой принцип функционирования нервной системы – принцип рефлекса (отражения – лат.).

Реализуется этот принцип при помощи рефлекторной дуги, состоящей из пяти звеньев:

1. Рецептор.
2. Аfferентный (чувствительный) нейрон, проводящий сигнал в нервный центр.
3. Вставочный нейрон, представляющий собой центральную часть рефлекторной дуги (или нервный центр) указанного рефлекса.
4. Эfferентный (двигательный) нейрон, по аксону которого (отростку нервной клетки) сигнал доходит до эффектора.
5. Исполнительный орган (эффектор) – это поперечно-полосатая или гладкая мышца (может быть железа), осуществляющие соответствующую деятельность.

Ответная реакция организма возникает вследствие распространения по дугу возбуждения (сигнала), появляющегося при раздражении рецептора. Процессы имеют обратную связь, таким образом, дуга рефлекса превращается в кольцо. Основу бессознательной деятельности человека (и животного) составляют рефлексы – действия, которые производит организм без контроля сознания (рис. 3). Существуют условные и безусловные рефлексы. Безусловные рефлексы – врожденные реакции организма, срабатывающие без участия центральной нервной системы. Это могут быть ответные реакции на болевой раздражитель, когда информация переключается сразу на исполнительный орган. Безусловные рефлексы работают по врожденной программе, они включаются «автоматически» на определенном этапе развития организма и постоянны.

Условные рефлексы возникают в процессе обучения и развития индивидуума и свойственны только ему. Это – реакции нервной системы, вырабатываемые индивидуально, на основе приобретаемого опыта и во времени непостоянны. Вырабатываются условные рефлексы на основе безусловных.

Следует отметить, что деятельность организма происходит на фоне работы нескольких анализаторов одновременно, что определяет базовую сложность поведения высших организмов. Например, при реакции на тепловой раздражитель включаются рецепторы вестибулярного аппарата (при работе проприорецепторов), тактильные рецепторы кожи, рецепторы органа зрения и т. п. Поэтому почти всегда определить селективно действие того или иного анализатора попросту невозможно. Еще труднее выделить отдельные анализаторы в случае, когда выбор реакции на внешнее раздражение происходит под влиянием сознательного действия.

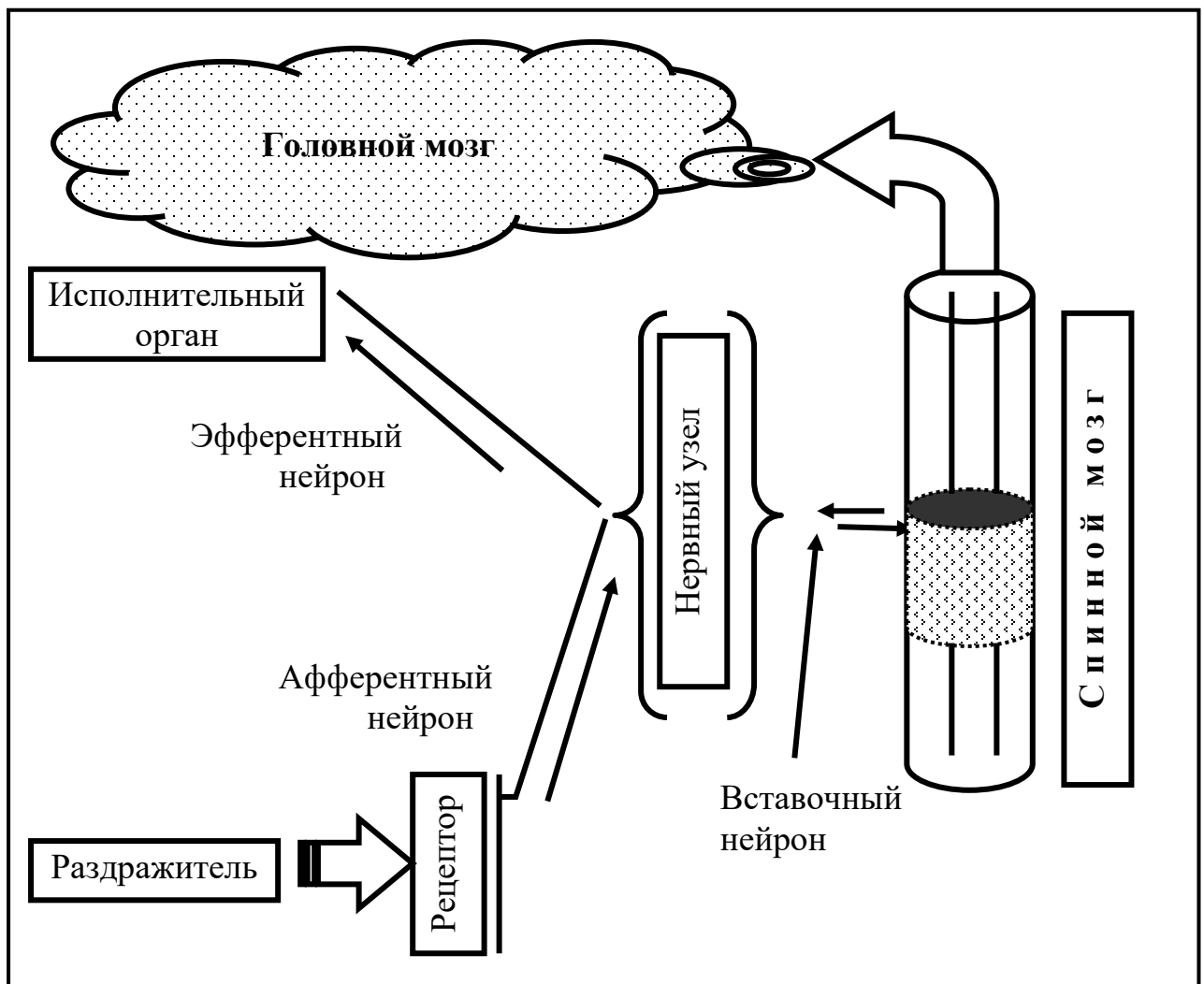


Рис. 3. Схема проведения нервного импульса

2.2. Закон Вебера – Фехнера

Воспринимаемая рецепторами информация, закодированная в нервных импульсах, передается в центральные отделы соответствующих анализаторов, где подвергается обработке. Количественный анализ внешних воздействий состоит в сравнительной оценке интенсивности раздражителей, т.е. более сильное раздражение вызывает более сильное ощущение. Чтобы дать количественную характеристику раздражения, измеряют разностный порог раздражения – величину, на которую надо усилить раздражитель, чтобы получить минимальное изменение ощущения. Тем самым определяется элементарная единица ощущения для его количественной оценки.

Количественные взаимоотношения раздражителя и рецептора описываются законом Вебера-Фехнера (1831 г.), который выражает количественную взаимосвязь между интенсивностью раздражителя и силой вызванного ощущения: реакция на раздражитель прямо пропорциональна относительному приращению раздражителя. В опытах с оценкой тяжести грузов разной массы было найдено, что чем больше масса взятого в руки груза,

тем более значительная прибавка к нему требуется, чтобы получить заметную разницу в ощущениях. Эта прибавка имела довольно постоянное отношение к массе исследуемого груза и составляла 1/17 ее величины, нарастающей или уменьшающейся в определенных пределах.

Таким образом, величина единицы ощущения возрастает с увеличением силы раздражения. Такие же результаты дали исследования в разных сенсорных системах – зрительной, осязательной и слуховой.

Сформулированный психофизический закон Вебера-Фехнера выглядит следующим образом:

$$dL = a \frac{dR}{R}, \text{ где}$$

dL – элементарное ощущение организма;

R – раздражитель;

dR – элементарное приращение раздражителя;

a – коэффициент пропорциональности.

На основе закона Вебера-Фехнера построено нормирование воздействия вредных факторов, т.е. установление предельно допустимой дозы воздействия, при этом делаются попытки найти компромисс между вероятностью нанесения вреда и экономической необходимостью. Закон справедлив лишь в некоторых пределах силы раздражения. Построен он на многих допущениях, упрощающих более сложные закономерности отношения силы раздражителя и вызываемого им ощущения. При длительном воздействии раздражителя происходит адаптация рецепторов, что проявляется в снижении их чувствительности. Каждый вид рецепторов адаптируется с различной скоростью. Тактильные и барорецепторы адаптируются быстро, фонорецепторы и хеморецепторы – более медленно. Проприорецепторы и вестибулорецепторы также адаптируются, только в разной степени и разными темпами. К примеру, новые надетые на руку часы со временем перестают ощущаться как груз, посторонний раздражающий звук со временем перестает ощущаться как шум – повышается порог возбуждения рецепторов.

2.3. Системы восприятия (органы чувств)

Рецепторная система не ограничивает прием информации человеком извне. Также существуют специфические периферические системы восприятия, которые мы называем органами чувств это органы зрения, слуха обоняния, вкуса и осязания. Само понятие «орган чувств» является весьма условным, так как он не может обеспечить ощущения как такового. Для возникновения ощущения, которое, по сути, является субъективным, необходимо, чтобы возбуждение, возникшее в рецепторах, поступило в специализированные отделы центральной нервной системы. Именно там возникает ощущение чего-либо. Причем оно является свойственным только данному человеку (соленое для одного может оказаться пересоленным для другого и т.п.). Органы чувств играют исключительно важную роль при взаимоотношениях человека с внешним миром.

Органы зрения. С помощью зрения мы получаем до 65 % информации об окружающем нас мире. Глаз – парный орган, расположен в глазницах. Внутренняя поверхность век и передняя часть глазного яблока, за исключением роговицы, покрыты слизистой оболочкой – конъюнктивой. У наружного края глазницы расположена слезная железа, которая выделяет жидкость, предохраняющую глаз от высыхания. Равномерно распределению слезной жидкости по поверхности глаза способствует мигание век. Форма глаза шаровидная. Наружная оболочка глаза называется склерой; это плотная ткань толщиной около 1 мм, впереди она прозрачна (роговица). В переднем отделе глазного яблока сосудистая оболочка переходит в ресничное (цилиарное) тело и радужную оболочку (радужку). В ресничном теле расположена мышца, связанная с хрусталиком и регулирующая его кривизну. Хрусталик – это прозрачное эластичное образование, имеющее форму двояковыпуклой линзы. Ткань радужной оболочки содержит особый пигмент – меланин. В зависимости от количества этого пигмента цвет радужки колеблется от серого и голубого до коричневого, почти черного. Между роговицей и радужкой, а также между радужкой и хрусталиком имеются небольшие пространства, называемые соответственно передней и задней камерами глаза. В них находится прозрачная питающая роговицу и хрусталик жидкость. Полость глаза заполнена прозрачной желеобразной массой – стекловидным телом. Внутренняя поверхность глаза выстлана тонкой оболочкой – сетчаткой, или ретиной. Она содержит светочувствительные клетки, названные из – за их формы колбочками и палочками. Нервные волокна, отходящие от этих клеток, собираются вместе и образуют зрительный нерв, который направляется в головной мозг.

Чтобы рассматриваемый предмет был ясно виден, надо, чтобы лучи от всех его точек попали на заднюю поверхность сетчатки, т.е. были здесь сфокусированы. Когда человек смотрит вдаль, предметы, расположенные на близком расстоянии, кажутся расплывчатыми, они не в фокусе. Глаз способен приспосабливаться к четкому видению предметов, находящихся от него на различном расстоянии. Эту способность глаза называют аккомодацией. Она осуществляется путем изменения кривизны хрусталика. При рассматривании близких предметов хрусталик делается более выпуклым. Хрусталик связкой соединен с мышцей, располагающейся широким кольцом позади корня радужной оболочки. Благодаря деятельности этой мышцы хрусталик может менять свою форму, становиться более или менее выпуклым и соответственно сильнее или слабее преломлять попадающие в глаз лучи света. С возрастом происходит изменение аккомодации, причиной тому является уплотнение хрусталика. Он становится все менее эластичным и постепенно теряет способность изменять свою форму. Соответственно уменьшается и преломляющая сила хрусталика. Рефракцией называют преломляющую способность глаза в покое аккомодации, когда хрусталик максимально уплощен.

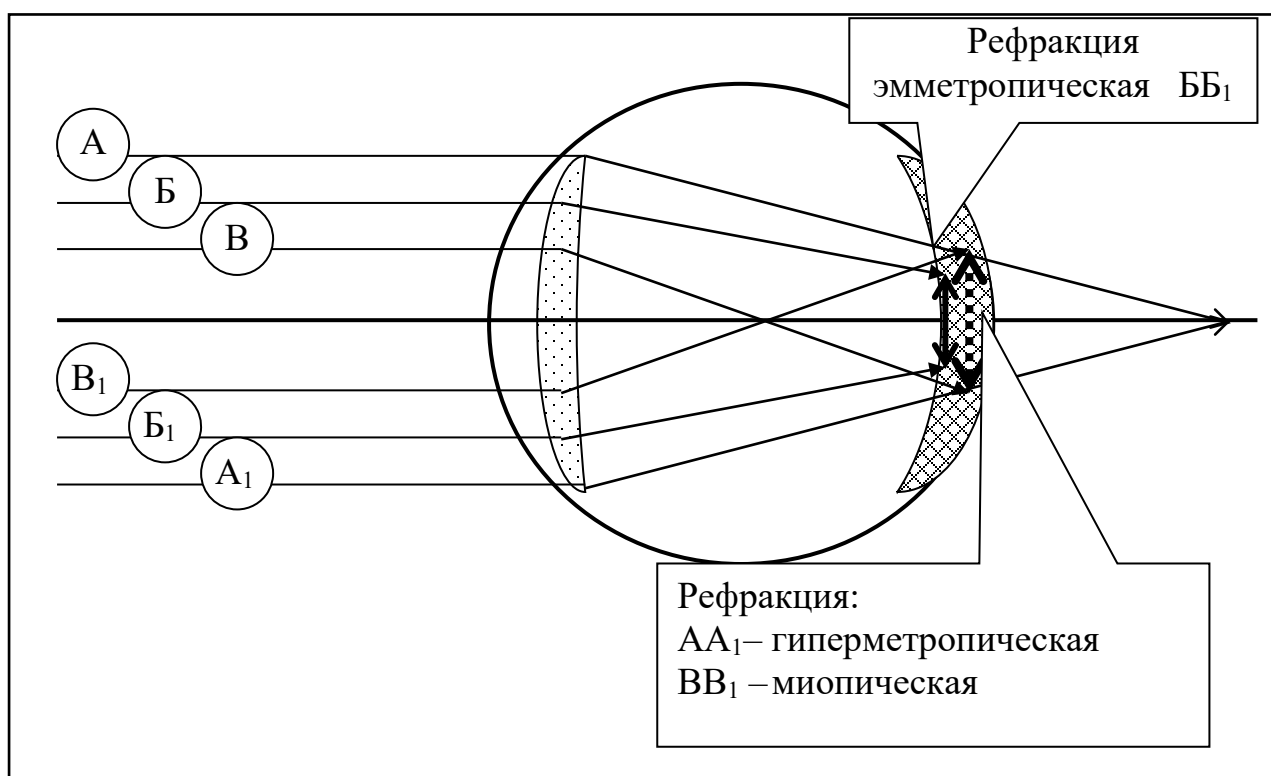


Рис. 4. Формирование изображения на сетчатке глаза (А, А₁, Б, Б₁, В, В₁ – направление световых лучей

Нормальная рефракция ББ₁ – (эметропия).

Нарушения зрения: АА₁ – дальнозоркость (гиперметропия);
ВВ₁ – близорукость (миопия).

Различают три вида рефракции глаза: соразмерную (эметропическую), дальнозоркую (гиперметропическую) и близорукую (миопическую – см. рис. 4). Невозможность схождения всех лучей в одной точке, фокусе, называют астигматизмом. Это наблюдается обычно при неодинаковой кривизне роговицы в различных ее меридианах.

Для суждения о способности глаза различать форму и величину рассматриваемого предмета пользуется понятием остроты зрения. Острота зрения – способность различать наименьшее расстояние между двумя точками. Мерилом остроты зрения служит угол, который образуется между лучами, идущими от двух точек предмета к глазу, – угол зрения. Чем меньше этот угол, тем выше острота зрения. Нормальное зрение осуществляется двумя глазами – бинокулярное (объемное) зрение. Это позволяет ощущать рельефные изображения предметов, видеть глубину и определять расстояние предмета от глаза.

Сетчатка представляет собой внутреннюю оболочку глаза, имеющую сложную, многослойную структуру. Здесь расположены два вида фоторецепторов – палочки и колбочки. Световые лучи от рассматриваемых предметов, проникая через зрачок в глаз, действуют на светочувствительные клетки сетчатки и вызывают в них нервное возбуждение, которое передается по зрительному нерву в корковый центр зрения, расположенный в затылочных

долях мозга. В коре головного мозга происходит процесс переработки зрительной информации, в результате которого возникает зрительное ощущение. В сетчатой оболочке насчитывается примерно 125 млн. палочек и 6 млн. колбочек. Главная масса колбочек сосредоточена в центральной области сетчатки – в желтом пятне. Колбочки предназначены для дневного зрения и малочувствительны к слабому освещению (ими воспринимаются форма, цвет и детали предметов).

Таким образом, зрение – один из ведущих факторов, определяющих безопасность. Любые, даже незначительные отклонения в качестве воспринимаемых изображений могут стать причиной возникновения самых опасных ситуаций.

Органы слуха. С помощью органа слуха мы получаем до 20% информации об окружающей среде. Орган слуха воспринимает колебания воздушной среды – звук. Органы слуха связаны во всем животном мире с органами сохранения равновесия, которые участвуют в поддержании определенной позы тела. Рецепторные аппараты – слуховой и вестибулярный – расположены во внутреннем ухе. Оба возбуждаются механическими колебаниями: вестибулярный аппарат воспринимает угловые ускорения, слуховой – воздушные колебания. Орган слух является частью системы, обеспечивающей способность к членораздельной речи. (Слуховые восприятия в процессе развития человека настолько тесно связываются с речью, что ребенок, потерявший слух в раннем детстве, утрачивает и речевую способность, хотя весь артикуляционный аппарат у него остается ненарушенным).

Слуховые рецепторы находятся в улитке внутреннего уха, которая расположена в пирамиде височной кости. Звуковые колебания передаются к ним через целую систему вспомогательных образований, обеспечивающих совершенное восприятие звуковых раздражений. Орган слуха человека состоит из трех частей – наружного, среднего и внутреннего уха.

Наружное ухо состоит из ушной раковины и наружного слухового прохода. Ушная раковина образована эластическим хрящом, снаружи покрытым кожей. Определение направления звука у человека связано с так называемым бинауральным слухом, т.е. с возможностью слышать двумя ушами. Всякий звук, идущий сбоку, поступает в одно ухо раньше на несколько долей миллисекунды, чем в другое (в зависимости от местоположения источника звука). Это дает возможность человеку определить направление звука. Слуховой проход выстлан тонкой кожей с тонкими волосками и видоизмененными потовыми железами, вырабатывающими ушную серу. Ушная сера, состоящая из жировых клеток, и волоски выполняют защитную роль. На границе между наружным и средним ухом находится барабанная перепонка. Барабанная перепонка расположена наклонно и начинает колебаться, когда на нее падают со стороны наружного слухового прохода звуковые колебания. Среднее ухо представлено барабанной полостью. Внутри полости среднего уха расположены сочленяющиеся между собой слуховые косточки – молоточек, наковальня и стремечко. Система слуховых косточек обеспечивает увеличение давления звуковой волны при передаче с барабанной

перепонки на перепонку овального окна примерно в 30-40 раз. Это очень важно, так как даже слабые звуковые волны, падающие на барабанную перепонку, в результате оказываются способными преодолеть сопротивление мембраны овального окна и передать колебания во внутреннее ухо, трансформируясь в колебания жидкости – эндолимфы. Барабанная полость соединена с носоглоткой при помощи слуховой (евстахиевой) трубы. Труба поддерживает одинаковое давление снаружи и изнутри – на барабанную перепонку, что создает наиболее благоприятные условия для ее колебания. Отверстие трубы в глотке обычно находится в спавшемся состоянии, и проход воздуха в барабанную полость происходит во время акта глотания и зевания, когда открывается просвет трубы и давление в глотке и барабанной полости выравнивается. Это особенно важно при занятиях водолазным спортом.

Внутреннее ухо представляет собой костный лабиринт, внутри которого находится перепончатый лабиринт из соединительной ткани. Между костным и перепончатым лабиринтами имеется жидкость – перилимфа, а внутри перепончатого лабиринта – эндолимфа. Костная улитка – спирально извивающийся канал, образующий два с половиной оборота вокруг стержня конической формы. Внутри среднего канала улитки, в улитковом ходе, находится звуковоспринимающий аппарат – спиральный (кортиев) орган. Кортиев орган имеет базилярную (основную) пластинку, которая состоит примерно из 24000 тонких волоконцев различной длины, очень упругих и слабо связанных друг с другом. На основной пластинке вдоль нее в 5 рядов располагаются чувствительные клетки, которые являются собственно слуховыми рецепторами.

Органы слуха совместно с вестибулярным аппаратом создают в коре больших полушарий представление (образ) положения тела в пространстве и звуковую картину окружающего мира. Нарушения восприятия звука могут стать причиной искажения образа окружающей обстановки, что в свою очередь, опасно для деятельности человека. Вестибулярные нарушения делают перемещение тела человека в пространстве невозможным. Вместе с тем следует отметить, что при нарушениях восприятия другими органами, например, зрения, органы слуха принимают на себя возможную часть функций. Люди с нарушениями зрения, как правило, обладают более острым слухом, чем их здоровые окружающие.

Орган обоняния. Органы обоняния у человека находятся в носовой полости и позволяют обнаруживать присутствие газообразных веществ. Обонятельные хеморецепторы расположены в желтой слизистой (обонятельной) оболочке, занимающей верхнюю часть носовой раковины.

Обонятельные клетки – это нервные клетки, воспринимающие химические раздражители в виде паров. Чтобы возбудить обонятельные клетки, вещества должны быть летучими, и быть растворимыми в воде настолько, чтобы раствориться в слизи и достичь обонятельных клеток. Они передают нервный импульс в обонятельную луковицу, а оттуда в обонятельные центры коры головного мозга, где ощущение оценивается и расшифровывается.

Считается, что есть около семи видов обонятельных рецепторов, каждый из которых способен обнаруживать только один тип молекул. Это основные запахи: камфарный (запах камфары), мускусный (запах мускуса), цветочный, мятный, эфирный (запах эфира), едкий и гнилостный (запах гнили).

Органы обоняния у человека развиты значительно меньше, чем у других млекопитающих. Вместе с тем хорошо развитое обоняние, являясь для человека «вспомогательным» органом чувств, играет важную роль в повседневной жизни. Обоняние помогает при приеме пищи, стимулируя выделение пищеварительного сока. Очень тонкая связь обонятельного анализатора с другими центрами позволяет воздействовать на многие процессы в организме посредством запахов. Это сфера деятельности науки о запахах – ароматерапии. Искажение восприятия запахов может стать причиной многих аллергических состояний, вплоть до бронхиальной астмы.

Орган вкуса. Язык представляет собой мышечный орган, который, являясь органом вкуса, участвует также в глотании и артикуляции речи. Почти вся его поверхность покрыта слизистой оболочкой, в которой расположены сосочки – химические рецепторы возбуждений вкуса.

Сосочки чувствительны к четырем основным вкусовым раздражителям: сладкому, соленому, кислому и горькому, соотношение и интенсивность которых дают возможность головному мозгу опознать продукт, в котором они содержатся.

Для того, чтобы какое-то вещество могло возбудить рецепторы вкусовых почек, оно должно быть жидким или растворенным в слюне, чтобы проникнуть во вкусовую пору. При возбуждении различные рецепторы клетки вырабатывают нервный импульс, который поступает в продолговатый мозг, а оттуда в зону вкуса коры головного мозга. Эти отдельные чувствительные зоны специализируются на определенном вкусе: так, например, зоны, чувствительные к сладкому, расположены в основном на поверхности передней части языка; улавливающие кислое, – по обеим сторонам языка, воспринимающие горькое, – в задней части языка, а чувствительные к соленому – разбросаны по всему языку.

Орган осязания. Кожа – это тонкая прочная ткань, покрывающая все тело и обеспечивающая его защиту и непроницаемость. Она очень тонкая в некоторых местах, например, на веках (0,5 мм толщиной), и более толстая на ладонях и подошвах (до 5 мм). Кожа состоит из трех слоев: эпидермиса, дермы и подкожной жировой клетчатки. Эпидермис является наружным покровом. Он образован поверхностным ороговевшим слоем, состоящим из сухих клеток. Более глубокий слой – ростковый слой, образован клетками, которые постоянно размножаются и заменяют клетки ороговевшего слоя. Дерма также состоит из двух слоев – сосочкового слоя, богатого кровеносными сосудами и нервами, и сетчатого слоя, в котором расположены сальные железы, производящие кожное сало, и тактильные рецепторы нервных окончаний, позволяющие ощущать тепло, холод, давление, форму, движение и другие внешние раздражители. Эти нервные окончания более многочисленны в определенных частях кожи, таких, как кончик языка и подушечки пальцев, из-

за чего эти части более чувствительны. Подкожная жировая клетчатка - самый глубокий слой кожи. Это своеобразная «подушка» из жировой ткани, защищающая тело от холода и ударов и накапливающая резерв энергии организма. В ней находятся потовые железы, выделяющие пот, и многочисленные волосяные мешки, в каждом из которых произрастает один волосок.

Кожа выполняет ряд функций, необходимых для нормальной жизнедеятельности. Рецепторная функция заключается в восприятии и передаче трех видов кожной чувствительности – тактильной, болевой и температурной.

Терморегуляторная функция. Защитная функция кожи, 80% всей теплоотдачи осуществляется кожей.

Секреторная функция осуществляется потовыми и сальными железами. С кожных покровов могут выделяться некоторые вещества (в том числе вредные для организма – йод, бром).

Болевая чувствительность. Болевая чувствительность является индикатором нормального течения физиологических процессов в организме. Биологический смысл боли заключается в том, что она служит сигналом опасности, включает реакции самосохранения организма. Под влиянием боли переставается работа всего организма и повышается его реактивность. Субъективно боль воспринимается как тягостное, гнетущее ощущение. Объективно боль можно определить по сужению зрачков, повышению артериального давления и т.п. Человек принимает позу, максимально уменьшающую боль или совершает телодвижения, снижающие болевой синдром. По месту возникновения различают 2 вида симптоматических болей:

- висцеральные боли появляются при поражении патологическим процессом внутренних органов (сердце, желудок, почки и т.п.);
- соматические боли возникают при патологических процессах в коже, костях, мышцах.

Боль имеет точную локализацию – каждый внутренний орган имеет свою проекцию на поверхность кожи. По имени ученых, впервые их описавших, они называются зоны Захарьина-Геда. Характер болевых ощущений зависит от особенностей органа и силы раздражителя. По локализации болей можно поставить диагноз при определении того или иного патологического процесса в организме – многочисленные заболевания имеют достаточно четкую картину болей.

Двигательный анализатор. Двигательные реакции, связанные с мышечным сокращением, являются наиболее распространенными рефлекторными реакциями организма, обеспечивающими ориентацию и перемещение тела в пространстве.

По характеру мышечных сокращений все двигательные реакции подразделяются на две категории:

- реакции, обеспечивающие тонус мышечных волокон – двигательные тонические сокращения;
- реакции, обеспечивающие локальные движения.

Любой двигательный акт является результатом очень сложного согласованного процесса работы центральной нервной системы и многих мышечных групп. К примеру, положение тела в пространстве определяется вестибулярным анализатором, а положение частей тела относительно друг друга – при помощи проприорецепторов, находящихся в толще поперечнополосатых мышц. Прекращение поступления нервных импульсов к мышцам ведет к потере ориентации и резкому снижению тонуса самих мышц. Таким образом, вся деятельность анализаторов осуществляется на основе принципа обратной связи.

Функционирование органов чувств происходит в тесной их взаимосвязи между собой и взаимодействии. Нарушения в восприятии одним анализатором служат сигналом к усилению и усложнению деятельности других. При этом компенсируется (насколько возможно) недостаток в информации, поступающей извне. Такое взаимодействие позволяет организму максимально защитить себя от опасностей внешнего мира.

С точки зрения безопасности принципиально важно, что органы чувств создают в мозгу человека единую картину мира, что позволяет не только принимать меры к защите от сиюминутных опасностей, но и прогнозировать ситуацию, используя информацию от разных органов чувств.

Вопросы для самоконтроля к главе 2

1. Каковы строение и свойства анализаторов?
2. Из каких звеньев состоит рефлекторная дуга?
3. Какие закономерности устанавливает психофизический закон Вебера-Фехнера?
4. Опишите строение и характеристики органа зрения.
5. Опишите строение и характеристики органа слуха.
6. Опишите строение и характеристики органов обоняния и вкуса.

Глава 3. Системы регуляции и управления

3.1. Принципы и уровни процессов регуляции

Для понимания процессов функционирования организма человека необходимо представлять, что все внутренние органы находятся в постоянной тесной связи друг с другом, управляются из единого центра, иначе, являются элементами единой открытой функциональной системы, в которой «взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата» (П.К. Анохин, 1975). Осуществляя действия по достижению результата, организм стремится сохранить комфортные условия существования, используя реакцию адаптации.

В основе всех адаптивных реакций лежит механизм саморегуляции, которая осуществляется в соответствии с двумя принципами:

- а) принцип «отрицательной обратной связи». В этом случае регулирующие механизмы приводятся в действие изменениями состояния функционирования организма;
- б) принцип «положительной обратной связи», благодаря которой процесс, возникнув, усиливается и поддерживает сам себя.

Обратная связь – это связь на выходе системы. Она улавливает отклонения, уже возникшие в состоянии системы. Основанные на этом регуляторные механизмы работают по принципу «рассогласования». Деятельность их включается в тот момент, когда в состоянии системы уже наступают отклонения от заданной т.е. когда возникает рассогласование между заданной (необходимой) и фактически возникшей величиной. Механизмы, работающие по этому принципу, широко распространены в организме. Общий принцип работы подобных механизмов изучил академик П. К. Анохин, основоположник физиологической кибернетики, создатель теории функциональных систем.

Основные постулаты теории функциональных систем:

- а) функциональная система – это такое сочетание процессов и механизмов, которое, формируясь динамически в зависимости от данной ситуации, непременно приводит к конечному приспособительному эффекту именно в этой ситуации;
- б) функциональная система создается всякий раз заново, применительно к воздействию фактору, т.е. организм как бы создает временный «творческий коллектив», способный в наикратчайшие сроки, наиболее рационально вывести организм из экстремальной ситуации.

Исходным пунктом создания теории функциональных систем явились работы П. К. Анохина по выяснению соотношения центральных и периферических факторов, лежащих в основе компенсаторных приспособлений организма (компенсация – это такая адаптивная реакция, при которой функциональная недостаточность поврежденного органа компенсируется за

счет усилия деятельности взаимосвязанных с ним органов и систем). Было выявлено, что «механизм получения полезного результата» или приспособления к нанесенному дефекту всегда определяется организованной системой процессов, части которой являются высокопластичными и работают по принципу взаимодействия, т.е. кооперации.

Эта система процессов достижения определенного полезного для организма результата и получила название «функциональная система». Системообразующим фактором функциональной системы является ее результат. Обязательным компонентом функциональной системы является обратная связь, т.е. информация о конечном приспособительном эффекте.

В соответствии со схемой, предложенной П.К.Анохиным для объяснения механизмов саморегуляции физиологических процессов и структуры поведенческих реакций (рис. 6) любой целенаправленной деятельности предшествует принятие решения путем «афферентного синтеза», т.е. анализа и синтеза афферентной информации, имеющей *четыре* источника биологической мотивации и неодинаковое значение:

1. Биологическую мотивацию (инстинктивные потребности: пищевые, половые, оборонительные и т.п.).
2. Обстановочную афферентацию (условия окружающей среды).
3. Пусковую афферентацию (непосредственный стимул реакции).
4. Память (информация, возникающая в результате жизненного опыта).

Афферентный синтез заканчивается формированием программы действия, которая (по П.К.Анохину) состоит из двух принципиально различных элементов:

1. Эфферентной программы действия (ЭПД), т.е. определенной последовательности набора нервных команд, поступающих на исполнительные приборы – эффекторы (скелетные мышцы, железы, внутренние органы).
2. Акцептора результата действий (АРД), т.е. нейронной модели предполагаемого результата, к которому должно привести данное действие.

Осуществление программы действия приводит к результату, который оценивается организмом с помощью обратной афферентации (ОА); т.е. обратной связи. Это звено замыкает сложную разомкнутую рефлекторную дугу в кольцо. Информация о реально полученном результате сравнивается с прогнозом, закодированным в АРД. В том случае, если полученный результат соответствует ожидаемому, данная «функциональная система» прекращает свое существование, так как это значит, что цель, стоявшая перед организмом, достигнута. Однако создание функциональной системы не является универсальной схемой, т.к. в организме существуют регуляторные механизмы, работающие на основе иного принципа. Сигналом к их деятельности служит отклонение от заданной величины не на выходе, а на входе системы, т.е. действие на систему раздражителей, отличающихся от заданных параметров.

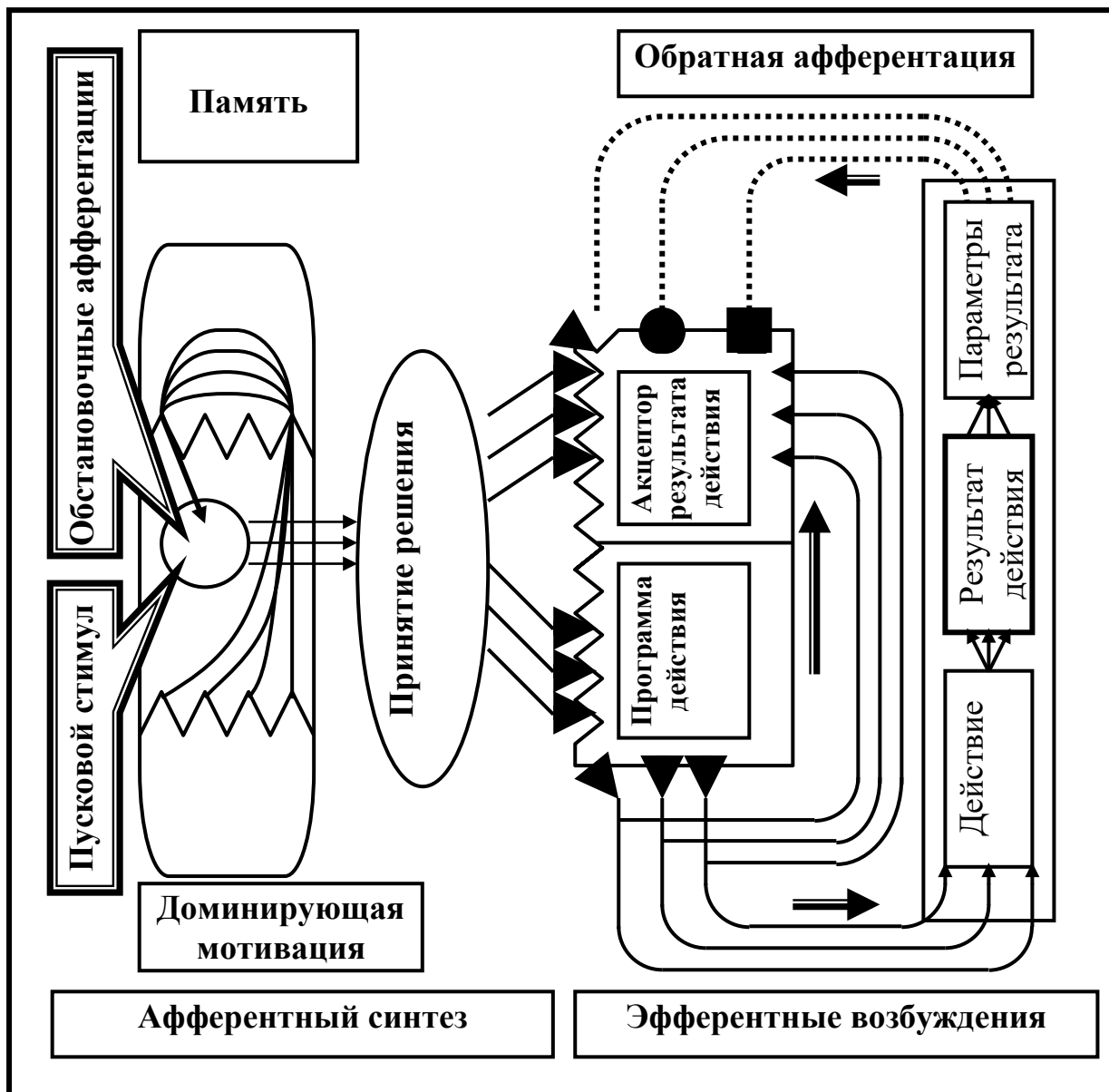


Рис. 6. Схема этапов и уровней организации функциональной системы

В этом случае в основу регуляторных функций положен принцип работы регулятора «по возмущению». На входе системы имеются приборы, улавливающие величину поступающего сигнала, нарушающего состояние системы. Если эта величина превышает допустимую и может вызвать нежелательные отклонения в состоянии системы, то в таком случае возникают команды, обеспечивающие нейтрализацию действия этих сигналов и сохранение стабильного состояния системы. Здесь происходит не восстановление уже нарушенного состояния, а предупреждение возможности таких нарушений.

Оба эти принципа сохранения стабильности системы отличаются от друга, как, скажем средства тушения уже возникшего пожара отличаются от средств и мер предупреждения пожаров. В любых физиологических регуляторных, защитных, компенсаторных реакциях имеет место взаимодействие обоих

принципов и обоих механизмов регуляции, функционирующих как на выходе, так и на входе системы.

Так, например, при воздействии на глаз струи пыльного воздуха, которая может вызвать засорение глаза, срабатывают (как почти и везде), оба механизма. Мигательный рефлекс, закрывая глаз, предупреждает попадание пыли (это механизм, работающий на входе системы «по возмущению»), а рефлекторное увеличение слезоотделения и промывание склеры и роговицы слезами удаляет уже попавшую пыль (механизм, работающий на выходе системы «по рассогласованию»).

В любой гомеостатической реакции можно наблюдать сочетание действия двух указанных механизмов, работающих на этих двух различных принципах.

Таким образом, реакции, обеспечивающие гомеостаз, могут быть направлены:

- на поддержание известных уровней стационарного состояния;
- на координацию комплексных процессов для устранения или ограничения действия вредоносных факторов;
- на выработку или сохранение оптимальных форм взаимодействия организма и среды в изменившихся условиях существования.

В основе адаптационных механизмов лежат процессы саморегуляции, направленные на поддержание гомеостаза и повышение резистентности (устойчивости) организма. Процессы саморегуляции могут быть местного и общего уровня, они между собой взаимосвязаны. Клетка, как целостная структура имеет свой уровень интеграции и регуляции функций. Под интеграцией на уровне клетки понимается соподчинение действия всех структур клетки. Важнейшая структура клетки – ядро. Генетический аппарат ядра осуществляет контроль над процессами биосинтеза и над репродукцией клеточных органелл. Помимо генетических факторов контроля, закодированных в ДНК ядра клетки, существуют цитоплазматические факторы интеграции, среди которых наиболее важную роль играют митохондрии.

Биохимическая основа адаптационных процессов в клетке необычайно сложна и во многом еще недостаточно изучена. Общий механизм клеточного автоматизма в регуляции функций обмена заключается в том, что продукты распада стимулируют синтез исходного вещества. Например, образование аденозиндифосфорной кислоты (АДФ) в результате распада аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), усиливает ресинтез АТФ и таким образом энергетические ресурсы сохраняются на прежнем уровне, усиление синтеза АТФ тормозит другие процессы в клетке. АТФ является необходимым компонентом всех защитных реакций клетки, в том числе процессов восстановления, которые могут быть полными (говорят о регенерации) и неполными.

Процессы клеточной саморегуляции не являются автономными. Клеточный автоматизм испытывает влияние регулирующих систем организма, которые ответственны за высшие интегративные функции в интересах целостного организма.

К регулирующим системам организма относятся нервная, эндокринная и иммунная системы, осуществляющие нервный, гуморальный и клеточный контроль за постоянством внутренней среды организма. Доказано, что выключение нервных связей в органе в значительной степени уменьшает адаптационные возможности. Гуморальный контроль (воздействие на клетку посредством биологически активных веществ через жидкости организма - например, гормонов инсулина, окситоцина и др.) может осуществляться за счет изменения проницаемости клеточных мембран, активности ферментов и скорости синтеза ферментов.

Включение различных уровней адаптации во многом зависит от интенсивности возмущающего действия, от степени отклонения физиологических параметров. Взаимосвязь интенсивности воздействия и включения адаптивных механизмов представлена на рис. 7.



Рис. 7. Взаимосвязь интенсивности воздействия и включения адаптивных механизмов

Проиллюстрировать приведенную схему можно на следующем примере: регулируемая величина – уровень сахара в крови, на снижение сахара в крови срабатывает гомеостатический механизм печени, который самоуправляется до известных пределов уровнем сахара в крови. Если снижение значительное, включается следующий этап регуляции на уровне аппарата поджелудочной железы. Здесь управление идет за счет гормонов инсулина и глюкагона.

Глюкагон усиливает распад гликогена в печени и образование гликогена из белков и жиров, обеспечивает ткани глюкозой, а инсулин способствует быстрой ее утилизации. Резкое падение сахара в крови при воздействии экстремального фактора (тяжелая физическая работа) включает высшие центры регуляции: гипофиз – промежуточный мозг. Помимо рассмотренных выше механизмов, адаптация организма осуществляется и за счет большого «запаса прочности».

Организм устроен по плану ограниченного лимита и принципу строжайшей экономии. Примеров, иллюстрирующих эти положения, можно привести много. Например, сердце может в любой момент увеличить число сокращений в 2 раза, а артериальное давление повысить на 30-40%. Артериальная кровь содержит кислорода примерно в 3,5 раза больше, чем обычно используется тканями. Одним из примеров регуляции концентрации кислорода в крови является изменение содержания в ней углекислого газа. При увеличении парциального давления CO_2 изменяется биохимический состав эритроцитов в сторону увеличения содержания в них гемоглобина; в итоге снабжение кислородом клеток организма усиливается. Этот механизм управляемой гипоксии лежит в основе многих лечебных дыхательных гимнастик. Организм переносит удаление $\frac{3}{4}$ печени, полное удаление селезенки. Удаление $\frac{2}{3}$ каждой почки переносится без серьезных нарушений почечной функции.

Запас прочности в живом организме достигается различными путями: резервными изменением обмена веществ, возможностями органа, включением других систем организма, изменениями структуры клетки (гипертрофия, регенерация) и т.д. По пути эволюции совершенствовалось наиболее «экономное и выгодное» расходование энергии и материалов.

3.2. Механизмы стресса. Дистресс

Физиология стресса. Важная роль в механизмах адаптации, возникающей в необычных условиях существования, принадлежит общему адаптационному синдрому, по-другому стресс-реакции.

Понятие стресса первоначально возникло в физиологии для обозначения генерализованной неспецифической реакции организма – «общего адаптационного синдрома» (Г. Селье, 1936) в ответ на любое неблагоприятное воздействие.

С точки зрения учения о гомеостазе стресс можно определить как механизм восстановления нарушенного постоянства психических, физиологических и биохимических процессов в организме. Стресс вызывают любые факторы, нарушающие гомеостаз. Эти факторы носят название экстремальных (стрессоры). При этом экстремальными считаются не только явно вредные воздействия, но и предельные, крайние значения тех элементов ситуации, которые в средних своих значениях служат оптимальным, рабочим фоном или, по крайней мере, не ощущаются как источник дискомфорта.

Перечень стрессоров весьма разнообразен: от простых физико-химических стимулов: температура, шум, газовый состав атмосферы, токсичные вещества, до сложных социально-психологических и психологических факторов – риск, опасность, дефицит времени, новизна и неожиданность ситуации, повышенная значимость деятельности и т.д. В зависимости от вида стрессора и механизма его воздействия выделяют различные типы стресса. Наиболее общая классификация выделяет физиологический и психологический виды стрессов.

Физиологический стресс представляет собой реакцию организма на воздействие определенного стимула, как правило, физико-химической природы. Соответствующие этому типу состояния характеризуются главным образом выраженными физиологическими сдвигами – признаками вегетативной нейрогуморальной активизации и субъективными ощущениями физического дискомфорта.

Психологический стресс характеризуется включением сложной иерархии психических процессов. Физиологические проявления при этом сходны с описанными в физиологическом стрессе, тогда как спектр психологических и поведенческих проявлений значительно разнообразнее. Наиболее типичными из них являются изменения в протекании различных психических процессов, – восприятия, памяти, мышления, нарушением двигательного и речевого поведения вплоть до его полной дезорганизации.

Одним из аспектов изучения стресса является анализ процесса реагирования на экстремальное воздействие. Любое достаточно сильное воздействие на организм экзо- или эндогенного происхождения – звук, свет, инфекционное заболевание и т.д. вызывает целый комплекс реакций неспецифического порядка. Эти реакции направлены на лучшее приспособление организма к неожиданно изменившимся условиям жизни и названы Г. Селье адаптационным синдромом, а само состояние мобилизации защитных сил стрессом. Г.Селье различает генерализованный или общий адаптационный синдром и местный локальный адаптационный синдром (адаптационные реакции на ограниченном участке тела, на которые непосредственно действует раздражитель).

Генерализованный синдром – это ответная реакция всего организма, которая при достаточно длительном воздействии стрессора проходит последовательно три стадии (рис. 8):

- А.** Реакция тревоги. Организм меняет свои характеристики, будучи подвергнут стрессу. Но сопротивление его недостаточно, и, если стрессор сильный (тяжелые ожоги, крайне высокие и крайне низкие температуры), может наступить смерть.
- Б.** Стадия сопротивления. Если действие стрессора совместимо с возможностями адаптации, организм сопротивляется ему. Признаки реакции тревоги практически исчезают, уровень сопротивления поднимается значительно выше обычного.
- В.** Стадия истощения. После длительного действия стрессора, к которому организм приспособился, постепенно истощаются запасы адаптационной

энергии. Вновь появляются признаки реакции тревоги, но теперь они необратимы, и индивид погибает.

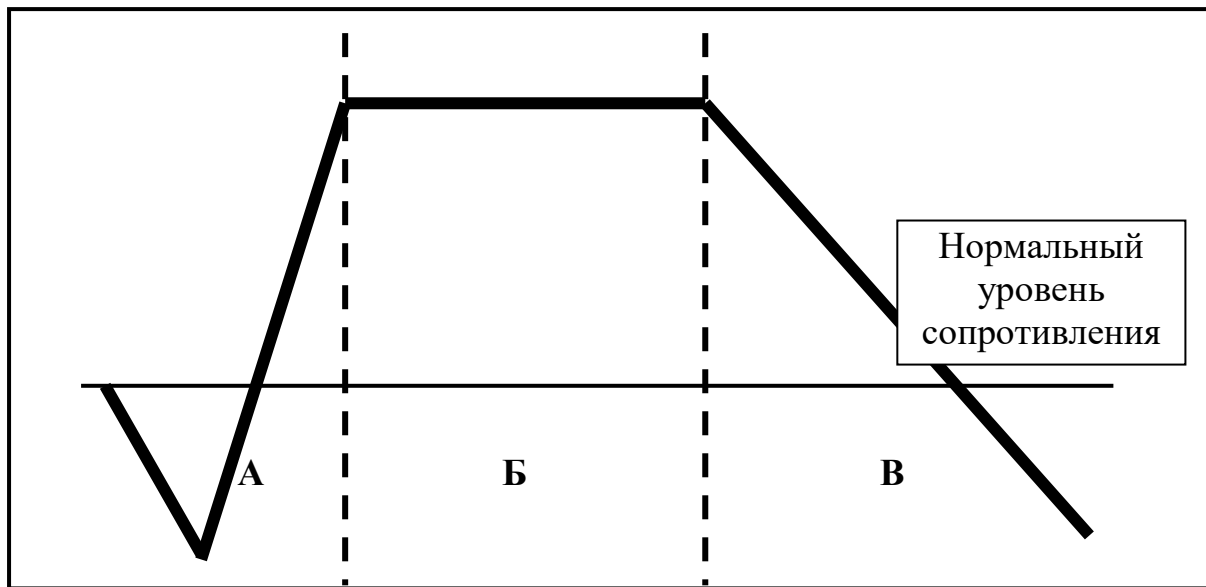


Рис. 8. Три фазы общего адаптационного синдрома (объяснение в тексте)

Во время первой стадии тревоги – исходный уровень резистентности снижается (шок), а затем возвращается к норме. Эту стадию Г. Селье назвал «призывом к оружию защитных сил организма». Если сила стрессора велика, то организм может погибнуть в период тревоги. Если воздействие умеренное, то вслед за стадией тревоги наступает адаптация к воздействию – стадия резистентности. Уровень устойчивости организма на этой стадии превышает исходный. При длительном воздействии повреждающего агента после стадии резистентности может наступить третья стадия – истощение и смерть организма. Симптомы третьей стадии напоминают симптомы первой, но носят необратимый характер. Во время стресса в организме человека происходит целый ряд изменений, следствием которых является изменение резистентности в значительных пределах.

В период первой стадии в организме отмечают:

- гемоконцентрацию (сгущение крови);
- гиперкальцимию (увеличение содержания Ca_2 в крови);
- ацидоз (нарушение кислотно-щелочного равновесия);
- гипергликемию (увеличение содержания сахара в крови);
- генерализованное повреждение тканей с преобладанием диссимиляционных явлений (распад сложных органических веществ с освобождением энергии, потеря веса);
- гипотермию (понижение температуры);
- лейкопению (уменьшение числа лейкоцитов в крови, выходящие за пределы обычных колебаний) и т.д.

Во второй стадии происходят изменения, противоположного направления: разжижение крови, анаболизм тканей с возвращением к нормальному весу и

т.д. Реакция фазы истощения напоминает фазу тревоги, но реакции носят необратимый характер.

Механизм стресс-реакции весьма сложен и многообразен. Функциональная система общего адаптационного синдрома включает нервную систему, гипоталамус, переднюю долю гипофиза, кору надпочечников, иммунную систему, т.е. всю группу нейро-эндокринно-иммунных связей организма. Повышение функции нервной системы, выброс гормонов способствует мобилизации энергетических ресурсов и их перераспределению с избирательной направленностью в органы и ткани, участвующие в адаптации, включаются другие органы и системы, способные компенсировать утраченную функцию. За счет того, что функциональные системы взаимосвязаны между собой, один и тот же управляемый процесс может регулироваться несколькими управляющими системами. Включение других органов и систем, участвующих в компенсации нарушенных функций способствует снижению функциональной нагрузки на структурные единицы больного органа и создает условия для формирования структурной основы долговременной адаптации, т.е. определенных морфологических изменений в клетке (увеличение размеров митохондрий, величины клетки и т.д.). Гормоны действуют на все виды обмена, способствуют делению клеток, угнетают возможность развития аллергических реакций.

Исходы стресс-реакции могут быть различными: либо стресс как адаптивный механизм ведет к новому или исходному состоянию и восстановлению гомеостаза; либо может стать механизмом развития болезни и гибели организма (рис. 9).

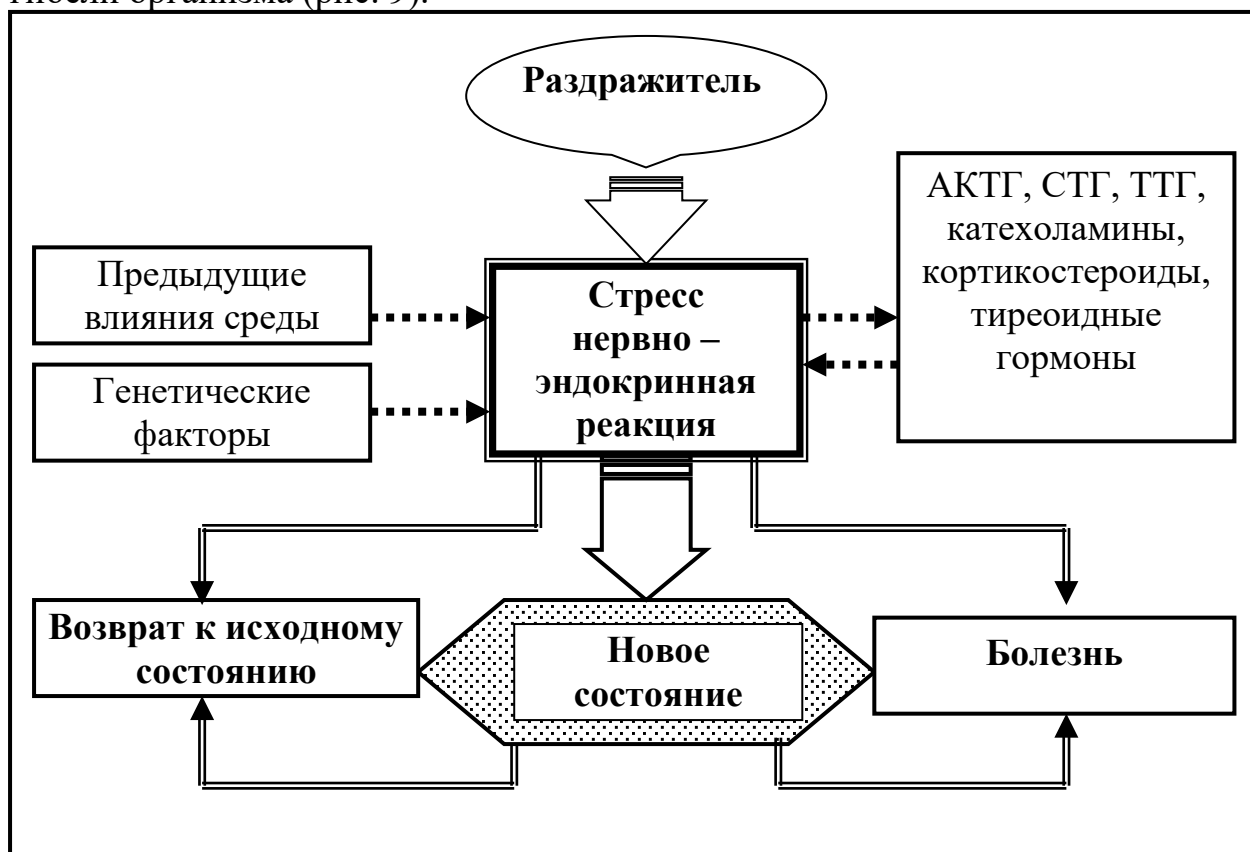


Рис. 9. Исходы стресс - реакции

В отечественной литературе часто встречается определение стресса как «...формирование общего адаптационного синдрома» в ответ на любое неблагоприятное, подчеркиваем неблагоприятное воздействие. Однако в своем труде «Стресс без дистресса» (1974) Г. Селье пишет: «Стресс есть неспецифический ответ организма на любое предъявленное ему требование». С точки зрения стрессовой реакции не имеет значения, приятна или неприятна ситуация, с которой мы столкнулись. Имеет значение лишь интенсивность потребности в перестройке или в адаптации. Стресс не является результатом повреждения. Любая нормальная деятельность – игра в шахматы или двигательная активность может вызвать стресс, не причинив вреда. Деятельность, связанная со стрессом, может быть приятной или неприятной. Вредоносный или неприятный стресс называют дистрессом (от stress – давление, нажим, напряжение; и distress – горе, несчастье, недомогание). По мнению Г. Селье полная свобода от стресса означает смерть. На рис. 10. приводится соотношение между стрессом и жизненным опытом. Уровень стресса наиболее низок в период равнодушия, но никогда не равен нулю.

Механизмы обратной связи, включенные функциональной системой, позволяют сравнивать задуманное с реальным и вносить коррективы. При достижении (в конечном итоге) искомого положительного результата включаются положительные эмоции, которые закрепляют всю нейронную конструкцию, обеспечивающую решение задачи. Если же цель не достигнута, то отрицательные эмоции разрушают неудачную постройку, чтобы «очистить» место для новой. Если приобретенная форма поведения стала ненужной, то соответствующие рефлекторные механизмы гаснут, тормозятся. Информационный след об этом событии остается в мозгу благодаря памяти и может восстановить всю форму поведения спустя годы, причем ее возобновление протекает гораздо легче, чем первичное формирование.

Рефлекторная организация мозга подчиняется иерархическому принципу. Стратегические задачи определяет кора, она же управляет сознательным поведением. Подкорковые структуры отвечают за автоматические формы поведения, без участия сознания. Спинной мозг вместе с мышцами выполняет поступающие команды. Мозгу, как правило, одновременно приходится решать несколько задач. Такая возможность создается благодаря, с одной стороны, иерархическому принципу организации центров «по вертикали», а с другой – координации (согласованию) деятельности близкородственных нервных ансамблей «по горизонтали». Одна из функций при этом является главной, ведущей, связанной с основной потребностью в данный момент времени. Центр, связанный с этой функцией, становится главным, доминирующим, преобладающим. Такой доминантный центр тормозит, подавляет деятельность близкородственных, однако затрудняющих выполнение основной задачи центров. Благодаря этому доминанта подчиняет себе деятельность всего организма и задает вектор поведения, активности.

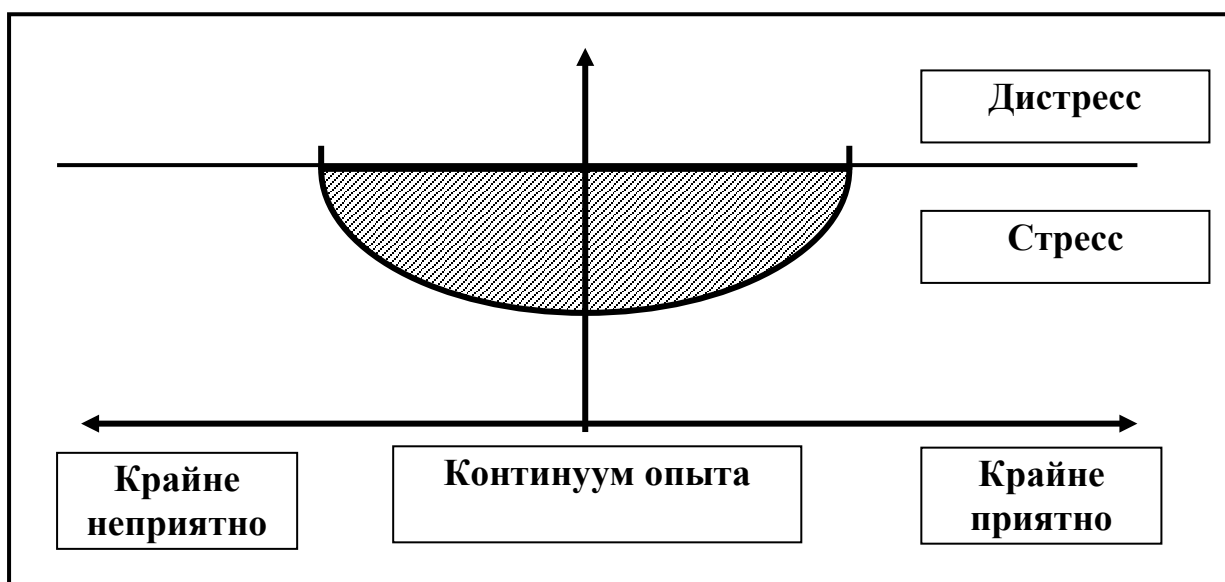


Рис. 10. Теоретическая модель взаимоотношений между стрессом и жизненным опытом

Обычно мозг работает как единое целое, хотя его левое и правое полушария функционально неоднозначны и выполняют не одинаковые интегральные функции. В большинстве случаев левое полушарие отвечает за абстрактное вербальное (словесное) мышление, речь. То, что обычно связывают с сознанием, – передача знаний в словесной форме, относится к левому полушарию. Если у данного человека доминирует левое полушарие, то человек является «правшой» (левое полушарие управляет правой половиной тела). Доминирование левого полушария может влиять на формирование определенных особенностей управления психическими функциями. Так, «левополушарный» человек тяготеет к теории, имеет большой словарный запас, ему присуща высокая двигательная активность, целеустремленность, способность прогнозировать события.

Правое полушарие играет ведущую роль в оперировании образами (образное мышление), невербальными сигналами и, в отличие от левого, воспринимает весь мир, явления, предметы целиком, не дробя на части. Это позволяет лучше решать задачи установления различий, физической идентичности стимулов и т.д. «Правополушарный» человек тяготеет к конкретным видам деятельности, медлителен и неразговорчив, наделен способностью тонко чувствовать и переживать.

Анатомически и функционально полушария мозга тесно взаимосвязаны. Правое полушарие быстрее перерабатывает поступающую информацию, оценивает ее и свой зрительно – пространственный анализ передает в левое полушарие, где происходит окончательный высший семантический (смысловой) анализ и осознание этой информации. У человека в мозгу информация, как правило, имеет определенную эмоциональную окраску, в чем основную роль играет правое полушарие.

При осуществлении стресса через систему посредников мозг активирует гипофиз, который выбрасывает гормон АКТГ (адренокортикотропный гормон) – активатор надпочечников. Одновременно повышается активность симпатической нервной системы; ведущая к усилению работы сердца, повышению уровня артериального давления, увеличению свертываемости крови и т.д. В конечном итоге и гормоны, и нервная система постепенно поднимают работоспособность человека (стадия тревоги). Она мобилизует организм на действие против стрессора, это стадия перестройки, характеризующаяся эмоциональным возбуждением, когда различные механизмы организма начинают работать с большим напряжением, причем взаимодействие между ними часто нарушается, что может привести к временному снижению работоспособности. Кроме того, в случае патологии или функциональных нарушений в какой-либо системе органов соответствующая часть организма может не выдержать (например, при увеличении артериального давления может лопнуть кровеносный сосуд, если его стенки поражены склеротическими изменениями). На второй стадии – «устойчивости» секреция гормонов стабилизируется, активация симпатической системы сохраняется на высоком уровне. Это позволяет поддерживать высокую умственную и физическую работоспособность.

Обе первые стадии стресса объединяют в единое целое *эустресс*. Это адаптивная, физиологически нормальная часть стресса (см. ранее физиологию стресса). Эустресс повышает возможности человека. Однако если стрессовая ситуация длится очень долго или стрессовый фактор оказался очень мощным, то адаптивные механизмы организма оказываются истощенными. Это третья стадия – «истощения», когда снижается работоспособность, падает иммунитет, образуются язвы желудка и кишечника. Поэтому третья стадия стресса является патологической и ее обозначают как дистресс. Это фактически дезадаптация организма, и развитие негативных последствий определяется возникающими в ответ на стрессовую ситуацию отрицательными эмоциональными реакциями. Негативные эмоции в свою очередь усиливают протекание стресса, поэтому для этой стадии характерно состояние психической дезадаптации.

Эмоции и эмоциональный стресс. Для современного человека важнейшими стрессовыми факторами являются эмоциональные. Современная жизнь во всех своих проявлениях очень часто вызывает у человека отрицательные эмоции. Мозг постоянно перевозбуждается, и напряжение накапливается. Если человек выполняет тонкую работу или занимается умственным трудом, стресс эмоциональный, особенно длительный, может дезорганизовать его деятельность. Это означает, что стресс, точнее *эустресс*, теряет свое адаптивное значение и становится в ряде случаев даже вредным для человека, его деятельности. Поэтому эмоции становятся очень важным фактором здоровых условий жизни человека.

Эмоции – субъективно переживаемое отношение человека к различным раздражителям, фактам, событиям, проявляющееся в виде удовольствия, радости, неудовольствия, горя, страха, ужаса и т.д. Эмоциональное состояние

часто сопровождается изменениями в соматической (мимика, жесты) и висцеральной (изменение частоты сердцебиения, дыхания и т.д.) сферах. Структурно-функциональной основой эмоций является так называемая лимбическая система, куда включают ряд корковых, подкорковых и стволовых структур.

Формирование эмоций подчиняется определенным закономерностям. Так, сила эмоции, ее качество и знак (положительный или отрицательный) зависят от силы и качества потребности и вероятности удовлетворения этой потребности. Кроме того, очень важную роль в эмоциональной реакции играет фактор времени, поэтому короткие и, как правило, интенсивные реакции называют аффектами, а длительные и не очень выразительные – настроениями.

Низкая вероятность удовлетворения потребности обычно ведет к возникновению отрицательных эмоций, увеличение вероятности – положительных. Из этого следует, что эмоции выполняют очень важную функцию оценки события, предмета, вообще раздражения. Кроме того, эмоции являются регуляторами поведения, так как их механизмы направлены на усиление активного состояния мозга (в случае положительных эмоций) или его ослабления (при отрицательных). И, наконец, эмоции выполняют подкрепляющую роль при образовании условных рефлексов, причем ведущее значение в этом играют положительные эмоции. Негативная оценка какого-либо воздействия на человека, его психику может вызвать общую системную реакцию организма – эмоциональный стресс (напряжение), который запускается стресс-факторами. К ним относятся воздействия, ситуации, которые мозг оценивает как негативные, если нет возможности от них защищаться, избавляться. Таким образом, причиной эмоционального стресса является отношение к соответствующему воздействию. Характер реакции поэтому зависит от личностного отношения человека к ситуации, воздействию и, следовательно, от его типологических, индивидуальных особенностей, особенностей осознания социально-значимых сигналов или комплексов сигналов (конфликтные ситуации, социальная неопределенность, ожидание чего-либо неприятного и т.п.). В силу социальных мотивов поведения у современного человека большое распространение получили так называемые эмоциональные стрессы напряжения, вызываемые психогенными факторами, такими, как конфликтные отношения между людьми (в коллективе, на улице, в семье). Достаточно сказать, что такое тяжелое заболевание, как инфаркт миокарда, в 7 случаях из 10 вызывается конфликтной ситуацией.

Увеличение числа стрессов – расплата человечества за технический прогресс. С одной стороны, уменьшилась доля физического труда в производстве материальных благ и в быту. И это, на первый взгляд, плюс, так как облегчает жизнь человека. Но, с другой стороны, резкое снижение двигательной активности нарушило естественные физиологические механизмы стресса, конечным звеном которого и должно быть как раз движение. Естественно, что это извратило и характер протекания жизненных процессов в организме человека, ослабило запас его прочности.

Уменьшить стресс или его нежелательные последствия могла бы двигательная активность, которая оптимизирует взаимоотношения между различными вегетативными системами, является адекватным «приложением» стрессовых механизмов. Движение – это конечный этап любой мозговой деятельности. В силу системной организации человеческого организма движение тесно сопряжено с деятельностью внутренних органов. Поскольку во время эмоционального напряжения возбуждение в ЦНС достигает большой силы и не находит «выхода» в движении, то оно дезорганизует нормальную работу мозга и течение психических процессов. Кроме того, появляется избыточное количество гормонов, которые вызывают сдвиги обмена веществ, целесообразные только при высоком уровне двигательной активности.

Но двигательная активность в настоящее время недостаточна для того, чтобы снять стресс или его последствия. В результате напряжение накапливается, и достаточно небольшого негативного воздействия, чтобы наступил срыв психики. При этом в кровь выбрасывается большое количество гормонов надпочечников, усиливающих обмен веществ и активизирующих работу висцеральных органов и систем. Поскольку запас функциональной прочности организма, а в особенности сердца и сосудов снижен (они мало тренированы), у части людей развиваются тяжелые нарушения сердечно-сосудистой и других систем.

Другим способом защиты от негативных последствий стресса является изменение отношения к ситуации. Главное здесь – понижение значимости стрессового события в глазах человека («могло быть и хуже», «это не конец света» и т.д.). По сути дела, этот способ позволяет создать новый доминантный очаг возбуждения в мозгу, который затормозит стрессовый.

Худшим вариантом поведения в стрессовой ситуации является отказ от двигательной активности или изменения отношения к ситуации «поисковой активности». Проявлением такого отказа у человека являются депрессия, невротическая тревога, переживание апатии, беспомощности и безнадежности. Такие симптомы часто предшествуют развитию ряда психосоматических и соматических заболеваний, особенно язв желудка и кишечника, аллергий, различных опухолей. Особенно резко эти симптомы проявляются у высокоактивных людей, которые капитулируют перед возникшими трудностями в ситуации, которая кажется им безнадежной (так называемый тип А). По наблюдениям клиницистов, такие симптомы возникают у них перед инфарктом миокарда.

Информационный стресс. Это особая разновидность эмоционального стресса. Научно-технический прогресс, в условиях которого мы живем, вызывает массу изменений вокруг человека, оказывает на него мощное воздействие, которое превосходит любое другое влияние окружающей среды. Прогресс изменил информационную среду, что означает необходимость усвоения каждому очередному поколению значительно большего объема информации, чем предыдущему. Однако при этом не меняется мозг, как не увеличивается и количество клеток, из которых он состоит. Вот почему для усвоения возросшего объема информации, в частности в сфере образования,

нужно либо увеличивать продолжительность обучения, либо интенсифицировать этот процесс. Поскольку увеличивать продолжительность обучения довольно сложно, в том числе по экономическим причинам, остается повысить его интенсивность. Однако в этом случае возникает естественное опасение информационных перегрузок. Сами по себе они не представляют угрозы для психики, так как у мозга колоссальные возможности по переработке больших объемов информации и защиты от ее избытка. Но если время, которое необходимо для ее переработки, ограничено, это вызывает сильное нервно-психическое напряжение – информационный стресс. Иными словами, нежелательное напряжение возникает при несоответствии скорости поступления информации в мозг биологическим и социальным возможностям человека. Самое неприятное, если к факторам объема информации и дефицита времени присоединяется третий – мотивационный: если требования к ребенку со стороны родителей, общества, учителей высоки, то не срабатывают механизмы самозащиты мозга (например, уклонение от учебы) и как результат, возникают информационные перегрузки. При этом особые трудности испытывают прилежные дети (так, у первоклассника при выполнении контрольной работы психическое состояние соответствует состоянию космонавта при взлете корабля). Не меньшие информационные перегрузки создают и различные виды профессиональной деятельности (например, авиадиспетчер порой одновременно должен контролировать до 17 самолетов, учитель – до 40 индивидуально различных учеников и т.д.). Таким образом, многочисленные обстоятельства современной жизни приводят к чрезмерно сильному психоэмоциональному напряжению человека, вызывающему отрицательные реакции и состояния, ведущие к неврозам – срывам нормальной психической деятельности.

3.3. Механизмы терморегуляции человека

За время эволюции человеческая цивилизация распространилась от крайних северных и южных широт, где температура воздуха порой достигает – 86°C, до экваториальных саванн и пустынь, где она иногда может превышать +50°C в тени. Тем не менее в таком широком диапазоне температур человек способен сохранять работоспособность благодаря термостабильности своего организма, когда температура тела колеблется в относительно узких границах – от 36°C до 37°C.

Гомойотермия – постоянство температуры тела делает человека независимым от температурных условий существования. Это происходит благодаря сохранению адекватной активности обеспечивающих их тканевых ферментов и витаминов, катализирующих и активирующих отдельные стороны обмена веществ, тканевых гормонов, нейромедиаторов и других веществ, от которых зависит нормальная деятельность организма. Смещение же температуры в ту или иную сторону резко меняет активность этих веществ, причем в разной степени для каждого из них – в результате наступает разобщение в активности протекания отдельных сторон обмена веществ, и, как

следствие, активизацию терморегуляционных механизмов. У холоднокровных животных, температура тела которых определяется окружающей температурой, активность их тканевых ферментов как биологических катализаторов меняется вместе с изменением внешних тепловых условий. Вот почему при снижении температуры степень проявления их жизнедеятельности снижается вплоть до полной остановки (анабиоз), а при очень высокой – либо наступает смерть, либо высушивание, которое является также разновидностью анабиоза. Так, с изменением внешней температуры жизнедеятельность некоторых насекомых (саранча) может восстанавливаться как после замерзания до температуры жидкого азота (-189°C), так и после высушивания. Описан случай оживления, хотя и кратковременного, гигантского тритона, замерзшего в леднике около 5000 лет назад.

Способность сохранять неизменной температуру тела при различных условиях существования делает теплокровных животных независимыми от обстоятельств природы и способными сохранять высокий уровень жизнеспособности. Такая способность обусловлена сложной системой терморегуляции, обеспечивающей уменьшение выработки тепла и активную его отдачу при опасности перегрева и активизацию термогенеза при ограничении отдачи тепла – при опасности переохлаждения.

Есть много фактов, указывающих на высокую природную устойчивость человека к действию низких температур. Так, тибетские монахи в церемонии инициации при температуре ниже -20°C высушивают мокрую простынь теплом своего тела, сидя обнаженными на льду замерзшего озера. Стали традиционными заплывы специально подготовленных пловцов через Берингов пролив из Аляски на Чукотку (более 40 км) при температуре воды $+4^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$. Якуты натирают новорожденных снегом, а остяки и тунгусы погружают их в снег, обливают холодной водой и затем закутывают в олени шкуры. Все это говорит о широком диапазоне механизмов терморегуляции человека, однако отдельных систем терморегуляции органов не существует и поддержание постоянной температуры тела является функцией всего организма в целом.

Согласно предложенной И.П. Павловым схеме, организм теплокровного можно представить в виде относительно термостабильного «ядра» и имеющей большой разброс температур «оболочки». Ядро, температура которого колеблется в пределах $36,8^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C}$, включает преимущественно жизненно важные внутренние органы: сердце, печень, желудок, кишечник. Особенно следует отметить роль печени, имеющей относительно высокую температуру – выше $37,5^{\circ}\text{C}$, и толстого кишечника, микрофлора которого в процессе своей жизнедеятельности вырабатывает много тепла, обеспечивающего поддержание температуры прилежащих тканей. Термолабильную оболочку составляют конечности, кожные и подкожные ткани, мышцы и т.д. Температура различных участков оболочки колеблется в широких пределах. Температура оболочки очень подвижна, что определяется условиями жизнедеятельности и состоянием организма. Такие взаимоотношения ядра и оболочки обусловлены тем, что первая преимущественно производит тепло (в покое), а вторая – должна обеспечивать сохранение этого тепла. Именно этим объясняется то

обстоятельство, что у закаленных людей оболочка на холоде быстро и надежно обволакивает ядро, сохраняя оптимальные условия для поддержания деятельности жизненно важных органов и систем, а у незакаленных оболочка и в этих условиях остается тонкой, создавая угрозу переохлаждения ядра (так, при снижении температуры легких всего лишь на $0,5^{\circ}\text{C}$ возникает угроза воспаления легких – пневмонии). Термостабильность организма обеспечивается в основном двумя взаимодополняющими механизмами регуляции – физическим и химическим.

Физическая терморегуляция преимущественно активизируется при опасности перегревания и заключается в отдаче тепла в окружающую среду. При этом включаются все возможные механизмы теплоотдачи: теплоизлучение, теплообмен, конвекция и испарение. Теплоизлучение осуществляется за счет инфракрасных лучей, исходящих от кожи. Теплопроводение реализуется за счет разницы температур между кожей и окружающим воздухом и осуществляется за счет гиперемии – расширения кожных сосудов и притока большего количества теплой крови от внутренних органов. Из-за этого окраска кожи при жаре становится розовой. Эффективность теплоотдачи определяется теплопроводностью и теплоемкостью внешней среды: так, эти показатели в соответствующих температурах для воды в 20-27 раз выше, чем воздуха. Отсюда становится понятным, почему комфортная температура воздуха для человека составляет около $+18^{\circ}\text{C}$, а воды $+34^{\circ}\text{C}$. Теплоотдача за счет испарения пота является весьма эффективной, так как при испарении 1 мл пота с поверхности тела организм теряет 0,56 ккал тепла. Если учесть, что взрослый человек вырабатывает даже в условиях низкой двигательной активности около 800 мл пота, то становится понятной эффективность этого способа.

В различных условиях жизнедеятельности соотношение потерь тепла заметно меняется. Так, в покое при оптимальной температуре воздуха организм теряет проведением 31% образующегося тепла, 44% – излучением, 22% – испарением (в том числе и за счет влаги с дыхательных путей) и 3% – конвекцией. При сильном ветре возрастает роль конвекции, при повышении влажности воздуха – проведения, а при усиленной работе – испарения (например, при напряженной двигательной активности испарение пота порой достигает 3 л в час!).

Химическая терморегуляция приобретает особое значение при опасности переохлаждения организма. Потеря человеком в процессе эволюции шерстяного покрова сделала его особенно чувствительным к действию низких температур, о чем свидетельствует тот факт, что у человека холодовых рецепторов почти в 30 раз больше, чем тепловых. Вместе с тем совершенствование механизмов адаптации к холоду привело к тому, что снижение температуры тела человек переносит гораздо легче, чем ее повышение. Так, грудные дети легко переносят снижение температуры тела на $3-5^{\circ}\text{C}$, но тяжело – повышение на $1-2^{\circ}\text{C}$. Взрослый человек без каких-либо последствий переносит переохлаждение до $33-34^{\circ}\text{C}$, но теряет сознание при перегревании от внешних источников до $38,6^{\circ}\text{C}$ (хотя при лихорадке от

инфекции может сохранить сознание и при 42°C). Вместе с тем отмечены случаи оживления замерзших людей, температура кожи которых опускалась ниже точки замерзания. Сущность химической терморегуляции заключается в изменении активности обменных процессов в организме: при высокой внешней температуре она снижается, а при низкой – возрастает. Исследования показывают, что при снижении окружающей температуры воздуха на 1°C у обнаженного человека в покое активность метаболизма возрастает на 10%. (Однако выключение наркозом и некоторыми лекарственными препаратами высших регуляторных механизмов термостабильности у теплокровных делает их зависимыми от окружающей температуры, и при охлаждении температуры их тела до 32°C потребление ими кислорода снижается до 50%, при 20°C – до 20%, а при + 1°C до 1% от исходного уровня). Особое значение для поддержания температуры тела играет тонус скелетных мышц, который возрастает при снижении окружающей температуры и снижается при потеплении. Показательно, что эти процессы протекают тем активнее, чем опаснее грозящее нарушение термостабильности. Так, при температуре воздуха 25-28 °C (и особенно в сочетании с высокой влажностью) мышцы в значительной степени расслаблены, и воспроизводимая ими тепловая энергия ничтожна. Наоборот, при опасности переохлаждения все большее значение приобретает дрожь – нескоординированные сокращения мышечных волокон, когда внешняя механическая работа практически полностью отсутствует, и почти вся энергия сокращающихся волокон переходит в тепловую энергию (явление получило название несократительного термогенеза). Поэтому при дрожи теплопродукция организма может возрасти более чем в три раза, а при напряженной физической работе – в 10 и более раз.

Несомненное значение в химической терморегуляции играют легкие, которые за счет изменения активности обмена входящих в их структуру высококалорийных жиров поддерживают относительно постоянную температуру, – именно поэтому при высокой внешней температуре оттекающая от легких кровь прохладнее, а при низкой – теплее вдыхаемого воздуха.

Физический и химический механизмы терморегуляции работают с высокой степенью согласования благодаря наличию в ЦНС соответствующего центра в области гипоталамуса. Вот почему при высокой температуре окружающей среды, с одной стороны, усиливается теплоотдача (за счет повышения температуры кожи, активизации дыхания, усиления процессов испарения пота и т.д.), а с другой – снижается теплопродукция (за счет снижения тонуса мышц, перехода к усвоению организмом менее энергосодержащих продуктов). При низких же температурах наоборот: возрастает теплопродукция и снижается теплоотдача.

Таким образом, совершенные механизмы терморегуляции человека позволяют поддерживать оптимальную жизнеспособность в широком диапазоне внешних температур.

Вопросы для самоконтроля к главе 3

1. Назовите основные принципы регуляции организма человека.
2. Сформулируйте основные положения теории функциональных систем П.К. Анохина.
3. Какова биохимическая основа адаптационных процессов? На каких уровнях осуществляются процессы саморегуляции?
4. Почему стресс определяют как общий адаптационный синдром?
5. Перечислите стадии стресс-реакции, дайте их характеристику.
6. В чем состоит специфика эмоционального и информационного стресса?
7. Опишите физический и химический механизмы терморегуляции.

Глава 4. Иммунная система. Иммуитет

4.1. Понятие иммунитета. Строение иммунной системы

В активной жизнедеятельности организма важная роль принадлежит системе иммунитета (от лат. *immunitas* – избавление от чего-либо). Иммунитет является важнейшей функцией организма, обеспечивающей защиту от внешних воздействий, постоянство его внутренней среды и сохранение биологической индивидуальности. Основная функция иммунитета – обеспечение защиты организма от тел и веществ, несущих генетически чужеродную информацию.

Иммунная система – это комплекс органов, клеток и продуцируемых ими веществ, которые осуществляют распознавание и уничтожение генетически чужеродных образований. Иммунная система – система, направленная на поддержание генетической целостности организма.

Анатомически органы иммунной системы включают в себя центральные (первичные) органы, в которых происходит созревание и дифференциация клеток иммунной системы из стволовых клеток; к ним относят костный мозг и тимус (вилочковую железу), и периферические. В периферических (вторичных) органах происходит дозревание лимфоидных клеток до конечных форм. Это селезенка, лимфоузлы и лимфоидная ткань слизистых оболочек.

Главной особенностью иммунной системы является то, что она наравне с генетической и нервной системами обладает памятью, способной запоминать чужеродные генетические формы и специфически реагировать на их повторное появление.

Функции иммунной системы, направленные на обеспечение постоянства внутренней среде, следующие:

- защита от микроорганизмов-возбудителей инфекционных болезней;
- противораковая защита, в основном через клеточные формы реагирования (киллерные клетки);
- нормальное внутриутробное развитие плода и защита новорожденного в течение всего периода становления иммунной системы;
- нормальная дифференцировка и функционирование ряда других систем организма (например, кроветворной системы);
- удаление и утилизация отмирающих тканевых структур (фагоциты, антитела);
- отторжение пересаживаемых органов тканей, любых экзогенных антигенов, включая паразитарные и аллергенные вторжения,

Все эти функции иммунной системы направлены на поддержание гомеостаза, обеспечение здоровья человека. Иммунологическая реактивность организма во многом зависит от возраста. У новорожденных она резко снижена, у пожилых выражена в меньшей степени, чем в среднем возрасте.

Функциональной единицей носителя чужеродной генетической информации являются антигены. *Антиген* – чужеродная субстанция, способная

при попадании в организм вызвать специфический иммунный ответ, направленный на ее удаление из организма. Антигены – биологические тела и молекулы, несущие признаки чужеродной генетической информации, которые при попадании в организм способны провоцировать выработку специфических клеток, участвующих в их удалении. Антигенными свойствами обладают белки, жиры, углеводы, а также нуклеиновые кислоты.

Признаки антигенов:

1. *Чужеродность* – наличие признаков чужой генетической информации.
2. *Антигенность* – способность вызывать реакцию иммунной системы с последующим формированием иммунитета.
3. *Иммуногенность* – способность чужеродных образований запускать механизм защитной реакции организма.
4. *Специфичность* – способность антигенов отличаться друг от друга.

Антитела – белки (иммуноглобулины), вступающие в специфическую реакцию с антигенами. Молекулы иммуноглобулинов имеют в своем составе центры, способные связывать антигены. Связывающий центр определяет специфичность антитела; при помощи этого свойства возможна реакция связывания антиген-антитело, освобождающая организм от внедрения чужой информации.

Иммуноглобулины продуцируются плазматическими клетками (конечная стадия созревания В-лимфоцитов). Всего у млекопитающих имеется 5 классов иммуноглобулинов, которые отличаются между собой длиной и строением молекулярной цепи: *IgG*, *IgA*, *IgM*, *IgE*, *IgD*. Каждый из клонов плазматических клеток продуцирует антитела, свойственные только для этого клона, с сохранением общих свойств, присущих организму. Причем создание антител осуществляется не последовательным образом, а путем механизма подвижной рекомбинантности генов, отвечающих за их синтез. Таким образом, формируется иммунный ответ на все многообразие антигенов (потенциальное разнообразие антител характеризуется цифрой примерно 10^{16}). Иммуноглобулины являются основной составляющей частью гуморального (от слова *humor* – жидкость) иммунитета.

Иммуноглобулины *IgM* – антитела, которые первыми производятся в ответ на воздействие антигена. Например, когда ребенок впервые получает прививку от столбняка, то через 10-14 дней у него образуются антитела этого класса (первичный ответ антител). Таких антител много в крови, в норме они не встречаются в органах и тканях.

Иммуноглобулины *IgG* – самый многочисленный комплекс антител. Они производятся в ответ на повторное воздействие антигена. Этот вторичный ответ развивается быстрее и активнее, чем первичный ответ. Эти антитела присутствуют и в крови, и в тканях. Они – единственные антитела, которые могут проходить через плаценту к плоду и защищают младенца, пока его иммунная система не начнет вырабатывать собственные антитела. Также *IgG* в определенных условиях проявляют противоопухолевое действие

Иммуноглобулины *IgA* – антитела, играющие важную роль при защите организма от вторжения микробов через слизистые оболочки (носа, глаз,

кишечника). Они имеются в крови, секретах желудочно-кишечного тракта, носа, глаз, легких грудном молоке.

Иммуноглобулины *IgE* – весьма важный компонент в борьбе с паразитарной агрессией. В сыворотке крови присутствует в очень небольших количествах, значительная часть содержится в экзосекрете желудочно-кишечного тракта. До конца роль этой группы не выяснена.

Известно, что *IgG* принимают активное участие в формировании аллергических реакций.

Иммуноглобулины *IgD* - присутствуют в сыворотке крови, участвуют в активации В-лимфоцитов, функционально дополняют *IgM* и могут даже замещать их.

Функции антител:

1. *Нейтрализация вирусов.* Антитела связываются с клеточными рецепторами вирусов, предотвращая их соединение с клеточной поверхностью и исключая проникновение в клетку. Впоследствии вирус поглощается *фагоцитирующими клетками*. Кроме того, антитела блокируют межклеточное проникновение вирусов.

2. *Нейтрализация токсинов.* Токсины, являющиеся продукцией бактерий, попавших в организм, связываются направленными против них антителами. В соединении с антителом токсин теряет способность к перемещению в тканях и становится добычей клетки – фагоцита.

3. *Опсонизация бактерий.* Это процесс связывания антител с антигенами поверхности бактерий и последующим их более активным поглощением фагоцитами.

4. *Защита от паразитов.* Существуют паразиты достаточно крупные, чтобы их могли уничтожить фагоциты (например, гельминты). Выделяемые паразитом антигены запускают механизм, при помощи которого привлеченные эозинофилы нейтрализуют гельминтов путем выброса во внеклеточное пространство специфических эффекторных молекул.

5. *Иммунорегуляторная функция.* Антитела взаимодействуют с активными центрами других антител, и, подавляя их активность, регулируют гуморальный иммунный ответ.

6. *Проникновение через плацентарный барьер.* В период вынашивания плода и в первые месяцы жизни иммунная система формируется и не может защитить организм ребенка. В этом случае защиту осуществляют материнские антитела, которые проникают через плаценту или поступают с молоком матери.

7. *Активация системы комплемента.* Связываясь с поверхностью клеток, антитела классов *IgG* и *IgM* приобретают способность инициировать классический путь активации *комплемента* (см. далее), что приводит в конечном итоге к фагоцитозу и гибели бактериальных клеток.

Антитела реагируют именно на ту генетическую клеточную информацию, которая попала в организм. Реакция проходит либо в виде склеивания (агглютинации), либо осаждения (преципитация), либо растворения (лизиса). Также существуют антитела, стимулирующие реакцию «узнавания»

чужеродных клеток – опсонины, которые, присоединяясь к микробу, делают его более «привлекательным» для макрофагов.

Все функции иммунной системы реализуются при участии большого сложного ряда клеток, имеющих единый механизм возникновения и развития. Считается, что все клетки развиваются из полипотентных (стволовых) клеток. Такая клетка при развитии дифференцируется на 2 вида клеток - лимфоидные стволовые клетки, превращающиеся далее в Т- и В-лимфоциты, а также натуральные киллеры (NK), и миелоидные стволовые клетки. Далее клетки дифференцируются в более специализированные формы. Так появляются нейтрофилы, базофилы и эозинофилы, а также эритроциты, тромбоциты и макрофаги – клеточная часть крови млекопитающих. Каждый тип специализированных клеток строго выполняет определенную ему функцию. Иммунная специализация клеток заключается в том, что В-клетки образуют антитела, цитотоксические Т-лимфоциты уничтожают клетки, пораженные вирусами; хелперные Т-лимфоциты координируют иммунный ответ путем межклеточных взаимодействий и выделения в межклеточную среду цитокинов, участвующих в образовании антител. NK-клетки являются фактором врожденного иммунитета. Они обеспечивают защиту против внутриклеточных инфекционных агентов, в первую очередь против вирусов. Кроме этого, NK-клетки осуществляют противоопухолевую защиту.

Цитокины – белковые продукты активированных клеток иммунной системы (по природе чаще всего – гормоны), обеспечивающие передачу различных сигналов между клетками в процессе гемопоэза (развития клеточных элементов крови), и на разных стадиях иммунного ответа. Существует несколько десятков цитокинов, образующих цитокиновую сеть, входящую в состав глобальной иммунологической сети, которая объединяет работу всех молекулярных и клеточных механизмов реализации иммунного ответа. Характерной чертой цитокиновой сети является избыточность, т.е. реализация одной и той же функции несколькими цитокинами. К цитокинам относится, например, интерферон, который активен не только в отношении вирусных респираторных инфекций, но и при лечении таких заболеваний, как некоторые формы лейкозов.

Система комплемента. Система комплемента включает в свой состав 18 белков и является функциональным элементом плазмы, который помогает бороться с попавшими в сферу ответственности бактериальными телами. При активации системы комплемента каждая предыдущая ступень реакции активирует последующую. В ходе реакции комплемента одна часть белков связывается с бактериальным телом, другая обеспечивает привлечение к месту активации фагоцитов. В результате бактериальное тело элиминируется. Система комплемента также является компонентом реакции воспаления.

Воспаление – защитная реакция организма на тканевое повреждение или инфекционную агрессию, которая выражается в повышении проницаемости сосудов, повышению кровоснабжения поврежденного участка и накоплении в месте повреждения клеток иммунной системы и жидкости, содержащей активизированную часть белковых молекул иммунной системы. Таким

образом, реакция воспаления является своего рода заградительным валом для проникновения инородных тел и токсинов в организм.

Система главного комплекса гистосовместимости. Главный комплекс гистосовместимости (тканевой совместимости) является ведущим в системе формирования иммунного ответа. Он представляет собой комплекс генов (около 50), кодирующих белки, которые в свою очередь участвуют в презентации Т-лимфоцитам фрагментов различных антигенов. В результате его деятельности на поверхности всех клеток имеются молекулы, являющиеся уникальными для этого организма, они помогают отличить «свое» от «чужого». Иммунная система игнорирует клетки, имеющие идентичные молекулы комплекса гистосовместимости, а любую другую клетку атакует. У человека комплекс гистосовместимости находится в 6-й хромосоме.

Фагоциты и фагоцитоз. Клетки, способные поглощать и переваривать микробы, впервые описал И. И. Мечников в 1908 году, назвав их фагоцитами (от греч. фагос – пожиратель, цитос – клетка). Фагоцитоз относится к наиболее древним механизмам защиты и представляет собой процесс активного поглощения и переваривания клетками организма попавших в него живых тел, убитых микробов, отживших собственных клеток и других инородных частиц.

Фагоцитами являются макрофаги (моноциты крови, купферовские клетки печени, клетки костного мозга, селезенки, клетки внутренней стенки сосудов, гистиоциты соединительной ткани). Наряду с макрофагами, которые способны переварить крупные частицы, есть микрофаги, захватывающие мелкие частицы и микробы. К ним относятся клетки белой крови – нейтрофилы. Моноциты крови и нейтрофилы разновидность лейкоцитов, которым принадлежит важная роль в развитии многообразных защитных реакций. Кроме вышеуказанных существует еще несколько типов лейкоцитов, различающихся морфологически, по выполняемым функциям и процентному содержанию в плазме крови. Их функции разнообразны, это – разрушение и обезвреживание токсинов белкового происхождения, связывание на своей поверхности и перенос антител, фагоцитарная активность по отношению к микроорганизмам и чужеродным белкам.

У взрослого человека в 1 мм^3 крови содержится 6000-8000 лейкоцитов. В зависимости от состояния организма содержание лейкоцитов варьирует. Процесс увеличения количества лейкоцитов носит название лейкоцитоз, уменьшения – лейкопения. Лейкоцитоз характерен для патологических (воспалительных) процессов, но наблюдается и у здоровых людей при эмоциональных нагрузках, усиленной мышечной работе, болевых ощущениях.

Различают завершенный и незавершенный фагоцитоз. Завершенный фагоцитоз заканчивается полным разрушением микрофага. Однако некоторые виды микроорганизмов проявляют большую устойчивость к антимикробным веществам или даже размножаются внутри фагоцитов. Такой незавершенный фагоцитоз чаще наблюдается в нейтрофилах и заканчивается их гибелью. В других же случаях фагоцитированные микробы выталкиваются из них. В отличие от нейтрофилов, которые поглощают и переваривают в основном истинные бактерии, макрофаги фагоцитируют спирохеты, актиномицеты,

грибки, простейшие, вирусы, а также атрофирующиеся, омертвевшие или злокачественно перерожденные клетки. НК клетки – это крупные лимфоциты с большим количеством цитотоксических веществ, на внешней мембране которых имеются распознающие специфические рецепторы.

Функционально иммунная система включает в себя 3 элемента:

1. Механизмы неспецифической резистентности, обусловленные механическими, физико-химическими, клеточными, гуморальными, а также физиологическими защитными реакциями, направленными на сохранение постоянства внутренней среды организма и восстановление нарушенных функций.
2. Врожденный (видовой или наследственный) иммунитет, т.е. устойчивость организма к определенным патогенным факторам (невосприимчивость людей к чуме рогатого скота, собак, куриной холере и т.д.), это свойство передается по наследству и присуще определенному виду.
3. Приобретенный иммунитет – специфическая защита против генетически чужеродных субстанций, осуществляемая иммунной системой.

4.2. Механизмы неспецифической резистентности.

Неспецифическая устойчивость организма обусловлена такими факторами защиты, как барьерная функция кожи, слизистых, лимфатических узлов и т.д., выделительная функция почек, дыхательного тракта, пищеварительной системы, потовых желез.

Защитная функция кожи заключается в том, что растяжение, давление, ушибы обезвреживаются упругой жировой подстилкой и эластичностью кожи. Нормальный роговой слой предохраняет глубокие слои кожи от высыхания и весьма устойчив по отношению к различным химическим веществам. Пигмент меланин, поглощающий ультрафиолетовые лучи, предохраняет кожу от воздействия солнечного света. Особенно большое значение имеют стерилизующие свойства кожи и устойчивость к различным микробам. Неповрежденный роговой слой непроницаем для инфекций, а кожное сало и пот создают кислую среду, неблагоприятную для многих микробов.

Глаза имеют веки, две кожно-мышечные складки, при смыкании закрывающие глазное яблоко. Веки несут функцию защиты глазного яблока, предохраняя орган зрения от чрезмерного светового потока и механического повреждения, способствуют увлажнению его поверхности и удалению со слезой инородных тел.

Уши обеспечивают слух, но при чрезмерно громких звуках, срабатывает защитная реакция: три самых маленьких косточки перестают колебаться совсем, наступает блокировка и система косточек не пропускает во внутреннее ухо чрезмерно сильных звуковых колебаний.

Слезотечение может возникать при вдыхании вредных примесей воздуха, при попадании раздражающих веществ на слизистую оболочку носа. Слеза стекает не только из глаза наружу, но и через слезоносный канал в полость носа, смывая тем самым вредное вещество.

Слезотечение имеет важное значение в защитных реакциях психического свойства. Предположим, человека обидели словом, нанесли сильную, болезненную душевную травму. Вот тут-то на помощь и приходит неожиданный механизм – слезы. Мгновенное обильное орошение слезами сильно раздражает рецепторы носовой полости. В мозгу создается новый мощный очаг возбуждения, который отводит от клеток коры головного мозга опасность перенапряжения. Этот механизм бдительно стоит на страже нервного благополучия, готовый в случае надобности охранить мозг от слишком большого горя и слишком большой радости.

Еще один пример естественной защиты – это движение, обеспечиваемое костно-мышечной системой. Активное движение нередко приглушает и душевную и физическую боль. Боль, испуг, всякое сильное раздражение немедленно передается в кору головного мозга. А клетки коры чрезвычайно хрупки. Если они получают слишком большой заряд импульсов, возникает угроза срыва их деятельности. Чтобы помешать этому, защитить нежные корковые клетки, организм выработал специальную охранительную систему. Человек при сильной боли кричит, плачет, делает массу, казалось бы, ненужных движений. Так инстинктивно создаются конкретные очаги возбуждения. Два очага ослабляют, гасят друг друга.

Организм располагает естественными защитными приспособлениями против различных патогенных микробов. Выделение слизи, а также ряд рефлекторных реакций (кашель, чихание, рвота, усиление кишечной перистальтики) ведет к механическому удалению микробов из организма; желудочный сок, в состав которого входит соляная кислота, разрушает некоторые микроорганизмы. В слезах, слюне, мокроте, крови, лейкоцитах, хрящах, материнском молоке содержится лизоцим – вещество, убивающее бактерии.

Лимфатические узлы представляют собой своеобразные фильтры для оттекающей от тканей лимфы. Попадающие в лимфу бактерии, их токсины и другие вещества уничтожаются и нейтрализуются клетками лимфоузлов и вырабатываемыми ими веществами. На пути от тканей в кровяное русло лимфа проходит через несколько таких фильтров и поступает в кровь очищенной.

4.3. Врожденный ответ на инфекцию.

Патогенные микробы при попадании в организм человека сразу же попадают в поле ответственности врожденного иммунитета и заболевание развивается только в том случае, когда этот барьер пройден. Чаще всего патогены разрушаются очень быстро (в считанные часы) неспецифическими защитными механизмами. Но в этом случае не формируется устойчивый защитный иммунитет, то есть не создается иммунологическая память (свойство принадлежит адаптивному иммунитету, генерирующему специфический, в отличие от врожденного, ответ). Ранние стадии защиты помогают сохранить (сдержать) инфекцию под контролем, пока не активизируются антигенспецифические лимфоциты, участвующие в реализации адаптивного иммунного ответа.

Вызывающие заболевания микроорганизмы очень разнообразны и делятся на несколько групп: бактерии, вирусы, низшие грибы, простейшие и гельминты. Широкое разнообразие инфекционных агентов требует от иммунной системы способности узнавать множество различных патогенов с помощью рецепторов, имеющих еще большее разнообразие. Кроме того, различные места локализации и разные жизненные циклы патогенов требуют для борьбы с ними существования различных эффекторных механизмов.

Инфекционные агенты локализуются и размножаются в различных регионах и структурах тела. Два основных – внутриклеточный и внеклеточный. Внутриклеточные патогены проникают в клетку хозяина для репликации. Иммунный ответ должен или предотвратить их проникновение в клетку, или уничтожить их в клетке. Кроме того, ряд внеклеточных патогенов продуцирует токсины, освобождающиеся во внеклеточное пространство и кровь. Их нейтрализация проходит обычно с участием антител. Многие микроорганизмы реплицируются во внеклеточном пространстве, в полостях тела или на поверхности эпителия. Внеклеточные бактерии обычно чувствительны к фагоцитозу и развивают механизмы устойчивости к поглощению.

Различают три основных фактора врожденного иммунитета (естественной резистентности), которые защищают организм в первые минуты и часы после проникновения инфекционного агента в организм:

1. *Эпителиальные и слизистые поверхности.* Поверхность нашего тела защищена эпителием, который является физическим барьером между внутренней средой организма и наружным пространством. Эпителий включает в себя кожные поверхности, а также эпителиальные клетки, выстилающие пищеварительный, дыхательный и мочеполовой тракты. Инфекция возникает только в том случае, когда патоген колонизирует или пересекает эти барьеры.

Поверхностный эпителий продуцирует химические вещества, которые обладают бактерицидными свойствами или ингибируют микробный рост. Например, высокая кислотность желудка и ферменты верхней части пищеварительного тракта создают химический барьер для инфекции. Нормальная микрофлора также может продуцировать антимикробные вещества. Они предотвращают колонизацию поверхности другими бактериями. Кроме того, часть эпителия ассоциирована с нормальной микрофлорой, состоящей из непатогенных бактерий, которые конкурируют с патогенными микроорганизмами за питательные вещества и места адгезии. Когда непатогенные бактерии уничтожаются при антибиотикотерапии, патогенные микроорганизмы часто замещают их и могут вызывать ряд заболеваний, например, кандидоз.

2. *Альтернативный путь активации комплемента.* Альтернативный путь активации комплемента может действовать на некоторых бактериальных поверхностях без участия специфических антител. Он включается сразу после появления патогена и не требует времени для наработки специфических антител, которые появляются только через 5-7 дней. В конечном итоге активации комплемента образуется пептидный комплекс, вызывающий гибель бактерий.

3. *Макрофаги*. Когда патогены пересекают эпителиальный барьер, они распознаются фагоцитами в соединительной ткани, что имеет три важных последствия.

Во-первых, остановку, поглощение и разрушение патогена тканевыми макрофагами, что обеспечивает немедленную реализацию защитной функции врожденного иммунитета. Этого было бы достаточно, но многие внеклеточные бактерии покрыты полисахаридной капсулой, которая не узнается рецепторами фагоцитов.

Во-вторых, взаимодействие тканевых макрофагов с патогеном приводит к секреции цитокинов, которые являются важной составляющей следующей фазы врожденного иммунного ответа, которая включает серию индуцированных, но не адаптивных реакций.

В-третьих, фагоцитоз приводит к процессингу антигена, то есть к инициации адаптивного иммунного ответа.

Таким образом, первая фаза врожденного иммунитета обеспечивается механизмом, который готов к реализации сразу после проникновения патогена в организм. Эпителиальные поверхности являются первой линией защиты. Бактерии, преодолевшие этот барьер, сталкиваются с двумя другими линиями защиты. Они становятся объектом атаки со стороны комплемента через активацию альтернативного пути, который спонтанно активен в плазме и может опсонизировать или разрушать бактерии. На третьей линии защиты они поглощаются макрофагами после взаимодействия с их рецепторами. Затем инициируются индуцированные реакции врожденного иммунитета.

Индуцированные реакции врожденного иммунитета:

1. Активация комплемента по альтернативному пути и поглощение микроорганизмов тканевыми макрофагами происходят в первые часы после проникновения патогена в организм. Если микроорганизм минует эти защитные механизмы, то в борьбу с инфекцией вступает вторая волна защитных механизмов, которая включает в себя активацию различных гуморальных и клеточных эффекторных механизмов. Основными гуморальными факторами индуцированного ответа являются цитокины. Секретируемые макрофагами цитокины действуют на эндотелий, усиливая локальный ответ на инфекцию. Тканевые макрофаги привлекают большое количество фагоцитирующих клеток и эффекторных молекул к месту инфицирования путем секреции набора цитокинов. Такие цитокины называются монокинами, поскольку синтезируются клетками моноцитарно/макрофагального ряда в ответ на распознавание ими микробных компонентов. К ним относят интерлейкин-1, интерлейкины-6, -8, -12, фактор некроза опухолей-альфа (TNF-α). Все эти монокины обладают важными локальными и системными эффектами.

Основной локальный эффект TNF-α заключается в инициации воспалительного ответа. Воспалительный ответ характеризуется следующими изменениями в локальных зонах сосудов, индуцируемых TNF-α:

- увеличение диаметра сосудов, приводящее к усилению местного тока крови и к повышению температуры, покраснению и увеличению проницаемости стенок сосудов;

- локальное накопление жидкости, сопровождающееся опуханием и болезненностью, а также аккумуляция иммуноглобулинов, факторов комплемента и других белков крови;

- увеличение количества молекул адгезии на мембране эндотелиальных клеток сосудов, что обеспечивает эффективное взаимодействие циркулирующих в крови моноцитов и полиморфноядерных лейкоцитов с эндотелиальными клетками, а также повышает скорость миграции фагоцитов через стенки мелких сосудов в ткани;

- индукция локальных процессов свертывания крови в мелких сосудах, что приводит к тромбозу сосудов и остановке кровотока. Это важно для предотвращения распространения патогена по кровеносному руслу. В то же время патоген через лимфу доставляется в лимфоузлы, где инициируется адаптивный ответ.

Миграция лейкоцитов из кровеносного русла в ткани – процесс, названный экстравазация, происходит в 4 этапа. *Первый этап* идет при участии молекул адгезии, появляющихся на мембране эндотелиальных клеток под воздействием TNF. Взаимодействие таких молекул с поверхностными гликопротеидами лейкоцитов приводит к их слабой адгезии на стенке сосудов. Циркулирующие по кровеносному руслу лейкоциты в таких условиях осуществляют так называемый «роллинг», то есть «катятся» по эндотелию.

На *втором этапе* во взаимодействии лейкоцитов с эндотелием участвуют другие индуцированные TNF-а. Лейкоциты становятся надежно связанными с эндотелием. Роллинг прекращается. Важная роль при этом принадлежит интерлейкину-8, усиливающему силу взаимодействия молекул адгезии.

На *третьем этапе*, который также происходит с участием молекул адгезии, лейкоциты пересекают стенку эндотелия. В итоге лейкоциты осуществляют переход в ткань через эндотелий сосудов (диапедез).

Четвертый этап – миграция лейкоцитов в тканях к месту инфицирования по увеличивающемуся градиенту концентрации интерлейкина-8 и других цитокинов, называемых хемокинами.

В тех случаях, когда инфекционный агент все же проникает в кровоток, возникает *сепсис*, который сопровождается освобождением макрофагами TNF-а по всему телу. Системное освобождение TNF-а приводит к расширению сосудов и к потере ими плазмы вследствие увеличения сосудистой проницаемости. Это приводит к септическому шоку. В таких условиях часто возникает недостаточность жизненно важных органов – почек, печени, сердца, легких и как следствие этого – угроза смерти. .

2. Белки острой фазы. Интерлейкин-1 и интерлейкин-6 инициируют так называемый острофазный ответ, который заключается в повышении синтеза ряда белков клетками печени. Такие белки называют белками острой фазы. Эти белки неспецифично и в больших количествах появляются при различных воспалительных реакциях и выполняют важную функцию в адаптационных и

защитных реакциях. Синтез острофазных белков происходит прежде всего в печени. К острофазным белкам сыворотки крови относятся белки такие, как церулоплазмин, гаптоглобин, трансферрин. Один из них – С-реактивный белок связывается с компонентом бактериальных мембран. Имитирует действие антител. При связывании С-реактивный белок активирует систему комплемента. Другой – маннозо-связывающий белок связывается с остатками маннозы на поверхности многих бактерий. Также активирует систему комплемента.

3. Полиморфноядерные нейтрофилы. Отдаленным результатом продукции макрофагами монокинов является увеличение количества полиморфноядерных нейтрофилов в кровяном русле и их повышенная миграция в очаг воспаления. Нейтрофилы обладают высокой фагоцитарной активностью и являются важным фактором врожденного иммунитета (естественной резистентности). На их поверхности имеется множество различных рецепторов. Они инвариантны, то есть одинаковы на всех нейтрофилах. Благодаря наличию таких рецепторов нейтрофилы связывают и поглощают многие бактериальные патогены.

Все вышеприведенные эффекты монокинов, продуцируемых в ответ на инфекцию, вносят вклад в контроль над инфекцией, пока не разовьется адаптивный иммунный ответ.

4. Система интерферонов. Инфицирование клеток вирусами индуцирует продукцию белков, известных как интерфероны α и β . Интерферон α представляет собой семейство близких по строению и функциональной активности белков и синтезируется лейкоцитами в ответ на инфицирование клеток вирусами. Интерферон β синтезируется в сходных условиях фибробластами и другими типами клеток. Интерфероны α и β выполняют несколько функций:

- ингибируют репликацию вирусов, активируя гены, разрушающие РНК и ингибирующие трансляцию белка;
- активируют НК-клетки, которые затем избирательно уничтожают инфицированные вирусом клетки;
- индуцируют экспрессию молекул гистосовместимости, увеличивая при этом чувствительность к цитотоксическим Т-клеткам.

5. Натуральные киллеры (НК-клетки). Являются еще одним фактором врожденного иммунитета (естественной резистентности). Обеспечивают раннюю защиту против внутриклеточных инфекционных агентов, в первую очередь против вирусов. Морфологически НК-клетки являются большими гранулярными лимфоцитами. Имеют общее происхождение с лимфоцитами. Они несут на своей поверхности специфические рецепторы, называемые киллерактивирующими (KAR) и киллерингибирующими (KIR) рецепторами. Первые активируют, а вторые ингибируют киллерную функцию. Эффекторные свойства натурального киллера зависят от соотношения активационных и ингибиторных сигналов, поступающих на рецепторы.

Кроме борьбы с инфекционными агентами НК-клетки выполняют еще ряд функций, среди которых:

- противоопухолевая защита. Опухолевые клетки характеризуются пониженной мембранной экспрессией молекул гистосовместимости и в связи с этим атакуются натуральными киллерами;
- антителозависимая клеточная цитотоксичность. Антитела против мембранных (вирусных или опухолевых) антигенов выступают в роли молекулярного мостика между клеткой-мишенью и НК-клеткой. Результатом является осуществление киллерного эффекта НК-клеткой.

4.4. Адаптивный ответ на инфекцию.

Неизвестно, какое количество инфекций уничтожается врожденным иммунитетом, поскольку такие инфекции подавляются на самых ранних стадиях и не приводят развитию симптомов болезни. Адаптивный иммунитет включается в защиту, когда инфекция обошла или прорвала защиту. Он генерирует антигенспецифические эффекторные клетки, которые распознают патоген. Кроме того, образуются клетки памяти, предотвращающие последующую инфекцию, вызванную тем же микроорганизмом.

Первый этап любого адаптивного ответа, приводящего к защитному (протективному) иммунитету, заключается в активации Т-клеток в лимфоидных органах. Сюда же мигрируют профессиональные антигенпрезентирующие клетки. Их наличие, а также постоянная рециркуляция Т-клеток через лимфоузлы приводит к тому, что даже редкие антигенспецифические Т-клетки будут встречать свой специфический антиген на профессиональных антигенпрезентирующих клетках.

Когда наивные Т-клетки узнают специфический для них комплекс на поверхности антигенпрезентирующих клеток, они прекращают миграцию и удерживаются на них. Связывание приводит к активации Т-клетки и превращению ее в антигенспецифическую эффекторную клетку. Количество Т-клеток, взаимодействующих с каждой антигенпрезентирующей клеткой, очень велико. Все антигенспецифические Т-клетки могут пройти через лимфоузел за 48 часов.

На начальных стадиях иммунного ответа наивных Т-клеток на антиген происходит дифференциация Т-клеток на 2 подкласса эффекторных Т-клеток: Th1 и Th2 (Т-хелперы). Полная активация Т-клеток происходит за 4-5 дней. Этот этап имеет решающее влияние на характер адаптивного иммунного ответа. Он определяет, что будет доминировать – антителопродукция или активация макрофагов и цитотоксических клеток. Это одно из наиболее важных событий в индукции адаптивного иммунного ответа.

Th2-клетки (Т-хелперы) после активации остаются в лимфоидных органах и тканях. Часть таких клеток локализуется в костном мозге. Они активируют поступающие сюда В-клетки. Начальная фаза В-клеточной пролиферации обычно происходит в Т-клеточных зонах лимфоидных тканей. Эти центры появляются через 5 дней после первого появления в организме чужеродного антигена. Данное время соответствует времени дифференцировки наивных хелперных Т-клеток в эффекторные клетки. Часть В-клеток через несколько

дней начинают секретировать специфические антитела. Антитела, секретируемые В-клетками на ранних стадиях, выполняют две функции:

1. Обеспечивают защиту организма на ранних этапах адаптивного иммунного ответа (первичный иммунный ответ).
2. Улавливают антиген в форме комплекса антиген-антитело на поверхности фолликулярных дендритных клеток.

Таким образом, первичный иммунный ответ характеризуется продукцией в основном антител класса *IgM* и формируется в первые семь дней. В ходе вторичного иммунного ответа происходит также формирование клонов В-клеток памяти, которые являются долгоживущими и способны при повторном появлении инфекционного агента быстро превращаться в плазматические клетки. Результатом эффективного действия клеточного и антительного иммунного ответа является элиминация из организма чужеродного инфекционного агента. Еще одним результатом эффективного адаптивного иммунного ответа является появление в организме Т-клеток памяти наряду с В-клетками памяти. Эти клетки являются долгоживущими. Наличие популяций Т- и В-клеток памяти, а также долговременная продукция антител плазматическими клетками обеспечивают протективный иммунитет, защищающий от повторных инфекций.

Протективный иммунитет может быть как следствием перенесенной инфекции, так и результатом вакцинации. Продолжительность сохранения протективного иммунитета варьирует в зависимости от природы инфекционного агента. Существуют инфекции, против которых протективный иммунитет может сохраняться после вакцинации или перенесенной инфекции на протяжении многих лет. Наряду с ними существуют инфекции, против которых протективный иммунитет не развивается или очень непродолжителен (сифилис). Причина отсутствия протективного иммунитета кроется, как правило, в особенностях биологии возбудителя инфекции, предотвращающих развитие адекватного иммунного ответа.

Вопросы для самоконтроля к главе 4

1. Какие элементы включает иммунная система.
2. Перечислите основные функции и этапы формирования иммунной системы.
3. Перечислите признаки антигенов.
4. Назовите классы иммуноглобулинов (антител) и выполняемые ими функции.
5. Составьте перечень клеток, обладающих фагоцитарной активностью.
6. Охарактеризуйте реакции врожденного иммунитета.
7. Что такое протективный иммунитет?

Рекомендуемая литература

1. Безопасность жизнедеятельности / Занько Н. Г., Малаян К. Р., Русак О. Н. - 17-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 704 с.
2. Зазнобина Н.И. Экология человека: учеб. пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2021. - 169 с.
3. Медико-биологические основы безопасности. Охрана труда: учебник для вузов / О. М. Родионова, Е. В. Аникина, Б. И. Лавер, Д. А. Семенов. - 3-е изд. - Москва: Юрайт, 2025. - 599 с.
4. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Учебное пособие / И.В. Свитнев, Е.А. Харитонов, А.И. Лоскот [и др.]. - Москва: Русайнс, 2024. - 288 с.
5. Медико-биологические основы безопасности: учебное пособие для вузов / В. А. Колосов. - Москва: Юрайт, 2024. - 463 с.
6. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: курс лекций / Бердникова Л. Н. - Красноярск: КрасГАУ, 2019. - 205 с.
7. Новиков В.В., Добротина Н.А., Бабаев А.А. Иммунология: учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. - Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. - 212 с.

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебно-методическое пособие

Составители:

Владимир Адольфович Басуров
Наталья Ивановна Зазнобина

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»
603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.