

## Лекция 7 РАЗВИТИЕ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

1. Общая характеристика сенсорных систем.
2. Зрительная сенсорная система.
3. Особенности развития сенсорных систем у детей раннего и дошкольного возраста.

### 1. Общая характеристика сенсорных систем

**Постоянный анализ окружающего мира обеспечивается работой ряда механизмов и систем, которые называют сенсорными, или анализаторами.** Учение об анализаторах было создано И. П. Павловым. Анализатором Павлов считал совокупность нейронов, участвующих в восприятии раздражений, проведении возбуждения, а также анализе его свойств клетками коры большого мозга.

**Общий план организации сенсорных систем.** В составе сенсорной системы различают 3 отдела:

**периферический**, или рецепторный, состоящий из рецепторов, воспринимающих определенные сигналы, и специальных образований, представляющих собой органы чувств – глаз, ухо и др.;

**проводниковый**, включающий проводящие пути и подкорковые нервные центры;

**корковый** – области коры больших полушарий, которым адресуется данная информация.

Нервный путь, связывающий рецептор с корковыми клетками, обычно состоит из четырех нейронов: **первый**, чувствительный, **нейрон** расположен вне ЦНС – в спинномозговых узлах или узлах черепномозговых нервов (спиральном узле улитки, вестибулярном узле и др.); **второй нейрон** находится в спинном, продолговатом или среднем мозге; **третий нейрон** – в релейных (переключательных) ядрах таламуса;

**четвертый нейрон** представляет собой корковую клетку проекционной зоны коры больших полушарий.

## **2. ЗРИТЕЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА**

- 2.1. Оптическая система глаза и преломление света (рефракция).
- 2.2. Фоторецепция.
- 2.3. Функциональные характеристики зрения.

Зрительная сенсорная система – важнейший из органов чувств человека и большинства высших позвоночных животных. Через нее человек получает около 90 % информации о внешней среде. Не случайна поговорка «Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать».

Зрительная сенсорная система служит для восприятия и анализа световых раздражений. Глаз человека воспринимает световые лучи лишь в видимой части спектра – в диапазоне от 400 до 800 нм. Видим мы только при наличии света. Отвыкший от света, человек слепнет.

### **2.1. Оптическая система глаза и преломление света (рефракция)**

Зрительное восприятие – многозвеньевой процесс, начинающийся с проекции изображения на сетчатку глаза и возбуждения фоторецепторов и заканчивающийся принятием высшими отделами зрительной сенсорной системы решения о наличии в поле зрения того или иного зрительного образа. В связи с необходимостью наводить глаза на рассматриваемый объект, вращая их, природа создала у большинства видов животных шарообразную форму глазного яблока. На пути к светочувствительной оболочке глаза – сетчатке – лучи света проходят через несколько светопроводящих сред – роговицу, влагу передней камеры, хрусталик и стекловидное тело, назначение которых преломлять их и фокусировать в области расположения рецепторов на сетчатке, обеспечивать четкое изображение на ней.

Камера глаза имеет 3 оболочки. Наружная непрозрачная оболочка – склера, переходит спереди в прозрачную роговицу. Средняя сосудистая оболочка в передней части глаза образует ресничное тело и радужную оболочку, обуславливающую цвет глаз. В середине радужки имеется отверстие – зрачок, регулирующий количество пропускаемых световых лучей. Диаметр зрачка регулируется зрачковым рефлексом, центр которого находится в среднем мозге. Внутренняя сетчатая оболочка (сетчатка) содержит фоторецепторы глаза (палочки и колбочки) и служит для преобразования световой энергии в нервное возбуждение.

Основными преломляющими средами глаза человека являются роговица (обладает наибольшей преломляющей силой) и хрусталик, который представляет собой двояковыпуклую линзу. В глазу преломление света проходит по общим законам физики. Лучи, идущие из бесконечности через центр роговицы и

хрусталика (т.е. через главную оптическую ось глаза) перпендикулярно к их поверхности, не испытывают преломления. Все остальные лучи преломляются и сходятся внутри камеры глаза в одной точке – **фокусе**. Такой ход лучей обеспечивает четкое изображение на сетчатке, причем оно получается **уменьшенным и обратным** (рис. 26).

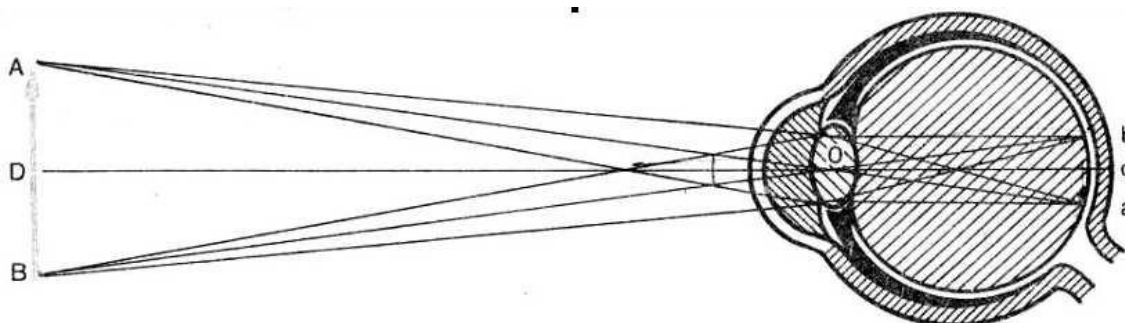


Рис. 26. Ход лучей и построение изображений в редуцированном глазу:  
 АВ – предмет; ab – его изображение; Dd – главная оптическая ось

**Аккомодация.** Для ясного видения предмета необходимо, чтобы лучи от его точек попадали на поверхность сетчатки, т.е. были здесь сфокусированы. Когда человек смотрит на далекие предметы, их изображение сфокусировано на сетчатке и они видны ясно. При этом близкие предметы видны неясно, их изображение на сетчатке расплывчато, т.к. лучи от них собираются за сетчаткой (рис. 27). Видеть одновременно одинаково ясно предметы, удаленные от глаза на разное расстояние, невозможно.

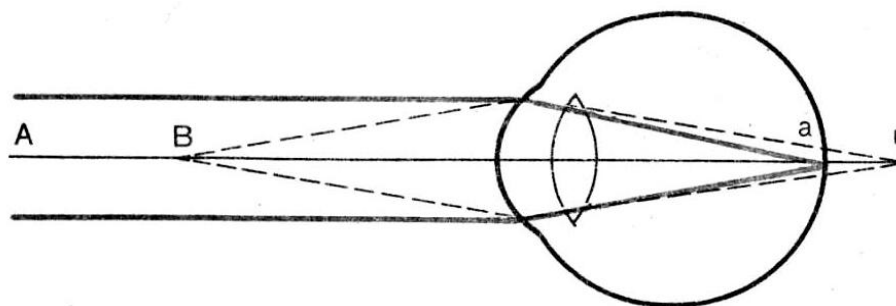


Рис. 27. Ход лучей от близкой и далекой точки:

От далекой точки А (параллельные лучи) изображение а получается на сетчатке при ненапряженном аккомодационном аппарате; при этом от близкой точки В изображение в образуется за сетчаткой

**Приспособление глаза к четкому видению различно удаленных предметов называется аккомодацией.** Этот процесс осуществляется за счет изменения кривизны хрусталика и, следовательно, его преломляющей способности. При рассматривании близких предметов хрусталик делается более выпуклым, благодаря чему лучи, расходящиеся от светящейся точки, сходятся

на сетчатке. При рассмотрении далеких предметов хрусталик становится менее выпуклым, как бы растягиваясь (рис. 28). **Механизм аккомодации сводится к сокращению ресничных мышц, которые изменяют выпуклость хрусталика.**

Существует две главные аномалии преломления лучей (рефракции) в глазу: близорукость и дальнозоркость. Они обусловлены, как правило, ненормальной длиной глазного яблока. В норме продольная ось глаза соответствует преломляющей силе глаза. Однако у 35 % людей имеются нарушения этого соответствия.

В случае врожденной близорукости продольная ось глаза больше нормы и фокусировка лучей происходит перед сетчаткой, а изображение на сетчатке становится расплывчатым (рис. 29). Приобретенная близорукость связана с увеличением кривизны хрусталика, возникающая, в основном, при нарушении гигиены зрения. В дальнозорком глазу, наоборот, продольная ось глаза меньше нормы и фокус располагается за сетчаткой. В результате изображение на сетчатке тоже расплывчато. Приобретенная дальнозоркость возникает у пожилых людей из-за уменьшения выпуклости хрусталика и ухудшения аккомодации. В связи с возникновением старческой дальнозоркости ближняя точка ясного видения с возрастом отодвигается (от 7 см в 7 – 10 лет до 75 см в 60 лет и более).

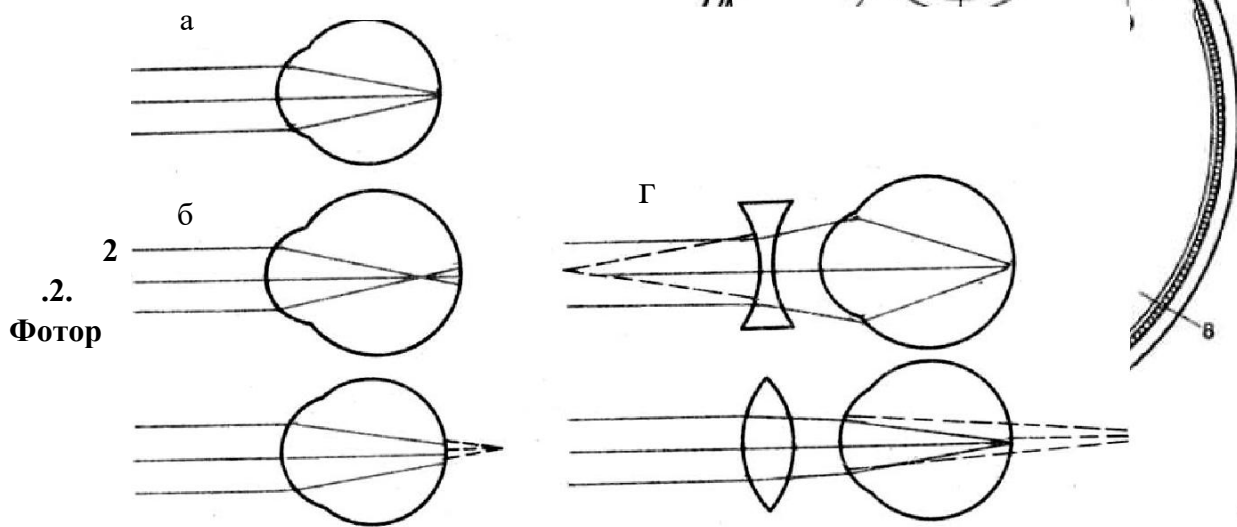
В

Д

**Рис. 28. Механизм аккомодации**  
(по Г. Гельмгольцу)

В левой половине хрусталик (7) уплощен при рассматривании далекого предмета, а справа он стал более выпуклым за счет аккомодационного усилия при рассматривании близкого предмета. 1 – склера; 2 – сосудистая оболочка;

3 – сетчатка; 4 – роговица; 5 – передняя камера; 6 – радужная оболочка; 7 – хрусталик; 8 – стекловидное тело; 9 – ресничная мышца, ресничные отростки и ресничные связки; 10 – центральная



**Рис. 29. Схема рефракции в  
нормальном (а), близоруком (б)  
и дальнозорком (в) глазу. Оптическая  
коррекция близорукости (г)  
и дальнозоркости (д)**

## ецепция

**Фоторецепция** – это процесс преобразования световых раздражений в нервное возбуждение, а фоторецепторы глаза (палочки и колбочки) – это высокоспециализированные клетки, преобразующие световые раздражения в нервный импульс. Палочки, рассеянные преимущественно по периферии сетчатки (их около 130 млн), и колбочки, расположенные преимущественно в центральной части сетчатки (их около 7 млн), различаются по своим функциям. Палочки обладают более высокой чувствительностью, чем колбочки, и являются органами сумеречного зрения. Они обеспечивают черно-белое (бесцветное) изображение. Колбочки представляют собой органы дневного зрения. Они воспринимают яркое освещение и обеспечивают цветное зрение.

У человека существует 3 вида колбочек: воспринимающие преимущественно **красный, зеленый и сине-фиолетовый цвет**. Разная их цветовая чувствительность определяется различиями в зрительном пигменте. Комбинации возбуждения этих приемников разных цветов дают ощущения всей гаммы цветовых оттенков, а равномерное возбуждение всех трех типов колбочек – ощущение белого цвета.

Трехсоставную теорию цветового зрения впервые высказал в 1756 г. М. В. Ломоносов. 100 лет спустя ее развил немецкий ученый Г. Гельмгольц, который не упомянул об открытии Ломоносова.

При нарушении функции колбочек наступает цветовая слепота (дальтонизм), человек перестает различать цвета, в частности, красный и зеленый цвет. Это заболевание отмечается у 8 % мужчин и у 0,5 % женщин.

### 2.3. Функциональные характеристики зрения

Важными характеристиками органа зрения являются острота и поле зрения. **Остротой зрения** называется способность различать отдельные объекты. Она измеряется минимальным углом, при котором две точки воспринимаются как отдельные, – примерно 0,5 угловой минуты. В центре сетчатки колбочки имеют более мелкие размеры и расположены гораздо плотнее, поэтому способность к пространственному различению здесь в 4 – 5 раз выше, чем на периферии сетчатки. Следовательно, **центральное зрение отличается более высокой остротой зрения, чем периферическое зрение**. Для детального разглядывания предметов человек поворотом головы и глаз перемещает их изображение в центр сетчатки.

Острота зрения зависит не только от густоты рецепторов, но и от четкости изображения на сетчатке, т.е. от преломляющих свойств глаза, от степени аккомодации, от величины зрачка. *В водной среде преломляющая сила роговицы снижается, т.к. ее коэффициент преломления близок к коэффициенту преломления воды. В результате под водой острота зрения уменьшается в 200 раз.*

**Поле зрения** называется часть пространства, видимая при неподвижном положении глаза. Для черно-белых сигналов поле зрения обычно ограничено строением костей черепа и положением глазных яблок в глазницах. Для цветных раздражителей поле зрения меньше, т.к. воспринимающие их колбочки находятся в центральной части сетчатки. Наименьшее поле зрения отмечается для зеленого цвета. При утомлении поле зрения уменьшается.

Человек обладает **бинокулярным зрением**, т.е. зрением двумя глазами. Такое зрение имеет преимущество перед монокулярным зрением (одним глазом) в восприятии глубины пространства, особенно на близких расстояниях (менее 100 м). Четкость такого восприятия

(глазомер) обеспечивается хорошей координацией движения обоих глаз, которые должны точно наводиться на рассматриваемый объект. В этом случае его изображение попадает на идентичные точки сетчатки (одинаково удаленные от центра сетчатки) и человек видит одно изображение.

Глазодвигательный аппарат имеет важное значение в восприятии скорости движения, которую человек оценивает либо по скорости перемещения изображения по сетчатке неподвижного глаза, либо по скорости движения наружных мышц глаза при следящих движениях глаза.

Изображение, которое видит человек двумя глазами, прежде всего определяется его ведущим глазом. **Ведущий глаз** обладает более высокой остротой зрения, мгновенным и особенно ярким восприятием цвета, более обширным полем зрения, лучшим ощущением глубины пространства. При прицеливании воспринимается лишь то, что входит в поле зрения этого глаза. В целом, восприятие объекта в большей мере обеспечивается ведущим глазом, а восприятие окружающего фона – неведущим глазом.

### 3. Особенности развития сенсорных систем у детей раннего и дошкольного возраста

Развитие сенсорных систем в основном происходит на протяжении дошкольного и младшего школьного возраста.

**Зрительная сенсорная система** особенно быстро развивается на протяжении первых 3-х лет жизни, затем ее совершенствование продолжается до 12 – 14 лет.

У детей первых 4 – 6 лет жизни глазное яблоко еще недостаточно выросло в длину. Хотя хрусталик глаза имеет высокую эластичность и хорошо фокусирует световые лучи, но изображение попадает за сетчатку, т. е. возникает детская дальнозоркость. В этом возрасте еще плохо различаются цвета (у новорожденных, например, число колбочек в 4 раза меньше, чем у взрослых). С учетом этих особенностей для детских игр и упражнений с предметом необходимо подбирать крупные и яркие предметы (кубики, мячи и пр.). В дальнейшем с возрастом проявления дальнозоркости уменьшаются, растет число детей с нормальной рефракцией. Однако уже в первые годы школьной жизни растет число близоруких детей из-за неправильной посадки при чтении, систематического рассматривании предметов на близком расстоянии от глаз. Близорукость появляется из-за того, что возникающее при этом напряжение глазодвигательных мышц, сводящих глаза на близком предмете, приводит к удлинению глазного яблока. В результате фокусировка лучей происходит перед сетчаткой, вызывая развитие близорукости.

Большое значение для улучшения зрительной функции имеет эмоциональный характер занятий с детьми, использование различных игр. Острота зрения постепенно повышается у детей: в 1 год – 0,1; в 2 года – 0,4; в 4 года – 0,7; в 5 лет – 0,9 и к 7 – 8 годам она достигает нормальной величины взрослого человека – 1,0. В процессе игры острота зрения у детей повышается на 30%.

Зрительные сигналы играют ведущую роль в управлении двигательной деятельностью ребенка на протяжении первых 6 лет жизни. Однако обработка зрительных сигналов мозгом еще несовершенна. Она в основном ограничена анализом отдельных признаков предмета, происходящим в зрительных центрах затылочной области коры и генерализованным распространением этой информации на другие центры коры.

**Слуховая сенсорная система** ребенка имеет важнейшее значение для развития речи, обеспечивая не только восприятие речи посторонних лиц, но и играя формирующую роль системы обратной связи при собственном произношении слов. Именно в диапазоне речевых

частот (1000 – 3000 Гц) наблюдается наибольшая чувствительность слуховой системы. Ее возбудимость на словесные сигналы особенно заметно повышается в возрасте 4 лет и продолжает увеличиваться к 6 – 7 годам. У детей особенно широк диапазон слышимых звуков – от 16 до 22 000 Гц.

Слуховая сенсорная система, анализируя продолжительность звуковых сигналов, темпа и ритма движений, участвует в развитии чувства времени, а благодаря наличию двух ушей (бинауральный слух) – включается в формирование пространственных представлений ребенка.

**Двигательная сенсорная система** созревает у человека одной из первых. Формирование проприорецепторов – мышечных веретен и сухожильных рецепторов начинается уже со 2 – 4 месяца внутриутробного развития и продолжается после рождения до 4 – 6 лет. Подкорковые отделы двигательной сенсорной системы созревают раньше, чем корковые: к возрасту 6 – 7 лет объем подкорковых образований увеличивается до 98% от конечной величины у взрослых, а корковых образований – лишь до 70 – 80%.

К 12 – 14- летнему возрасту развитие двигательной сенсорной системы достигает взрослого уровня. Повышение мышечной чувствительности может происходить и далее – до 16 – 20 лет, способствуя тонкой координации мышечных усилий.

**Вестибулярная сенсорная система** является одной из самых древних сенсорных систем организма и в ходе онтогенеза она развивается также довольно рано.

Рефлексы с вестибулярных рецепторов хорошо выражены на протяжении первого года после рождения ребенка. С возрастом у ребенка анализ вестибулярных раздражений совершенствуется, а возбудимость вестибулярной сенсорной системы понижается, и это уменьшает проявление побочных моторных и вегетативных реакций. При этом многие дети проявляют высокую вестибулярную устойчивость к вращениям и поворотам. Раннее возникновение контактов вестибулярной сенсорной системы с моторной системой и с другими сенсорными системами позволяет ребенку к 2 – 3 годам освоить основной фонд движений и начинать занятия физическими упражнениями с первых же лет жизни – плаванием с первых недель жизни, гимнастикой и фигурным катанием с 3 – 4 лет и т.п.

Уже во время внутриутробного развития и с первых дней жизни у ребенка имеется **кожная чувствительность**, которая обеспечивается тактильной, болевой и температурной рецепцией.

**Тактильная чувствительность** увеличивается с ростом двигательной активности ребенка и достигает максимальных значений к возрасту 10 лет.

**Болевая рецепция** представлена уже у новорожденных, особенно в области лица, но в раннем возрасте она еще недостаточно совершенна. С возрастом она улучшается. Пороги болевой чувствительности снижаются от грудного возраста до 6 лет в 8 раз.

У детей первых лет жизни обнаруживаются различия реакций на охлаждение тела. Так, у детей в возрасте 3 – 6 лет при повышенной тревожности, развитии невротических состояний, вегетодистонии отмечены случаи плохой адаптируемости к охлаждению (по изменениям экстероцептивных рефлексов, двигательной активности, времени реакции, умственной работоспособности и пр. показателям). При проведении закаливания у таких детей терморегуляция ухудшается, что требует особой осторожности.

**Вкусовые и обонятельные** ощущения, хотя имеются уже с первых дней жизни, но они еще непостоянны и неточны, часто бывают неадекватны раздражителям, носят обобщенный характер. Чувствительность этих сенсорных систем заметно повышается к возрасту 5 – 6 лет у дошкольников и в младшем школьном возрасте практически достигает взрослых значений. Время реакции на вкусовые раздражения сокращается почти в 10 раз (от 2 – 3 с у новорожденных до 0,3 – 0,6 с в 9 – 10 лет).



### Вопросы к коллоквиуму и для самоконтроля

1. Перечислите светопреломляющие среды глаза. Какие из них основные?
2. Что называют главной оптической осью глаза?
3. Что такое фокус?
4. Что называют аккомодацией? Чем она обеспечивается?
5. Чем обусловлены близорукость и дальнозоркость?
6. Какой процесс называют фоторецепцией? Опишите механизм восприятия света.
7. Какие фоторецепторы Вы знаете? Дайте их характеристику.
8. Как можно объяснить цветное зрение?
9. Объясните преимущества бинокулярного зрения.
10. Что называют остротой зрения, полем зрения?