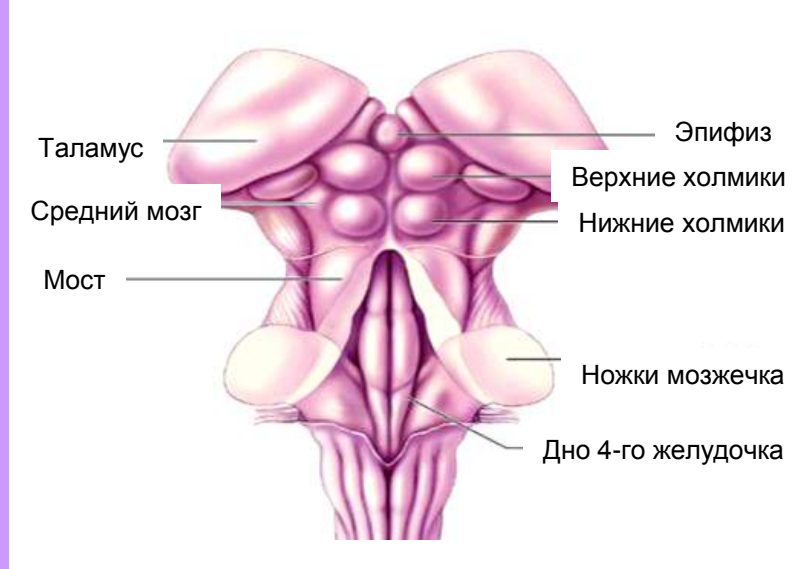
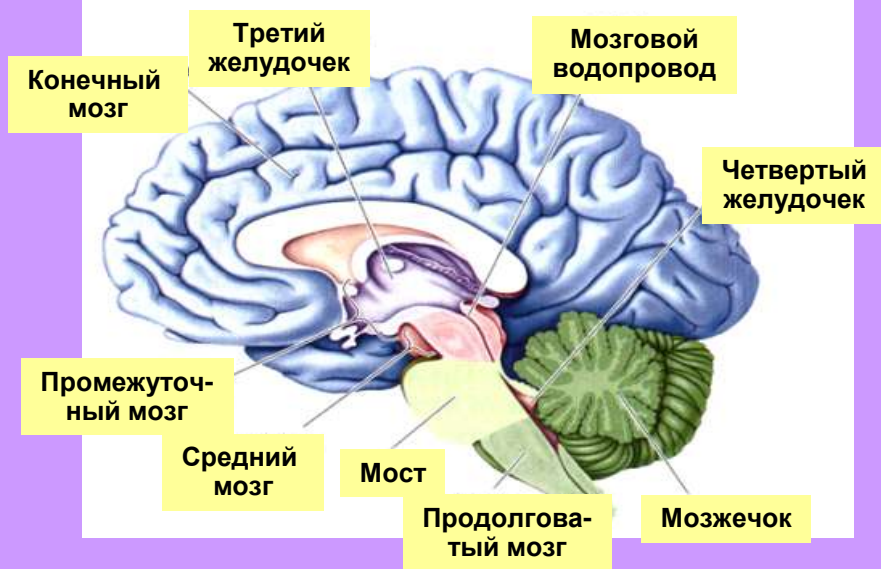


Физиология ЦНС.

Лектор: профессор кафедры физиологии человека и животных биологического ф-та
МГУ имени М.В. Ломоносова,
д.б.н. **Дубынин Вячеслав Альбертович**

Лекция 10. Продолговатый мозг и мост: дыхательный и сосудодвигательный центры; проведение вкусовых, слуховых и вестибулярных сигналов. Центры сна и бодрствования, стадии сна. Средний мозг и ориентировочный рефлекс. Экстрапирамидные тракты. Гипоталамус и терморегуляция.

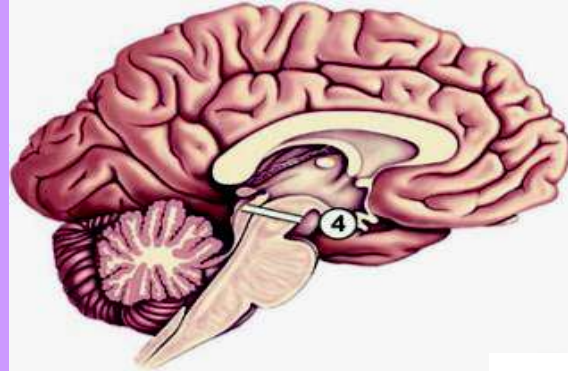


Продолговатый мозг и мост выполняют ряд **«жизненно важных»** функций и содержат:

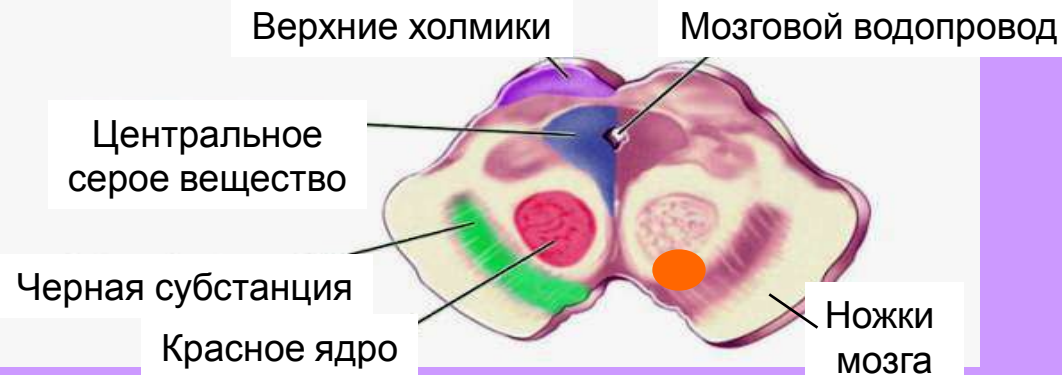
- дыхательный и сосудодвигательный центры;
- центры, обеспечивающие врожденное пищевое поведение (вкусная чувствительность, сосание, глотание, слюноотделение и др.);
- ряд двигательных центров, связанных с мозжечком;
- слуховые и вестибулярные ядра; центры сна и бодрствования и др.

Центральная часть – ретикулярные ядра (ретикулярная формация – РФ);
окружена ядрами, связанными с **V-XII черепными нервами** и рядом других структур (голубое пятно, нижняя олива и т.д.).

ЦСВ –
продолжение РФ
продолговатого
мозга и моста,
главный центр
сна; управляет
входящими в
состав РФ
ядрами шва.

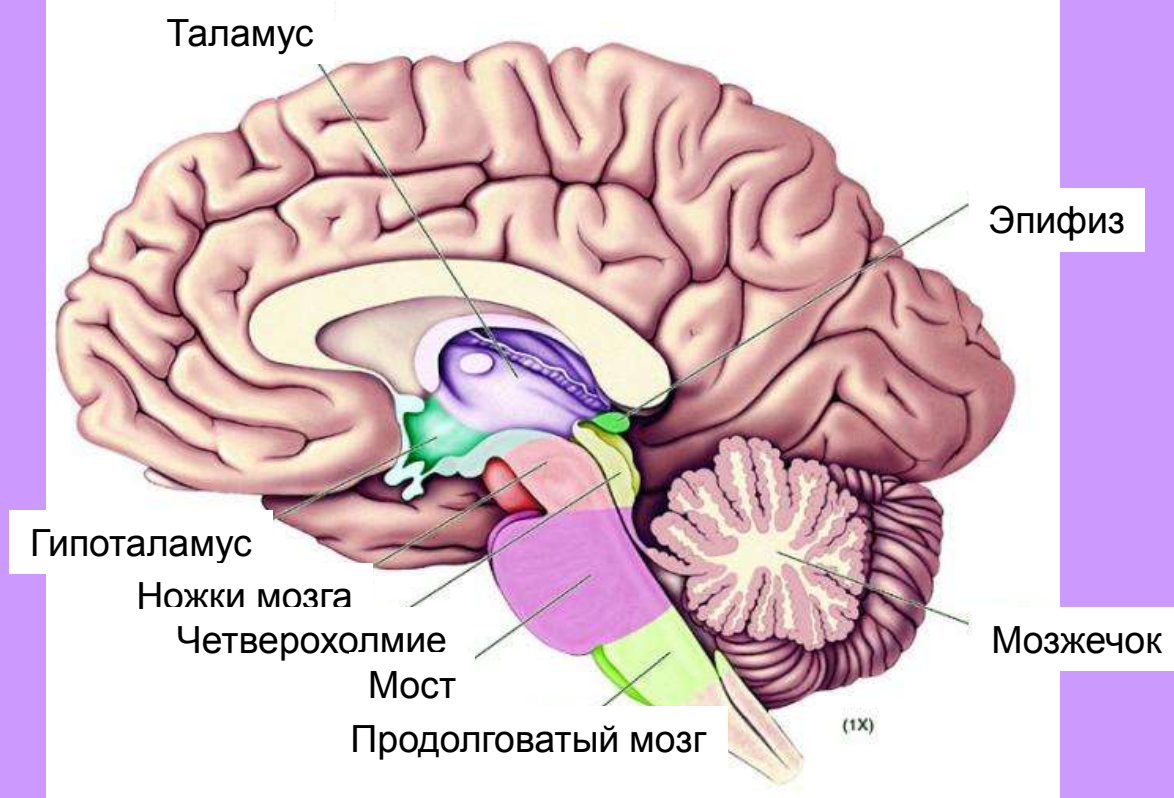


Средний мозг:
четверохолмие, центральное
серое вещество (ЦСВ),
красное ядро, черная
субстанция, покрывка.



Четверохолмие – анализ сенсорных сигналов, запуск реакции на новые стимулы (ориентировочн. рефлекс – поворот глаз, головы, всего тела в сторону источника сигнала).

Красное ядро и черная субстанция – двигательные центры; **покрывка** (вентральные ядра) содержит DA-нейроны, аксоны – к коре и прилежащему ядру (один из важнейших центров положит. эмоций).



Промежуточный мозг:
гипофиз и эпифиз (эндокринные железы); таламус, гипоталамус, субталамус.

Гипоталамус является главным центром эндокринной и вегетативной регуляции, а также главным центром биологических потребностей (и связанных с ними мотиваций, эмоций).

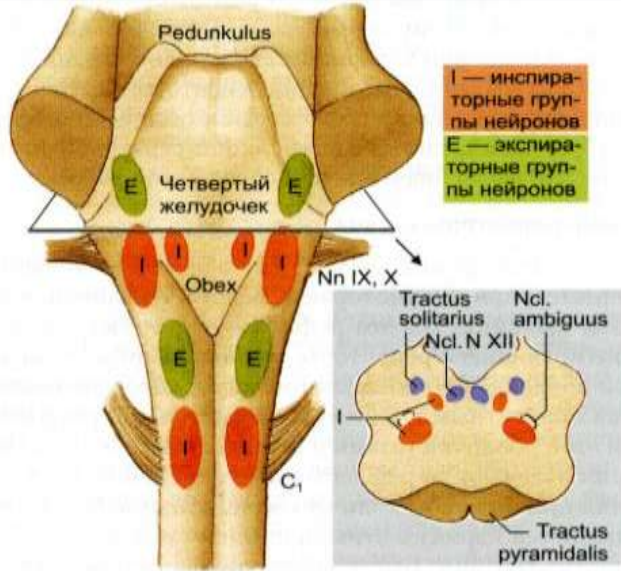
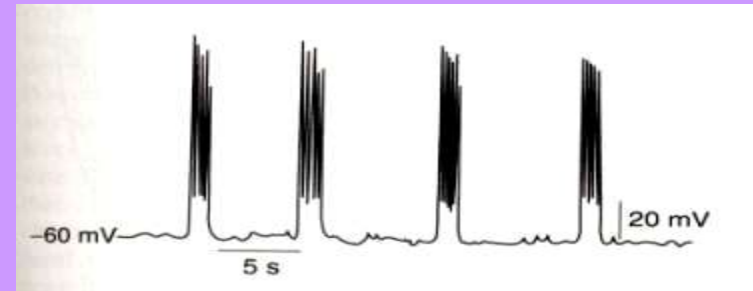


Рис. 73.1. Распределение респираторных нейронов в стволе мозга. Слева: вид на medulla oblongata после отделения малого мозга. Инспираторные (I, оранжевые) и экспираторные (E, зеленые) нейронные группы и их приблизительное расположение. В действительности они находятся внутри ретикулярной формации и их трудно отграничить. Справа: поперечный срез на данном уровне с инспираторными нейронными группами. Nn. IX, X — места выхода nn. Glossopharyngeus и Vagus. Ncl. N XII — ядра подязычного нерва

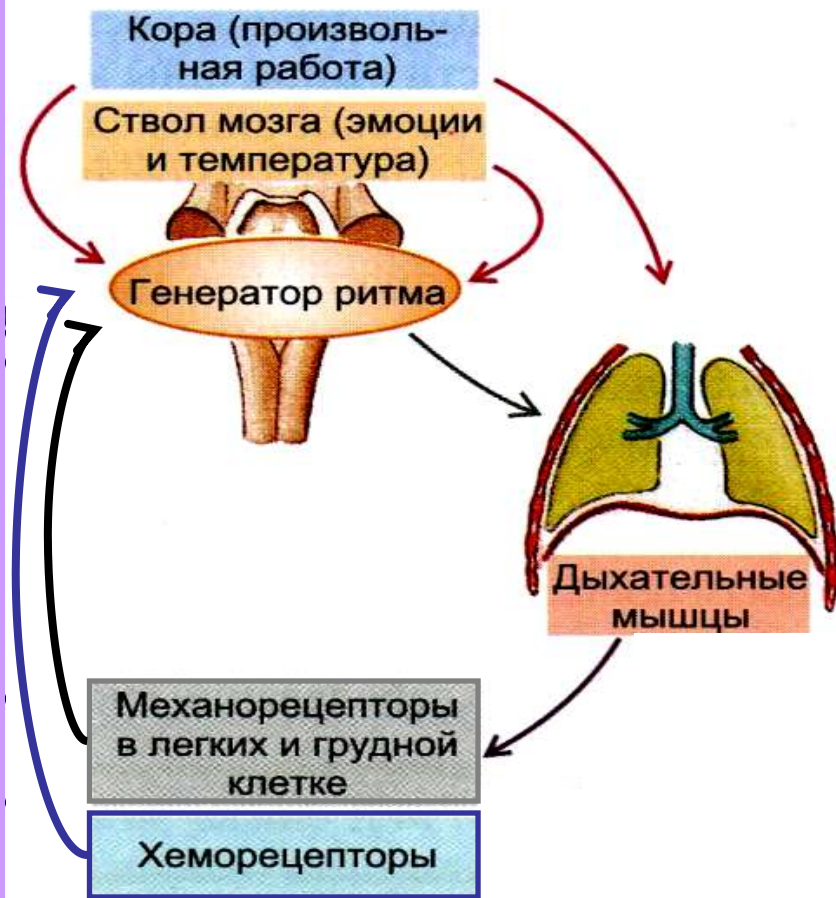
Схема расположения дыхательных нейронов продолг. мозга и моста:

**I – инспираторные (вдох),
E – экспираторные (выдох).**

Среди нейронов вдоха ключевую роль играют клетки-пейсмекеры, находящиеся в ядрах нижней части ромбовидной ямки. Врожденно обусловленная частота их активации у человека: ~ 1 волна в 5 сек (12 раз в мин = частота дыхания во сне).



От клеток-пейсмекеров (генераторов ритма) ПД передаются к другим дыхат. нейронам и мотонейронам шейных и грудных сегментов спинного мозга, запускающим сокращение диафрагмы и межреберных мышц.



Возможен, кроме того, произвольный контроль дыхания.

Вдох приводит к постепенному растяжению легких и стенок грудной клетки. Растяжение активирует особые механорецепторы (отростки чувствительных нервных клеток, входящие в состав X нерва), передающие сигнал в продолговатый мозг и мост.

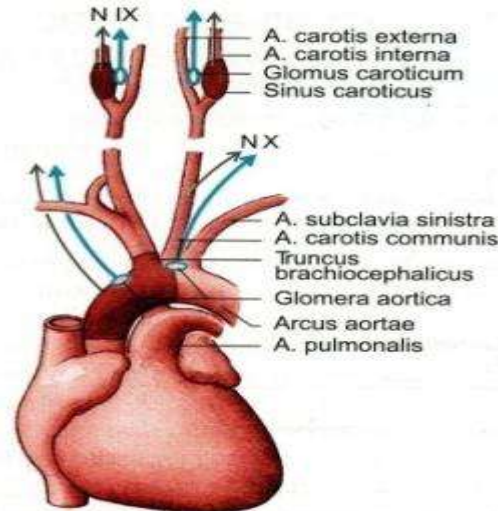
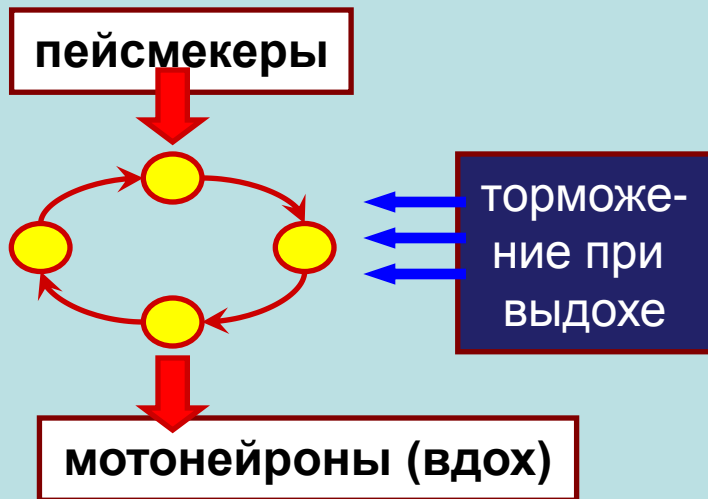
Этот сигнал тормозит инспираторные и включает экспираторные нейроны (вдох сменяется выдохом). После выдоха возникает пауза (до нового включения пейсмекеров).

На частоту работы пейсмекеров (долю постоянно открытых Na^+ и K^+ -каналов) влияют сигналы от хеморецепторов и структур ЦНС. Хеморецепторы: концентрация O_2 и CO_2 в крови; влияния ЦНС: эмоции (голубое пятно), температура (гипоталамус), центры бодрствования, боль, стресс и др.

Еще о дыхательных центрах:




инспираторные нейроны – это не только пейсмекеры, но и клетки, «зацикливающие» ПД по замкнутому контуру, что дает возможность оказывать на мотонейроны стабильное активирующее действие;

- хеморецепторы CO_2 (и H^+) представляют собой нейроны на дне ромбовидной ямки; активируются в основном при физической нагрузке;
- хеморецепторы O_2 расположены в каротидном синусе (область разветвления на наружную и внутреннюю сонные артерии); важны, например, при подъеме в горы (на высоте 5 км воздуха в 2 раза меньше);
- пробуждение приводит к активации пейсмекеров центрами бодрствования, и частота дыхания возрастает до 16-18/мин; при эмоциях и физической нагрузке – до 30-40/мин.



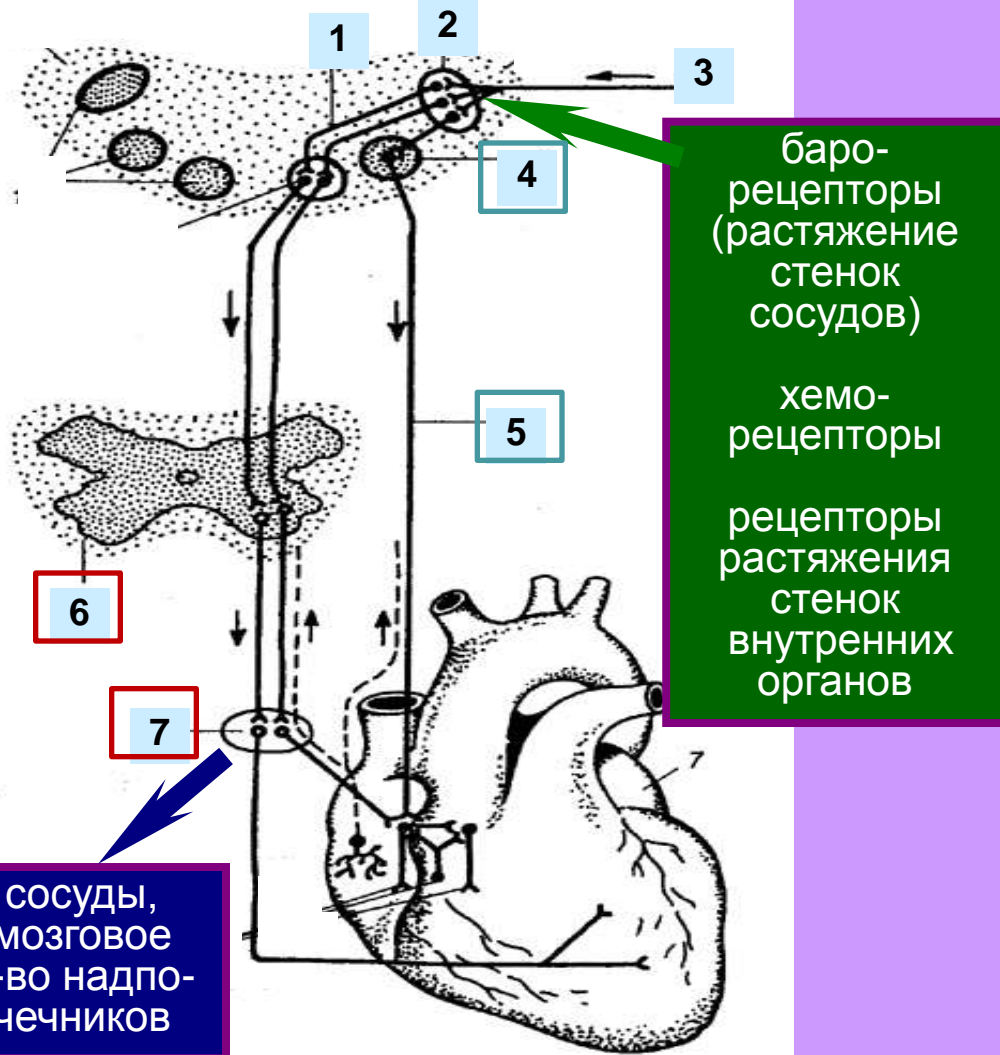
Передача информации о содержании O_2 в крови идет по волокнам IX нерва (кроме того, на схеме показана область, где расположены рецепторы растяжения аорты; сигнал идет по волокнам X нерва).

Дыхательная кривая (объем грудной клетки) в норме, при метаболическом ацидозе («закислении») и некоторых видах патологии.

Тип дыхания	Кривая дыхания	Причина
Нормальное дыхание		
Дыхание Чейн-Стокса		Гипоксия во сне, отравление (а, б)
Дыхание Биота		Повреждение мозга, повышение внутричерепного давления
Дыхание Куссмауля		Нереспираторный (метаболический) ацидоз (а)
Гаспинг		Недоношенность, повреждение мозга (б)

Продолговатый мозг и мост: центры кашля, чихания, задержки дыхания при погружении в воду (оборонительные реакции).

Нестабильная работа пейсмекеров (а), ненадежность «заикливания» ПД в центрах вдоха (б)



Нервная регуляция сердечных сокращений:

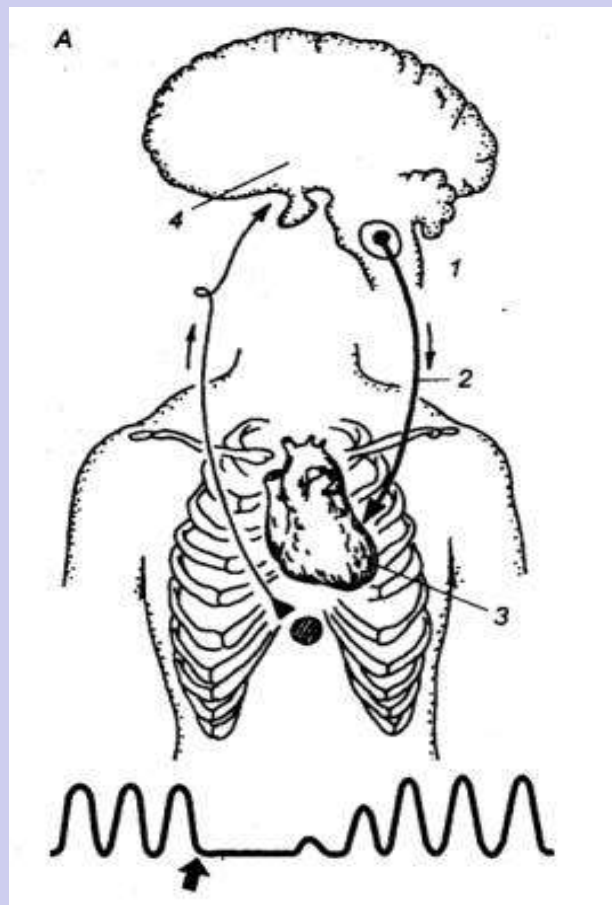
1, 2 – сосудодвигательный центр продолговатого мозга и моста и поступающие из него команды;

3 – регулирующие влияния гипоталамуса, больших полушарий и других структур ЦНС, а также рецепторов;

4, 5 – блуждающий нерв, его ядра и их парасимп. влияния;

6, 7 – симпатические эффекты (спинной мозг и ганглии): более обширные проекции. Параллельно развивается влияние симпатической нервной системы на сосуды (сужение) и мозговое вещество надпочечников (выброс адреналина).

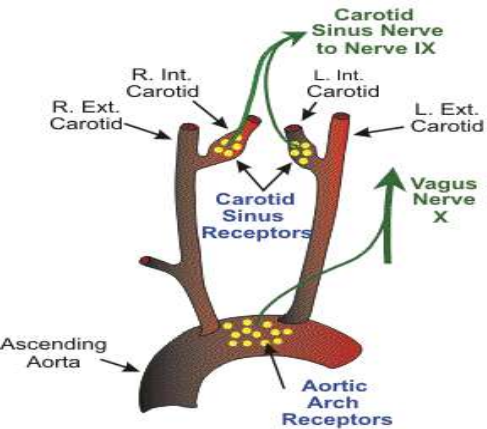
Рефлекс Гольтца



Реакции возникают за счет распространения сигналов от рецепторов растяжения (например, брыжейки) и болевых рецепторов к парасимпатическим центрам продолговатого мозга
(замедление и даже остановка работы сердца показаны на нижней кривой)

Рефлекс Даньини-Ашнера



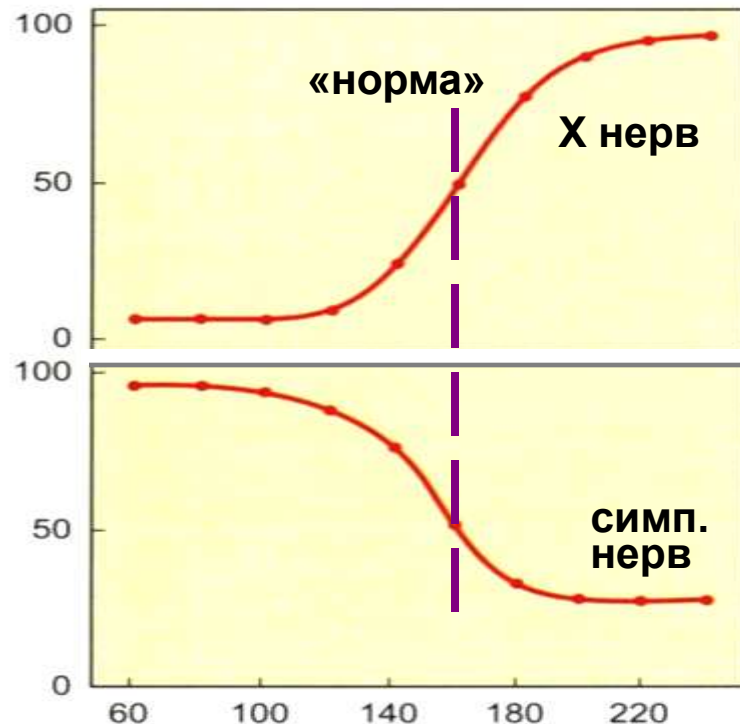


Еще один рефлекс запускается избыточным растяжением стенок предсердий (если желудочки не успевают откачивать кровь): происходит усиление работы сердца.

Барорецепторный рефлекс – компенсаторная реакция на изменение растяжения стенок дуги аорты и каротидного синуса.

Если давление оказывается ниже нормы (у собаки около 160 мм рт.ст.), то активируется симпатическая система, тормозится парасимпатическая, и сердце начинает биться чаще и сильнее; если давление выше нормы – наоборот.

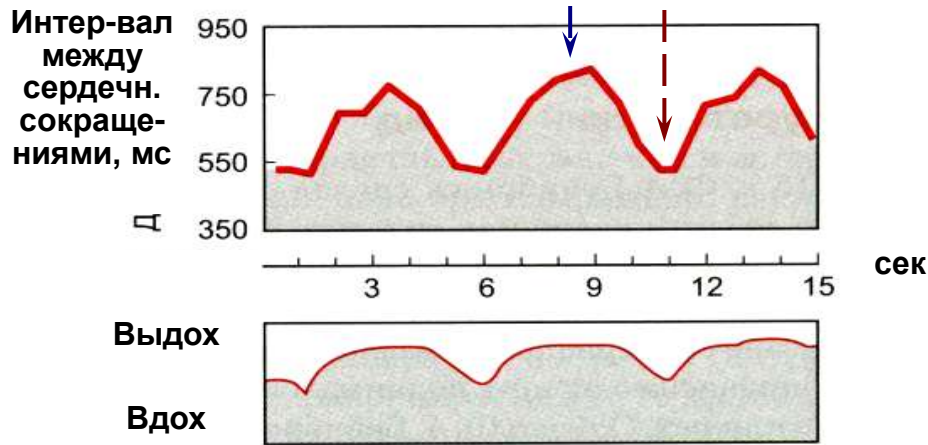
Активность симпатического нерва, % от максимальной



Пример: быстро встать из положения лёжа. Массаж каротидного синуса способен снизить давление.

вдох – рост ЧСС

выдох – снижение ЧСС



Дыхательная синусная аритмия у собаки, находящейся в состоянии покоя без анестезии. Обратите внимание, что длина сердечного цикла увеличивается во время выдоха и уменьшается во время вдоха (с изменениями из Warner M.R., de Tarnowsky J.M.,

Дыхат. аритмия есть уже у рыб – сопряжение работы сердца с ритмом движения жаберных крышек. При глубок. выдохе – падение ЧСС на 3-5 уд/мин.

Дыхательной аритмии подвержена активность как симпатических, так и парасимпатических нервов, однако только действие Ацх развивается и прекращается достаточно быстро (благодаря Ацх-эстеразе); эффекты NE «не успевают» за дыхательным ритмом. Т.о., выраженность дыхат. аритмии – показатель активности парасимпатической системы.

Дыхательная аритмия: результат влияния дыхат. центра на сосудодвигательный на примере частоты сердечных сокращений (ЧСС) собаки. Во время вдоха интервал между сокращениями сердца уменьшается (ЧСС растет); во время выдоха – наоборот.

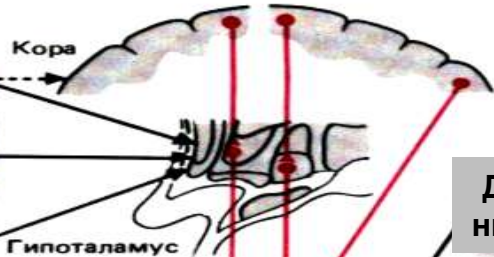
Сверхаритмия у новорожденных – признак незрелости сосудодвиг. центра; нужны ноотропы, а не сердечные препараты...

5

Эмоции

Боль и другие сенсорные раздражители

Температура тела



4

Дыхательные центры

Средний мозг

Продолговатый мозг

Сосудодвигательный центр

Барорецепторы (артериальные и венозные)

1

Хеморецепторы
 $PO_2 \downarrow$ ($PCO_2 \uparrow$ $H^+ \uparrow$)

2

↑ Стимуляция
↓ Торможение

Сердце

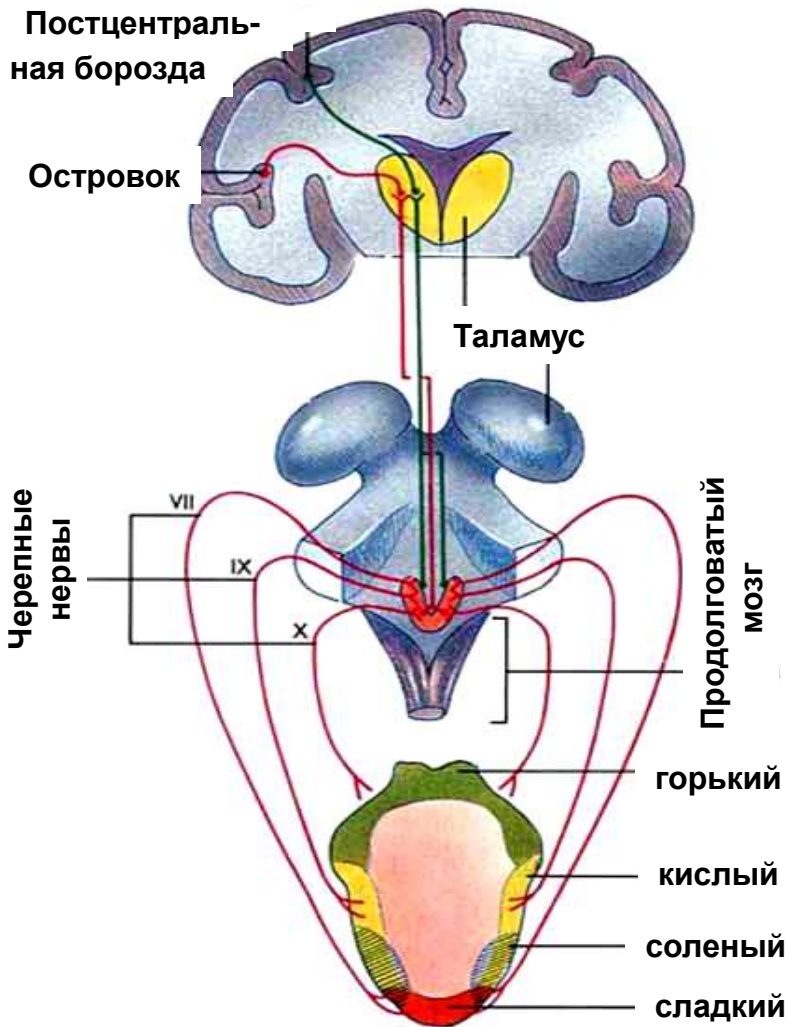
Артерии

Вены

Мозговое вещество надпочечников

Основные связи сосудо-двигательного центра продолговатого мозга и моста (на выходе показаны только симпатические эффекты):

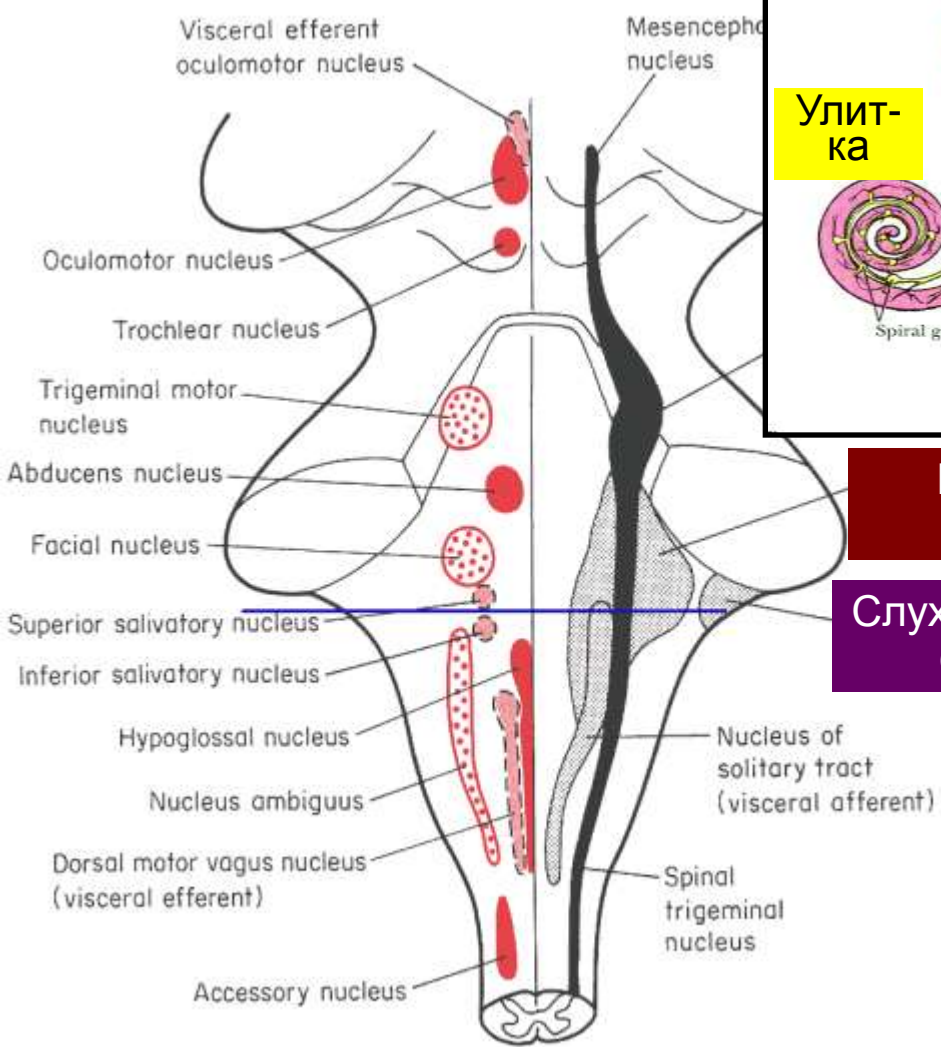
1. Барорецепторы сосудов. Периферические (2) и центральные (3) хеморецепторы.
4. Дыхательные центры.
5. Влияния гипоталамуса (терморегуляция, боль и другие врожденно значимые стимулы, эмоции) и коры больших полушарий (переключаются через гипоталамус и средний мозг; эмоции, связанные с оценкой ситуации как потенциально значимой, опасной и т.п.; центр таких эмоций – поясная изв.).



Вкусовые центры продолговатого мозга и моста (сигналы от языка VII и IX н.; от глотки – X н.):
в зависимости от «хорошего» и «плохого» вкуса запускаются пищевые либо оборонительные реакции.

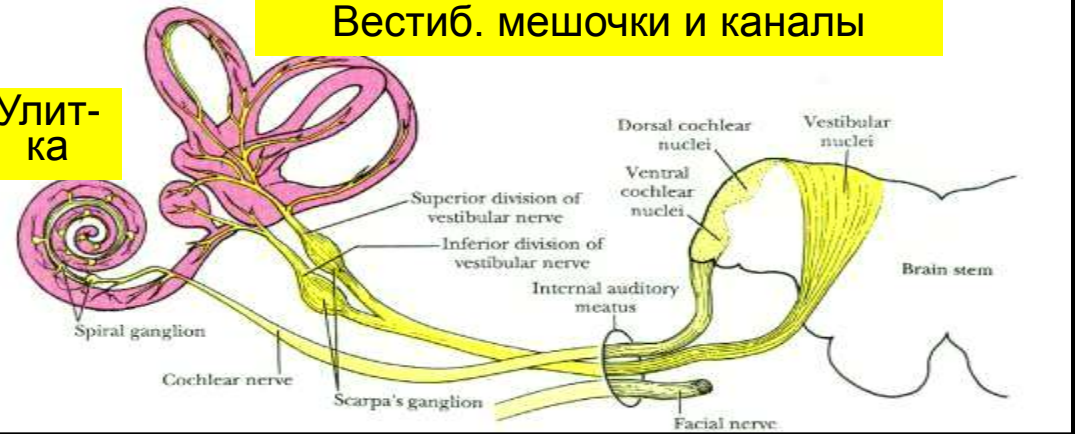
«Хороший» вкус (рецепторы глюкозы и Glu; биологически полезные вещества): сосание, жевание, глотание, выделение желудочного сока и «густой» слюны с пищеварительными ферментами (парасимпатическая реакция).

«Плохой» вкус (рецепторы горького – растительные токсины; избыток кислого и соленого): выплевывание, плач, рвота, выделение большого количества жидкой слюны (симпатическая реакция).



Вестиб. мешочки и каналы

Улит-
ка



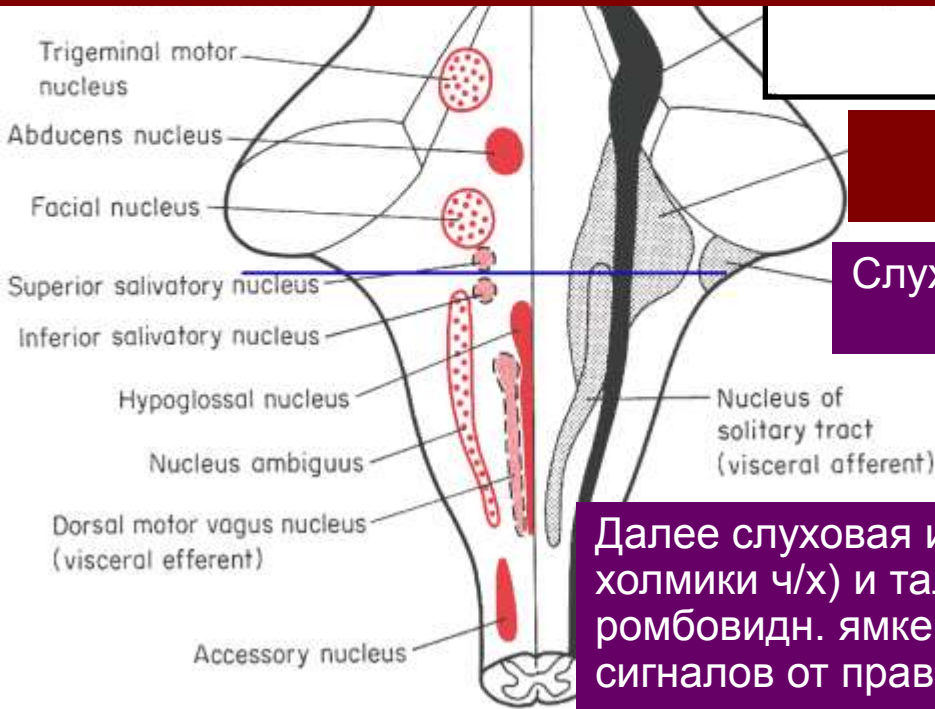
Вестибулярные ядра: информация от мешочков и полукружных каналов

Слуховые ядра: от улитки

Вестибулярные и слуховые ядра – по углам ромбовидной ямки; вестиб. ядра медиальнее, как эволюционно более древние.

Вестибулярная информация (информация о положении тела в пространстве) необходима для оперативной коррекции движений; в связи с этим она очень быстро расходится по 4-м направлениям:

- через таламус в кору (управление произвольными движениями);
- в мозжечок (управление автоматизированными движениями);
- в глазодвигательные центры среднего мозга;
- в спинной мозг (вестибуло-спинальные тракты).



Вестибулярные ядра: информация от мешочков и полукружных каналов

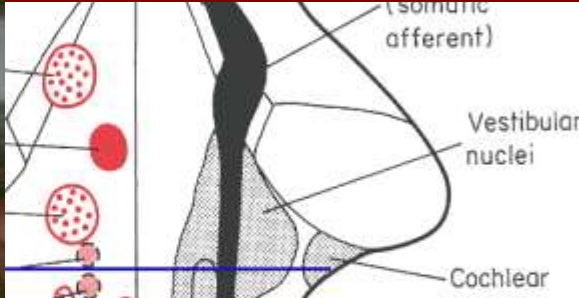
Слуховые ядра: от улитки

Вестибулярные и слуховые ядра – по углам ромбовидной ямки; вестиб. ядра медиальнее, как эволюционно более древние.

Далее слуховая информация идет в средний мозг (нижние холмики ч/х) и таламус; у дельфинов и летучих мышей в ромбовидн. ямке – центры эхо-локации; у нас – сравнение сигналов от прав. и лев. уха, определения направления на источник звука.

Вестибулярная информация (информация о положении тела в пространстве) необходима для оперативной коррекции движений; в связи с этим она очень быстро расходится по 4-м направлениям:

- через таламус в кору (управление произвольными движениями);
- в мозжечок (управление автоматизированными движениями);
- в глазодвигательные центры среднего мозга;
- в спинной мозг (вестибуло-спинальные тракты).

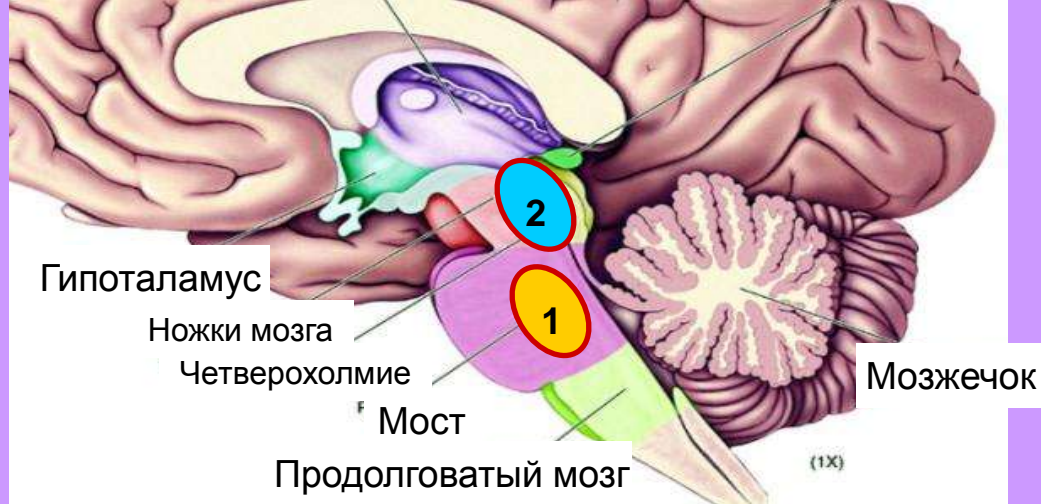


Nucleus ambiguus
Dorsal motor vagus nucleus
(visceral efferent)
Accessory nucleus

В последнем случае возможен запуск ряда врожденных рефлексов:

ровная установка головы («ребенок начинает держать голову», органы зрения и слуха приводятся в оптимальное положение);

экстренное распрямление конечностей при потере равновесия (рассчитан на четвероногих; у человека рефлекторное разгибание рук при падении увеличивает вероятность травмы);
другие разгибат. движения (например, при локомоции).

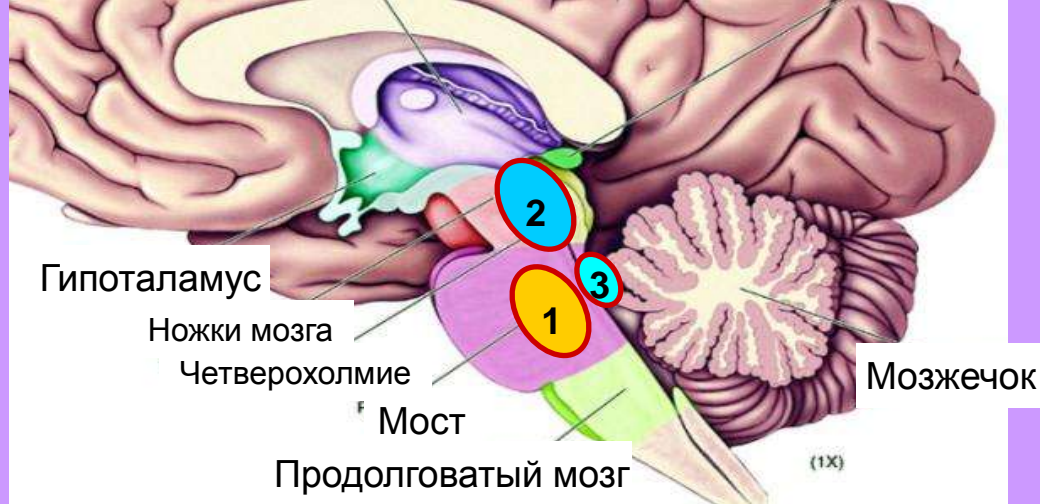


Центры сна и бодрствования.

Эволюционно очень древние, постоянно конкурируют друг с другом, учитывают значительное число факторов (прежде всего, сенсорных).

1. Главный центр бодрствования: ретикулярные ядра моста; сюда поступает часть информации от всех сенсорных систем; далее происходит оценка общего уровня «сенсорного давления» на ЦНС, и чем оно больше, тем мозг активнее (нас будит сигнал, поступивший от любой сенсорной системы); аксоны (в т.ч. Ацх) расходятся по всей ЦНС, задавая ее тонус («блок питания» мозга); в тихом и темном месте, а также при торможении сенсорных потоков с помощью агонистов ГАМК мы засыпаем.

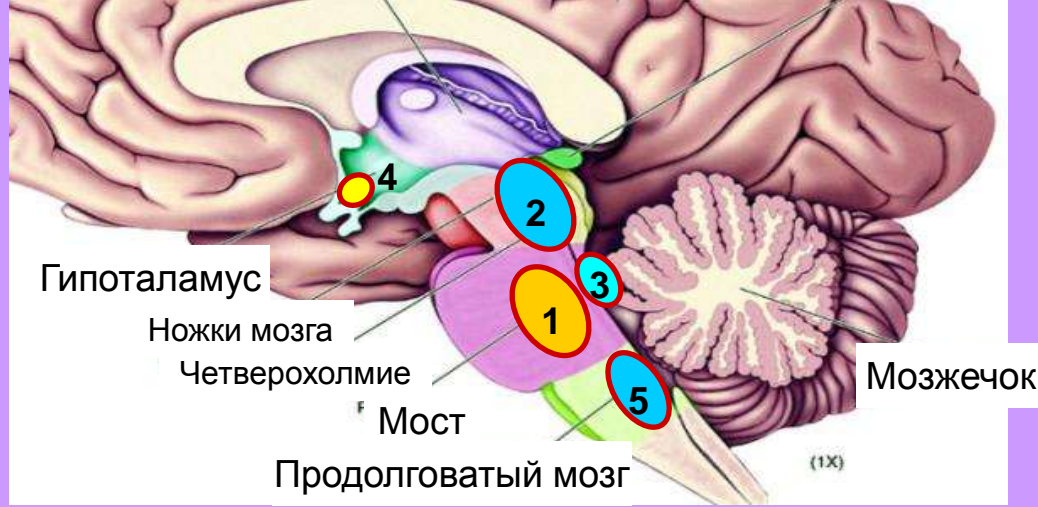
2. Главный центр сна: центральное серое вещество среднего мозга и ядра шва (5-НТ); аксоны нейронов ядер шва также расходятся по всей ЦНС, снижая ее тонус и тормозя, в числе прочего, центры бодрствования. Торможение коры происходит за счет снижения активности Glu-нейронов таламуса, чьи аксоны идут в большие полушария.



3. Голубое пятно: вспомогательный центр бодрствования, получив сигнал из [1], тормозит [2] за счет выделения NE. При стрессе, приближении потенциально опасной ситуации трудно заснуть (*ответственный экзамен, поездка, соревнования...*)

1. **Главный центр бодрствования**: ретикулярные ядра моста; сюда поступает часть информации от всех сенсорных систем; далее происходит оценка общего уровня «сенсорного давления» на ЦНС, и чем оно больше, тем мозг активнее (нас будит сигнал, поступивший от любой сенсорной системы); аксоны (в т.ч. Ацх) расходятся по всей ЦНС, задавая ее тонус («блок питания» мозга); в тихом и темном месте, а также при торможении сенсорных потоков с помощью агонистов ГАМК мы засыпаем.

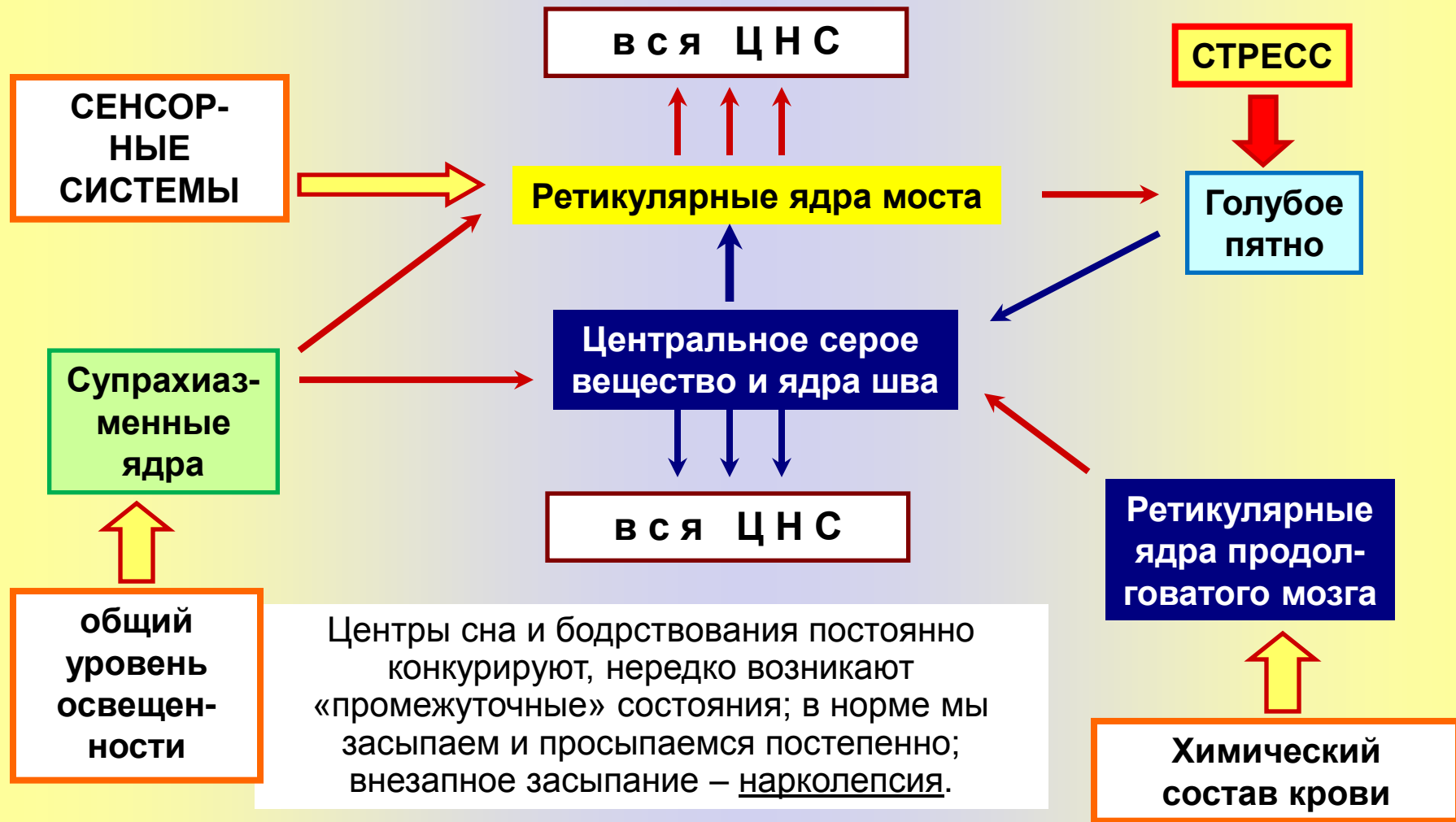
2. **Главный центр сна**: центральное серое вещество среднего мозга и ядра шва (5-HT); аксоны нейронов ядер шва также расходятся по всей ЦНС, снижая ее тонус и тормозя, в числе прочего, центры бодрствования. Торможение коры происходит за счет снижения активности Glu-нейронов таламуса, чьи аксоны идут в большие полушария.



3. Голубое пятно: вспомогательный центр бодрствования, получив сигнал из [1], тормозит [2] за счет выделения NE. При стрессе, приближении потенциально опасной ситуации трудно заснуть (*ответственный экзамен, поездка, соревнования...*)

4. Супрахиазмальные ядра переднего гипоталамуса: находятся напротив перекреста зрительных нервов, получают информацию об общем уровне освещенности и настраиваются на суточный ритм («биологические часы»; часть нейронов активны днем и влияют на [1], часть – ночью и влияют на [2], намекая, что пора спать). В яркой форме эффект «биологич. часов» проявляется при резкой смене часового пояса. *В основе поддержания суточного ритма – медленные цепи внутриклеточных химических реакций.*

5. Вспомогательный центр сна – ретикулярные ядра продолговатого мозга: реакция на химический состав крови, появление аденозина и других «отходов обмена веществ», токсинов (при заболеваниях и отравлениях), рост концентрации инсулина и глюкозы (после еды хочется спать); оказывает постоянное возбуждающее действие на [2].



Но все еще сложнее, и во время сна выделяют стадии (на основе анализа ЭЭГ):

Бодрствование:

альфа-ритм – 10-12 Гц,

бета-ритм – 15-30 Гц.

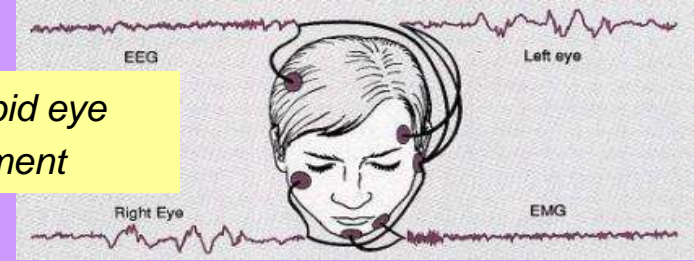
Стадия 1: появление тета-ритма – 4-8 Гц.

Стадия 2: сонные веретена и К-комплексы.

Стадии 3 и 4: все более медленный дельта-ритм – 1-3 Гц.

REM-сон: «бодрствующая» ЭЭГ.

REM: rapid eye movement



СНЫ – «окно в бессознательное», «дефрагментация диска», продолжение ментальных процессов в ином состоянии (творческие сны, вещие сны и т.п.).

Если лишать REM-сна, то человек не высыпается, а на следующую ночь «добирает» REM-сон. Развитый REM-сон – только у млекопитающих.

Бодрствование:

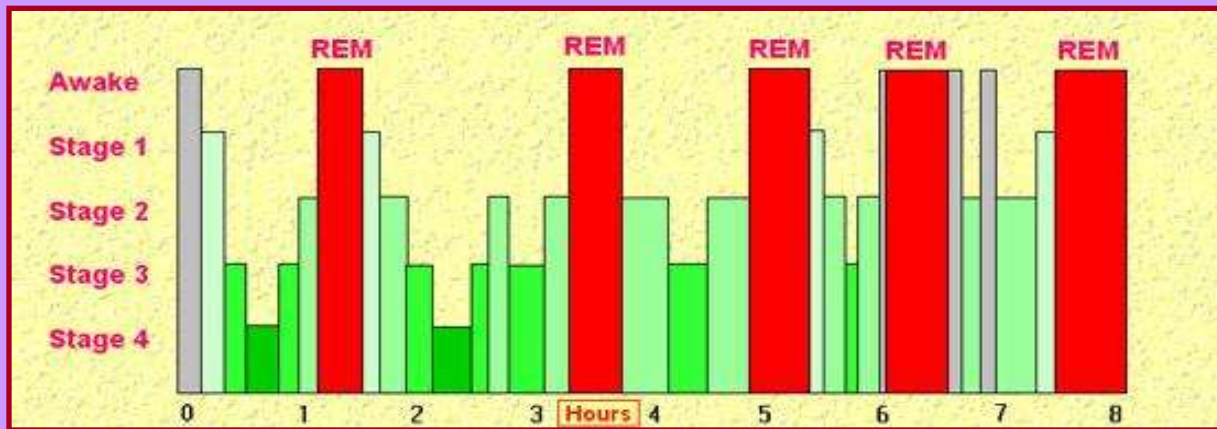
альфа-ритм – 10-12 Гц,

бета-ритм – 15-30 Гц.

Стадия 1: появление тета-ритма – 4-8 Гц.

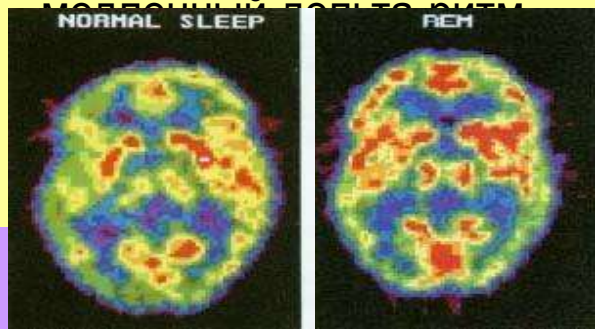
Стадия 2: сонные веретена и К-комплексы.

Стадии 3 и 4: все более



Стадии 1-4 (не-REM-сон) – физиологический отдых мозга разной степени глубины.

REM-сон (парадоксальный: «бодрствующая» ЭЭГ, но порог пробуждения выше) – стадия сновидений, обработка накопленной информации (в первую очередь, за текущие сутки). Около 20% времени сна; 4-5 раз за ночь примерно по 20 мин; в первые 3 года жизни – 30-50%.

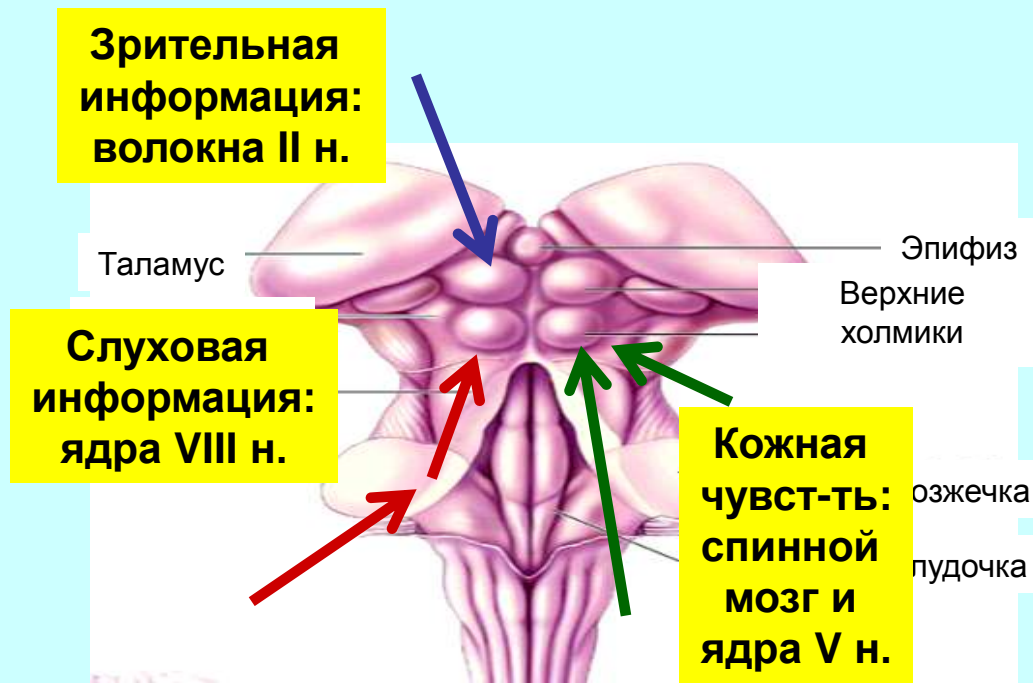


СРЕДНИЙ МОЗГ.

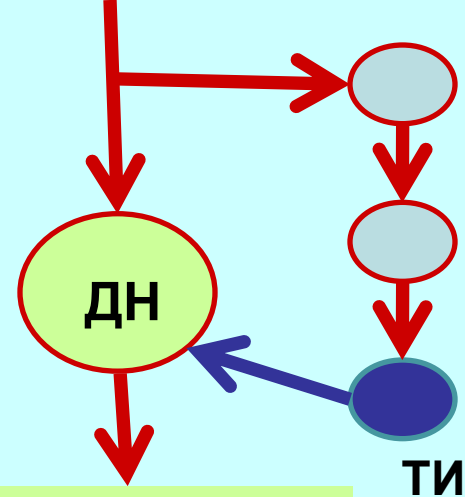
Центральное серое вещество: собирает большое число информационных потоков и через ядра шва влияет на уровень бодрствования, болевой чувствительности и др. (см. лекцию о DA и 5-HT).

Четверохолмие: реакция на **новизну**; верхние холмики – на новые зрит. стимулы; нижние холмики – на новые слуховые стимулы.

При появлении новых стимулов четверохолмие запускает ориентировочный рефлекс – поворот глаз, головы и всего тела в сторону источника сигнала («любопытство», исследовательское поведение).



Четверохолмие: нейроны-детекторы новизны (ДН) – сравнение текущего сигнала с тем, который был «только что» (доли секунды назад, передается через тормозный интернейрон: ТИ).
При несовпадении – запуск ориентировочного рефлекса (через глазодвигательные центры и тектоспинальный тракт; у животных – отдельно двигаются ушные раковины).



Ориентировочн. рефлекс
(если возб-е > торм-я)



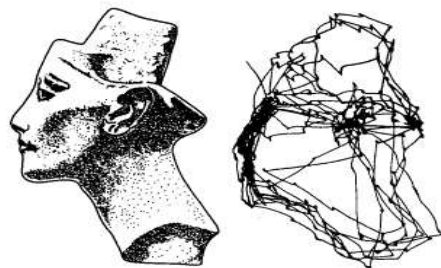
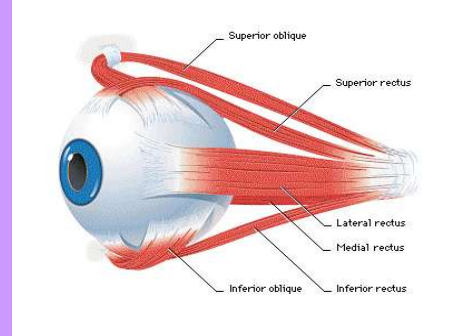
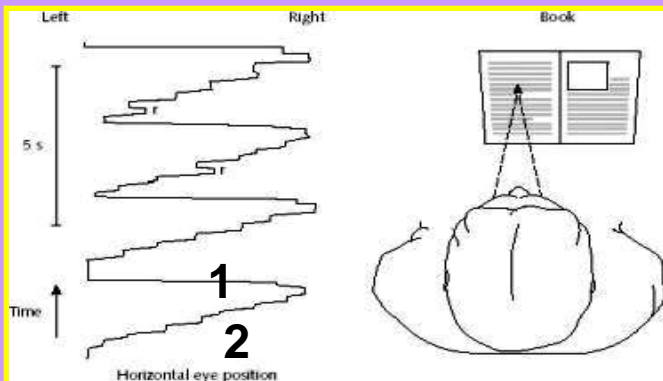


Рис. 6.14. Рассматривание человеком головы Нефертити (по Ярбусу, 1965).



Движения глаз:

- с каждым глазом связано по 6 мышц, управляемых III, IV и VI нервами;
- два основных типа движений глаз – слежения и саккады (быстрые скачки);
- в основе врожденные программы, но мы учимся ими управлять (вначале – произвольная коррекция, а затем – автоматизация);
- тесты на рассматривание картинок – еще одно «окно в бессознательное».

Чтение: [1] – скачок в начало строки; [2] мини-саккады (5-7 скачков вдоль строки, текст читается «в несколько приемов»).

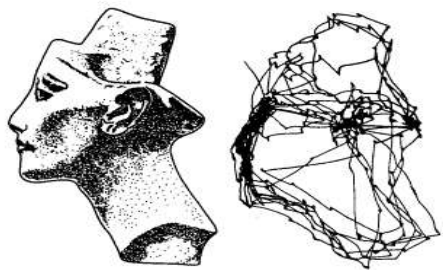
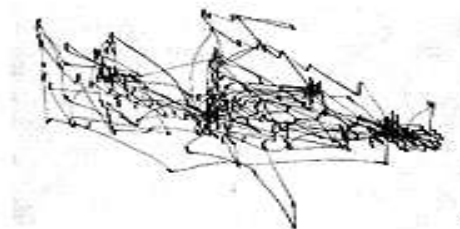
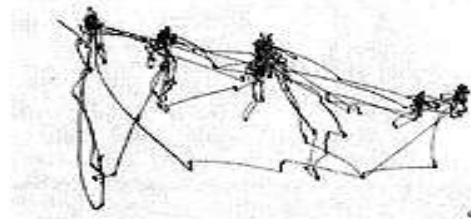


Рис. 6.14. Рассматривание человеком головы Нефертити (по Ярбусу, 1965).

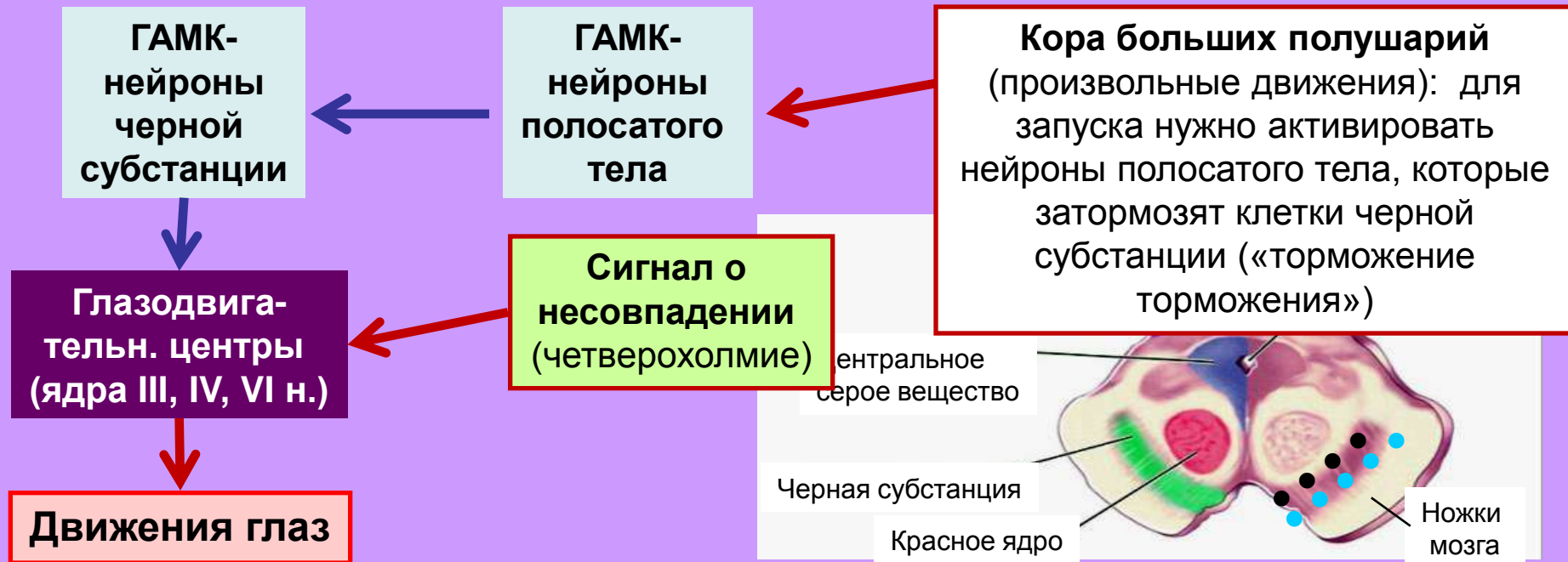
Нейромаркетинг: современные ай-трекеры

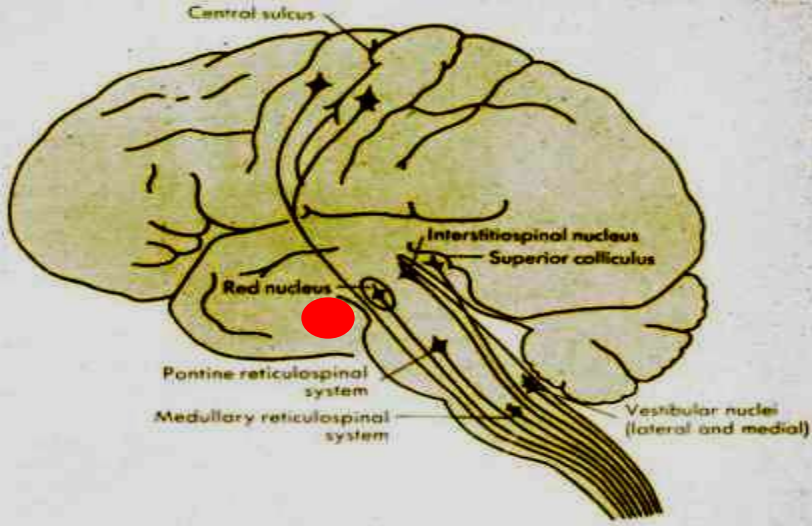


Чёрная субстанция.

Медиальная «компактная» часть ● , DA-нейроны, аксоны идут в базальные ганглии (*полосатое тело* = скорлупа + хвостатое ядро); общий уровень двигат. активности и положит. эмоции, связанные с движениями.

Латеральная «ретикулярная» часть ● , ГАМК-нейроны, контролирующие движения глаз (торможение «несанкционированных» реакций).





Красное ядро.

Передняя (мелкоклеточная) часть: вместе с нижней оливой передает сигналы от коры больших полушарий к мозжечку и участвует в двигательном обучении.

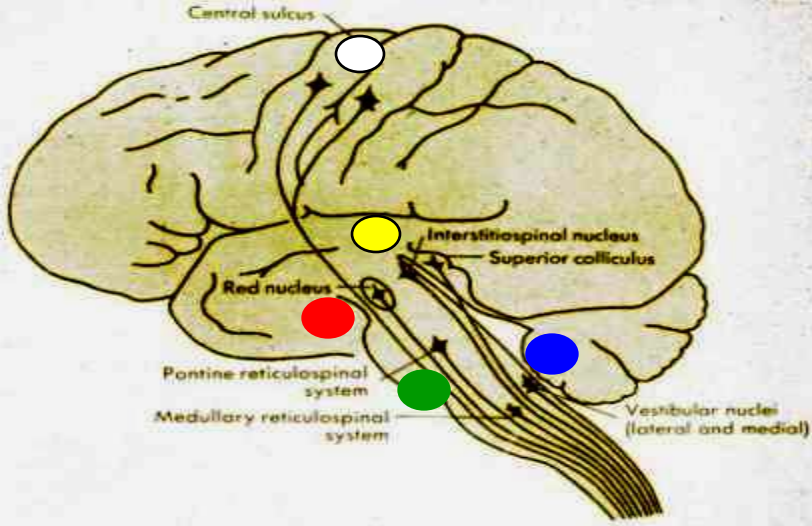
Задняя (крупноклеточная) часть эволюционно более древняя, содержит Glu-нейроны; аксоны идут в спинной мозг (руброспинальный тракт; поддержание тонуса мышц, ряд сгибаемых рефлексов и сгибание конечностей при локомоции).

Руброспинальный тракт – предшественник кортико-спинального (пирамидного) тракта; еще не способен обеспечить тонкое управление моторикой пальцев, может лишь вызвать совместное (синергичное) их сгибание.



Руброспинальный тракт – часть так называемой экстрапирамидной системы управления движениями, в которую входят также вестибуло-спинальный и ретикуло-спинальный тракты.

Ножки мозга



Руброспинальный тракт –
сгибание конечностей (в том числе при
локомоции – то есть ходьбе, беге и т.п.).



Вестибулоспинальный тракт –
разгибание конечностей (рефлексы,
локомоция).



Ретикулоспинальные тракты –
идут от РФ, сгибание и разгибание туловища
(самые древние двигательные тракты, с их
помощью плавают рыбы).



Кроме этого, на схеме
представлены кортикоспи-
нальный (пирамидный) тракт
и тектоспинальные тракты
(ориентировочный рефлекс).



Руброспинальный тракт – часть так
называемой экстрапирамидной
системы управления
движениями, в которую входят
также вестибуло-спинальный и
ретикуло-спинальный тракты.

Гипоталамус и терморегуляция.

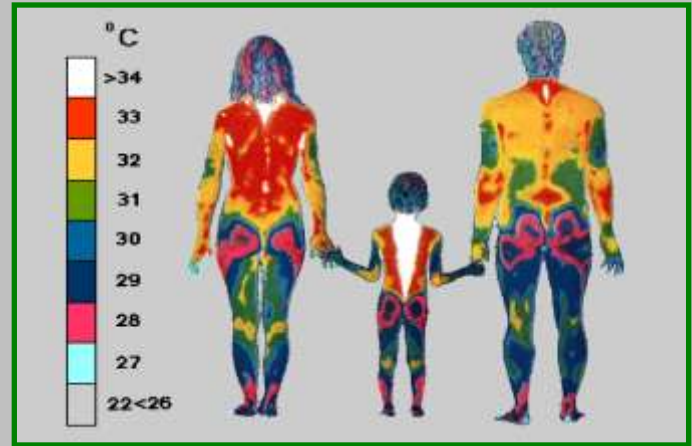
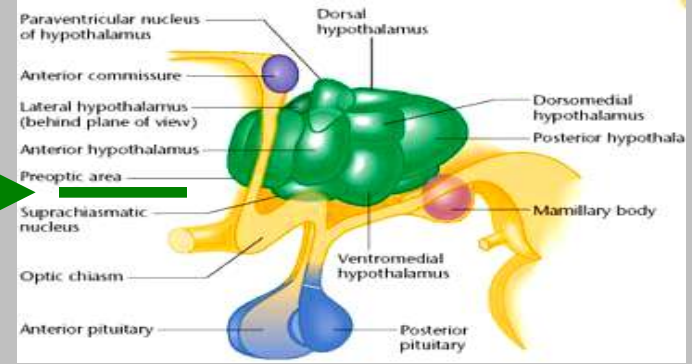
В передней части гипоталамуса (преоптическая область) – нейроны-терморецепторы, постоянно измеряют температуру крови, 80% из них реагируют на перегрев, 20% – на охлаждение.

Дополнительно (но в меньшей степени) учитываются сигналы от тепловых и холодových рецепторов кожи.

При перегреве – расширение сосудов кожи, потоотделение, поведенческие реакции (если перегрев осознается).

При переохлаждении – сужение сосудов кожи, дрожь и пилоэрекция, поведенческие реакции (теплопотеря осознается).

При заболеваниях и воспалении ряд веществ, выделяемых иммунной системой, запускает синтез простагландинов (ПГ) в гипоталамусе; ПГ влияют на преоптич. область и температура растёт (лихорадка), что создает более благоприятные условия для включения защитных механизмов (активация фагоцитов, ускорение синтеза антител и т.п.).



Закаливание – тренировка систем терморегуляции; снижает вероятность простудных заболеваний.



У животных – особые органы теплоотдачи (хвосты, уши, плавники), а также испарение с поверхности дыхательных путей.



Существуют пептиды-терморегуляторы (киоторфин: Tyr-Arg); они же – важные факторы, запускающие зимнюю спячку (гибернацию). *Замедление обмена веществ за счет снижения температуры тела – важная практическая задача (уменьшение риска осложнений при хирургических вмешательствах).*

