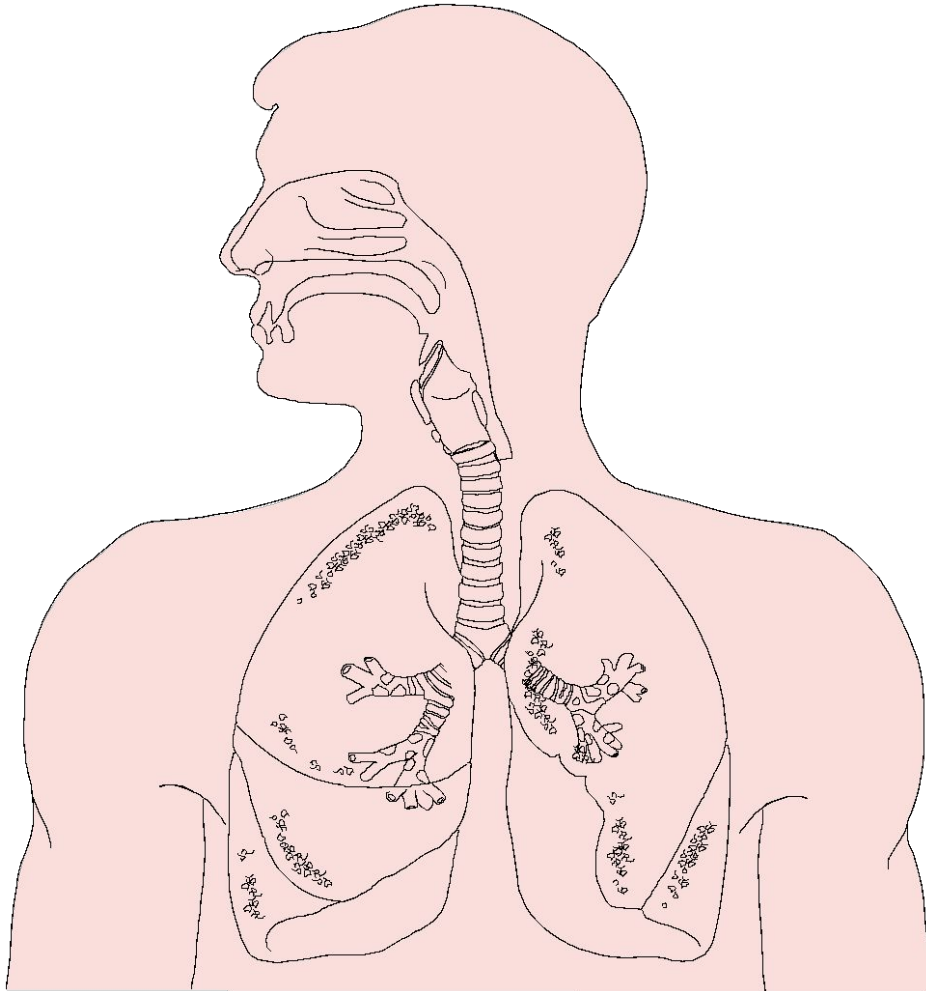


Кафедра нормальной физиологии

ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ Регуляция дыхания



Спирография

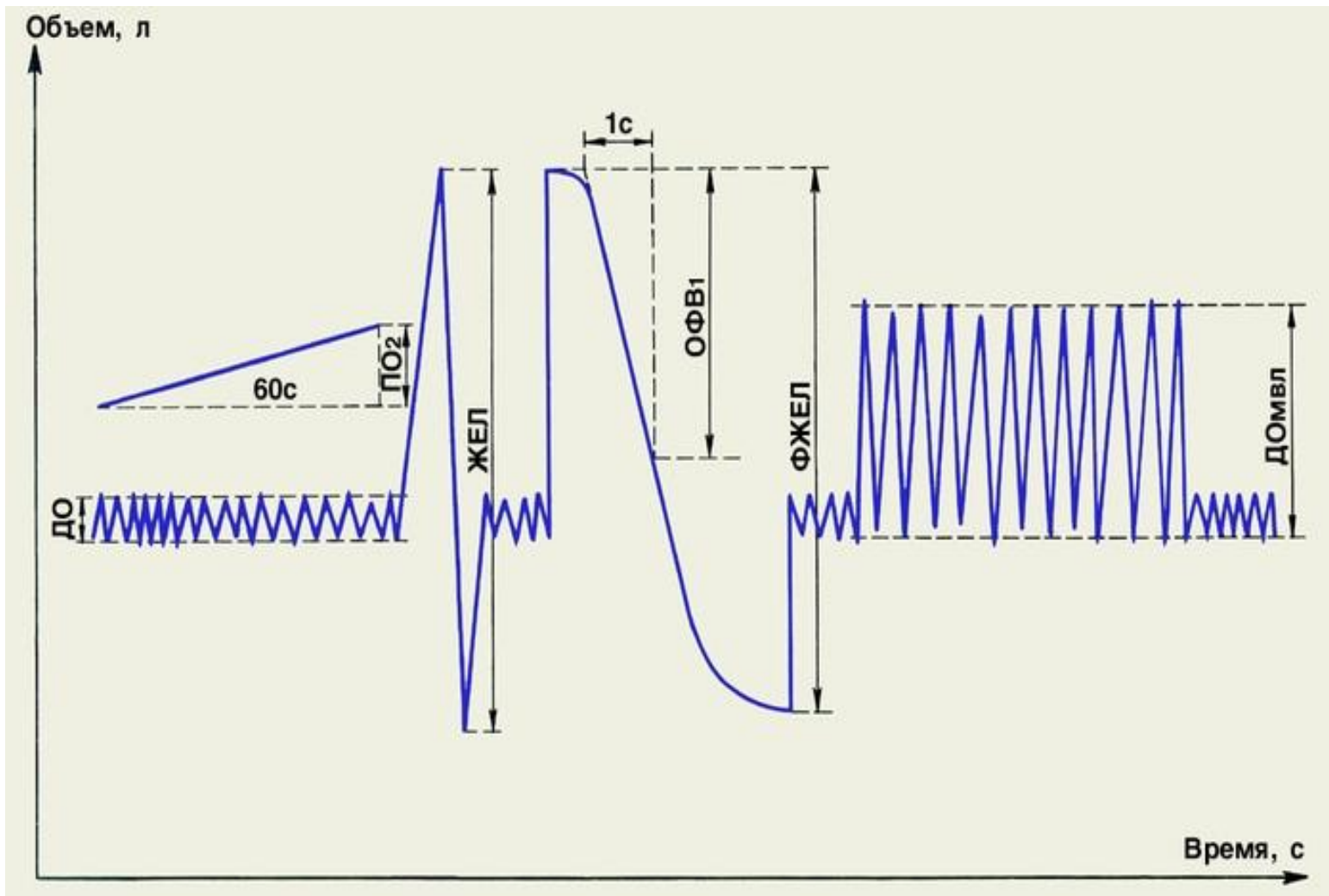
Спирография — метод исследования функции внешнего дыхания, включающий в себя измерение объёмных и скоростных показателей дыхания.

Выполняются следующие виды спирометрических проб:

- спокойное дыхание;
- форсированный вдох;
- форсированный выдох;
- максимальная вентиляция лёгких;
- функциональные пробы (с бронходилататорами, провокационные и т. п.).



Спирография

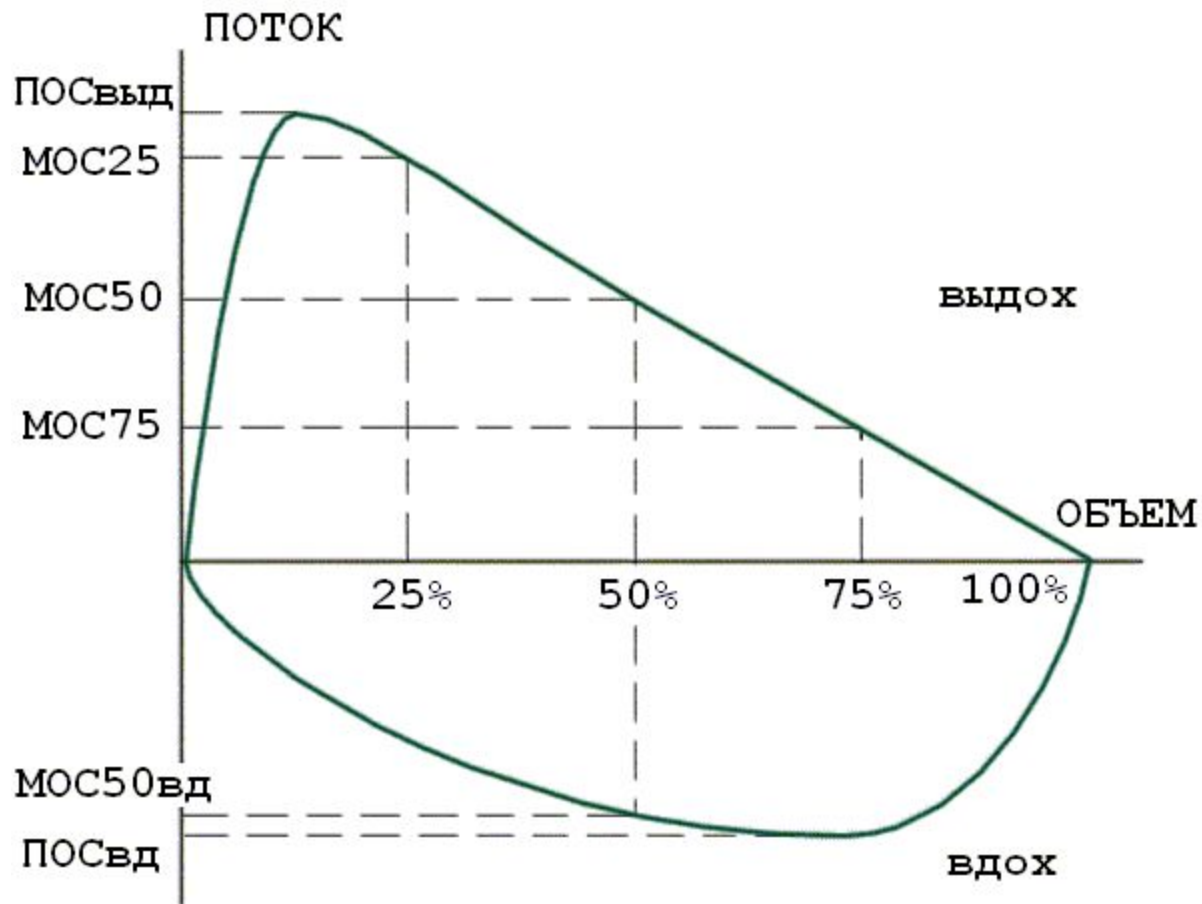


- ДО (дыхательный объем), который у взрослого человека составляет примерно 500 мл. При этом акт вдоха проходит несколько быстрее, чем акт выдоха. Обычно за 1 минуту совершается 12- 16 дыхательных циклов.
- РОвд (резервный объем вдоха) - максимальный объем воздуха, который способен вдохнуть человек после спокойного вдоха. Величина резервного объема вдоха составляет у взрослого человека примерно 1,8-2,0 л.
- РОвыд (резервный объем выдоха), величина которого составляет в среднем 1,2 - 1,4 л. Объем воздуха, который остается в легких после максимального выдоха и в легких мертвого человека, - остаточный объем легких (ОО). Величина остаточного объема составляет 1,2 -1,5 л.

- МОД (минутный объем дыхания) - объем воздуха, проходящий через легкие за 1 минуту. В покое частота дыхательных движений человека составляет примерно 16 в 1 минуту, а объем выдыхаемого воздуха - около 500 мл. Умножив частоту дыхания в 1 минуту на величину дыхательного объема, получим МОД, который у человека в покое составляет в среднем 8 л/мин.
- МВЛ (максимальная вентиляция легких) - объем воздуха, который проходит через легкие за 1 минуту во время максимальных по частоте и глубине дыхательных движений, Максимальная вентиляция возникает во время интенсивной работы, при недостатке содержания O_2 (гипоксия) и избытке CO_2 (гиперкапния) во вдыхаемом воздухе. В этих условиях МОД может достигать 150 - 200 л в 1 минуту.

- ЖЕЛ (жизненная емкость легких) включает в себя дыхательный объем, резервный объем вдоха, резервный объем выдоха. ЖЕЛ - это объем воздуха, выдохнутого из легких после максимального вдоха при максимальном выдохе. ЖЕЛ составляет у мужчин 3,5 - 5,0 л, у женщин - 3,0-4,0 л.
- ФОЕ (функциональная остаточная емкость) - объем воздуха в легких после спокойного выдоха. В легких при спокойном вдохе и выдохе постоянно содержится примерно 2500 мл воздуха, заполняющего альвеолы и нижние дыхательные пути. Благодаря этому газовый состав альвеолярного воздуха сохраняется на постоянном уровне.

- **ОФВ1** — Объём форсированного выдоха за первую секунду маневра форсированного выдоха.
- Отношение **ОФВ1/ЖЕЛ**, выраженное в процентах — **индекс Тиффно**
- Отношение **ОФВ1/ФЖЕЛ**, выраженное в процентах — **индекс Генслара** — является чувствительным индексом наличия или отсутствия ухудшения проходимости дыхательных путей.
- **ПОС** — Пиковая объемная скорость. Максимальный поток, достигаемый в процессе выдоха.
- **МОС** — Мгновенные объемные скорости. МОС — скорость воздушного потока в момент выдоха определенной доли ФЖЕЛ (чаще всего 25, 50 и 75 % ФЖЕЛ).



МОС25 (MEF25 = FEF75 = forced expiratory flow at 75%) - мгновенная объёмная скорость после выдоха 25% ФЖЕЛ, 25% отсчитываются от начала выдоха

МОС50 (MEF50 = FEF50 = forced expiratory flow at 50%) - мгновенная объёмная скорость после выдоха 50% ФЖЕЛ, 50% отсчитываются от начала выдоха

МОС75 (MEF75 = FEF25 = forced expiratory flow at 25%) - мгновенная объёмная скорость после выдоха 75% ФЖЕЛ, 75% отсчитываются от начала выдоха

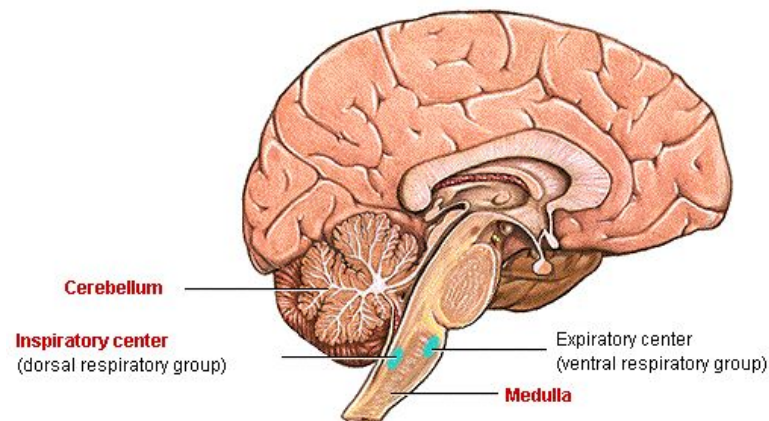
Функциональные пробы



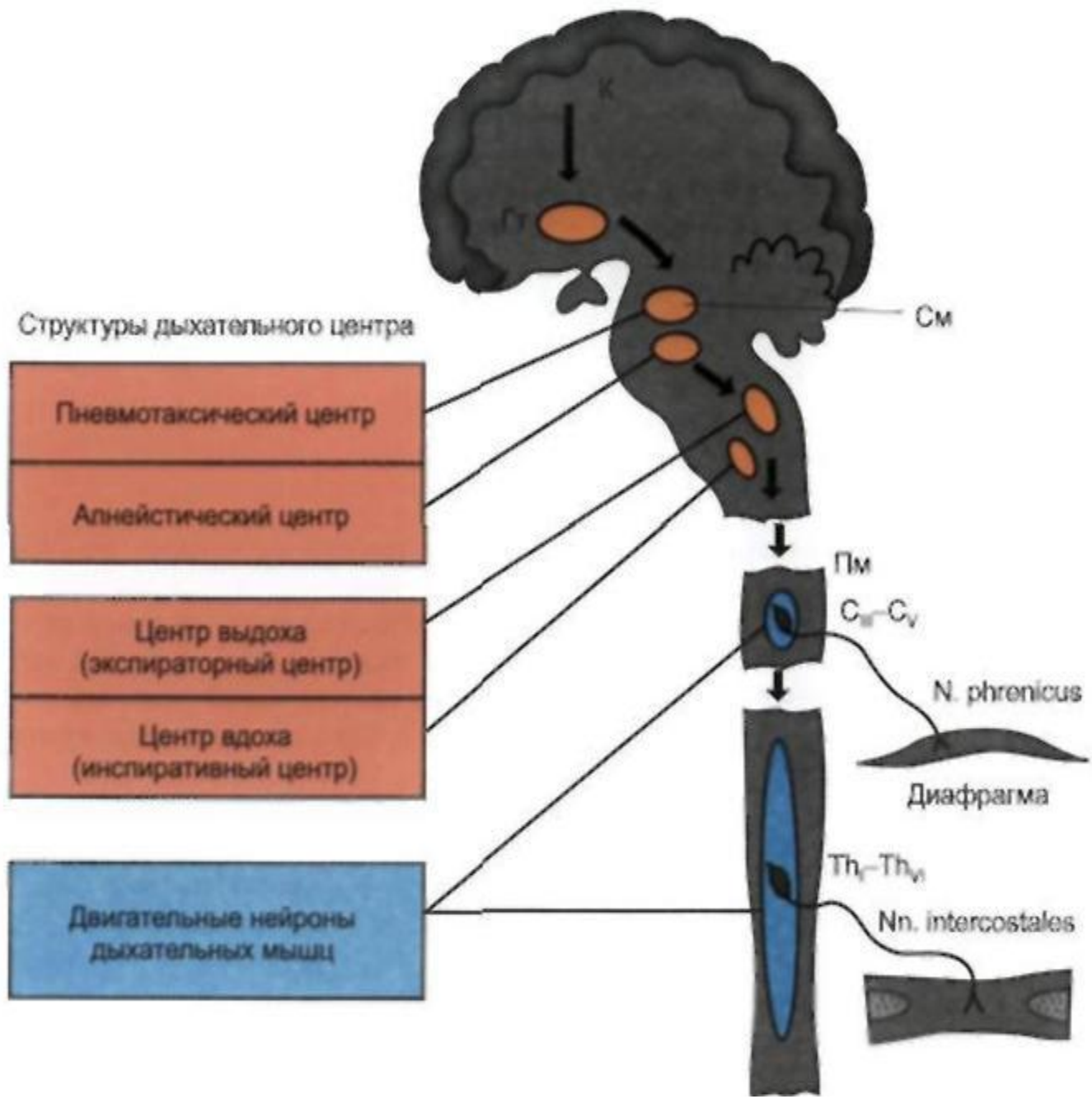
- **ПРОБА ШТАНГЕ** - задержка дыхания на вдохе в положении сидя. Испытуемому предлагается последовательно и произвольно выполнить максимальный вдох и выдох, затем вдохнуть на $\frac{3}{4}$ от максимума и задержать дыхание максимально продолжительно, зажав нос пальцами. Продолжительность задержки дыхания фиксируется секундомером и заносится в "Карту" как общее количество секунд.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ГИПОКСИИ - отражает функциональное состояние дыхательной системы, а также характеризует способность организма противостоять нарастающей гипоксемии, повышению парциального давления углекислого газа (CO_2), образующегося в результате жизнедеятельности клеток организма. Этот показатель тесно коррелирует с такими жизненно важными свойствами, как способность к концентрации усилий и силы нервных процессов.

«Дыхательные центры»



<i>Отдел ЦНС</i>	<i>Группа нейронов</i>	<i>Предполагаемая функция</i>
Кора больших полушарий	–	Произвольная (волевая) модуляция частоты и глубины дыхания
Варолиев мост	Пневмотаксический центр	Регулятор времени вдоха (прерыватель вдоха)
	Центр апноэ	Главный стимулятор вдоха, работающий непрерывно
Продолговатый мозг	Дорсальная дыхательная группа (ДДГ)	Водитель ритма дыхания (запуск очередного вдоха)
	Вентральная дыхательная группа (ВДГ)	Непосредственный регулятор вдоха – выдоха: активен в обеих фазах
Спинальный мозг	Инспираторные и экспираторные спинальные мотонейроны	Иннервация дыхательной мускулатуры



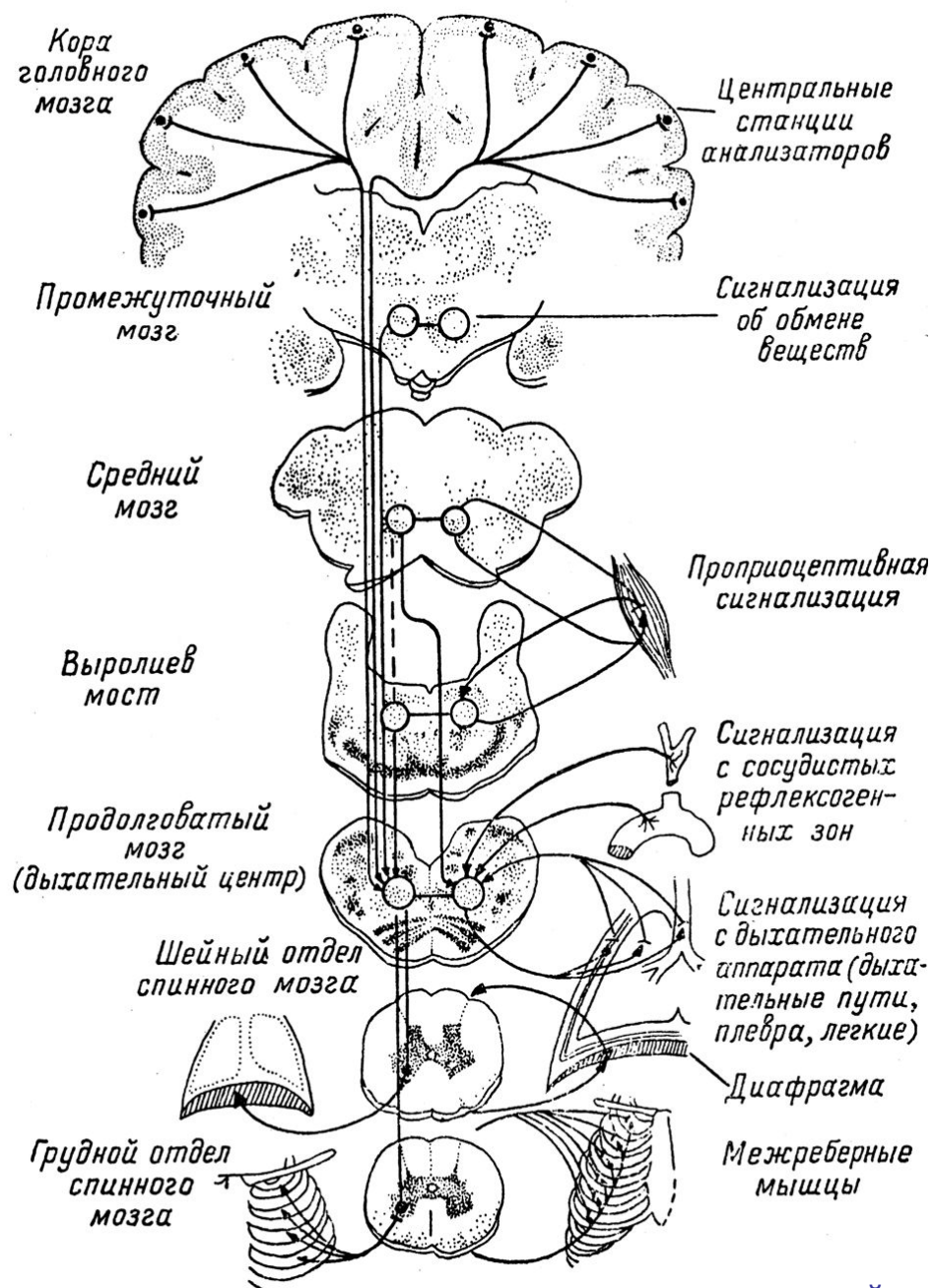
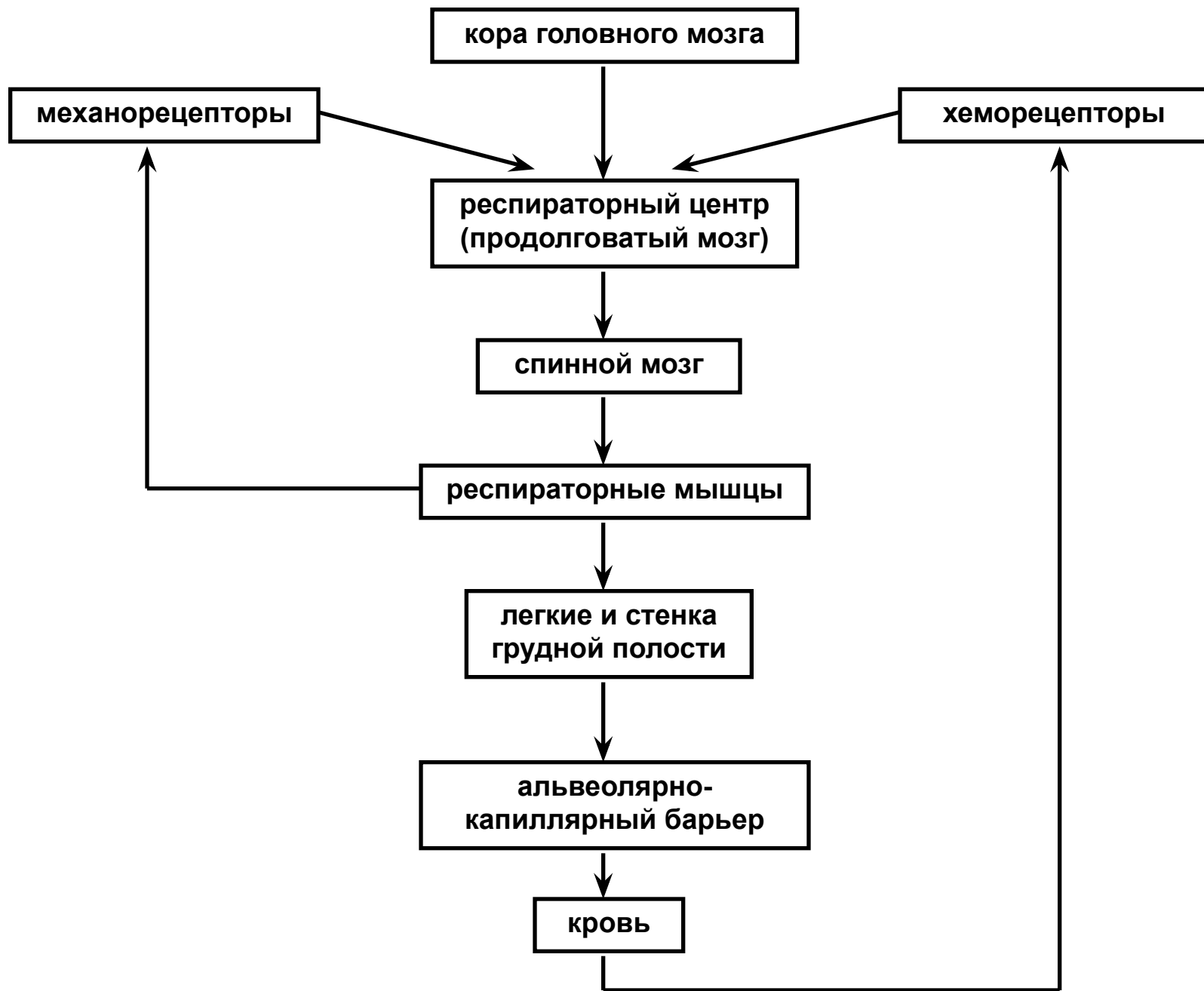


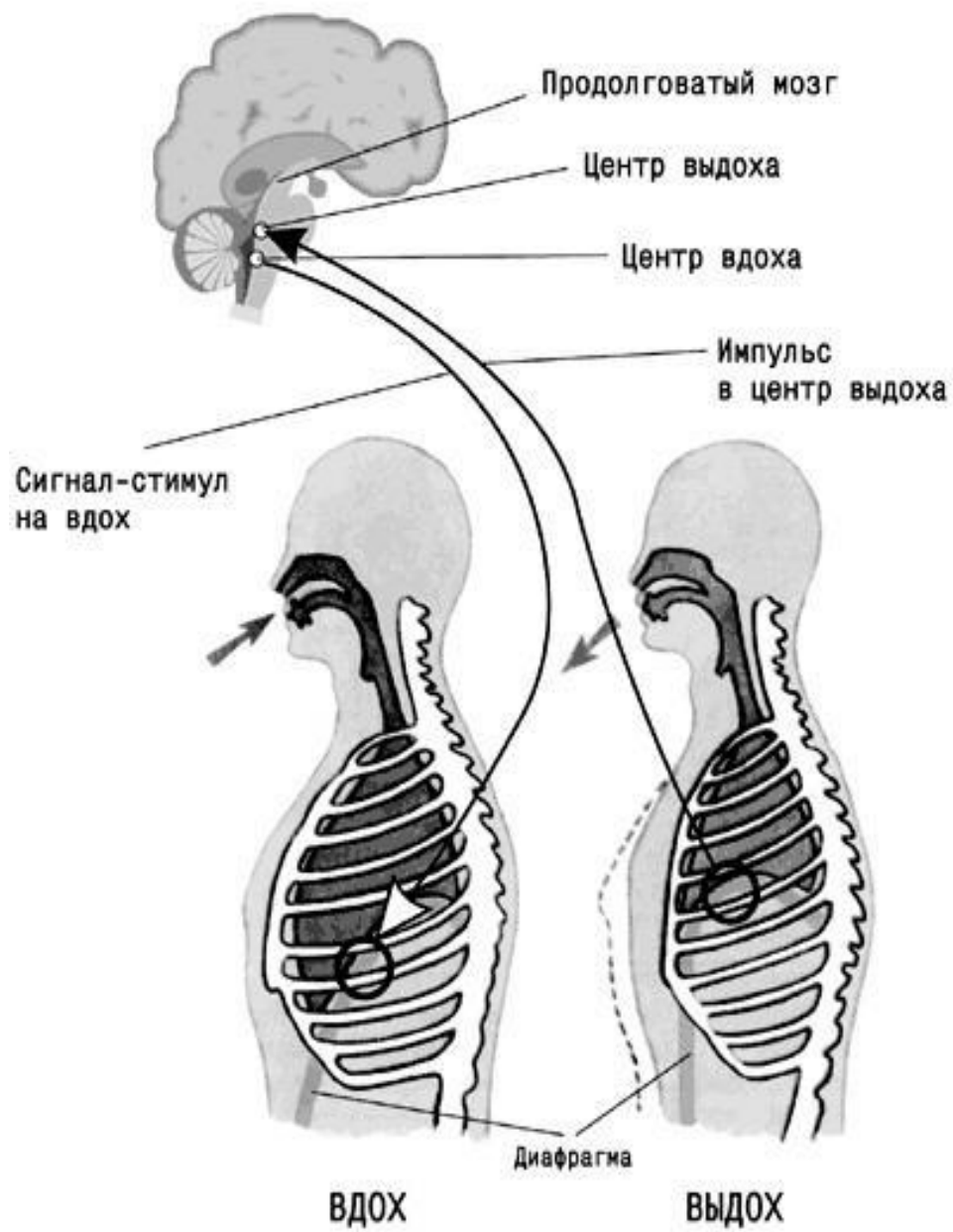
Схема организации центрального аппарата регуляции дыхания и путей передачи регулирующих влияний с супрабульбарных отделов мозга на дыхательный центр при образовании функционально подвижных ассоциаций центров

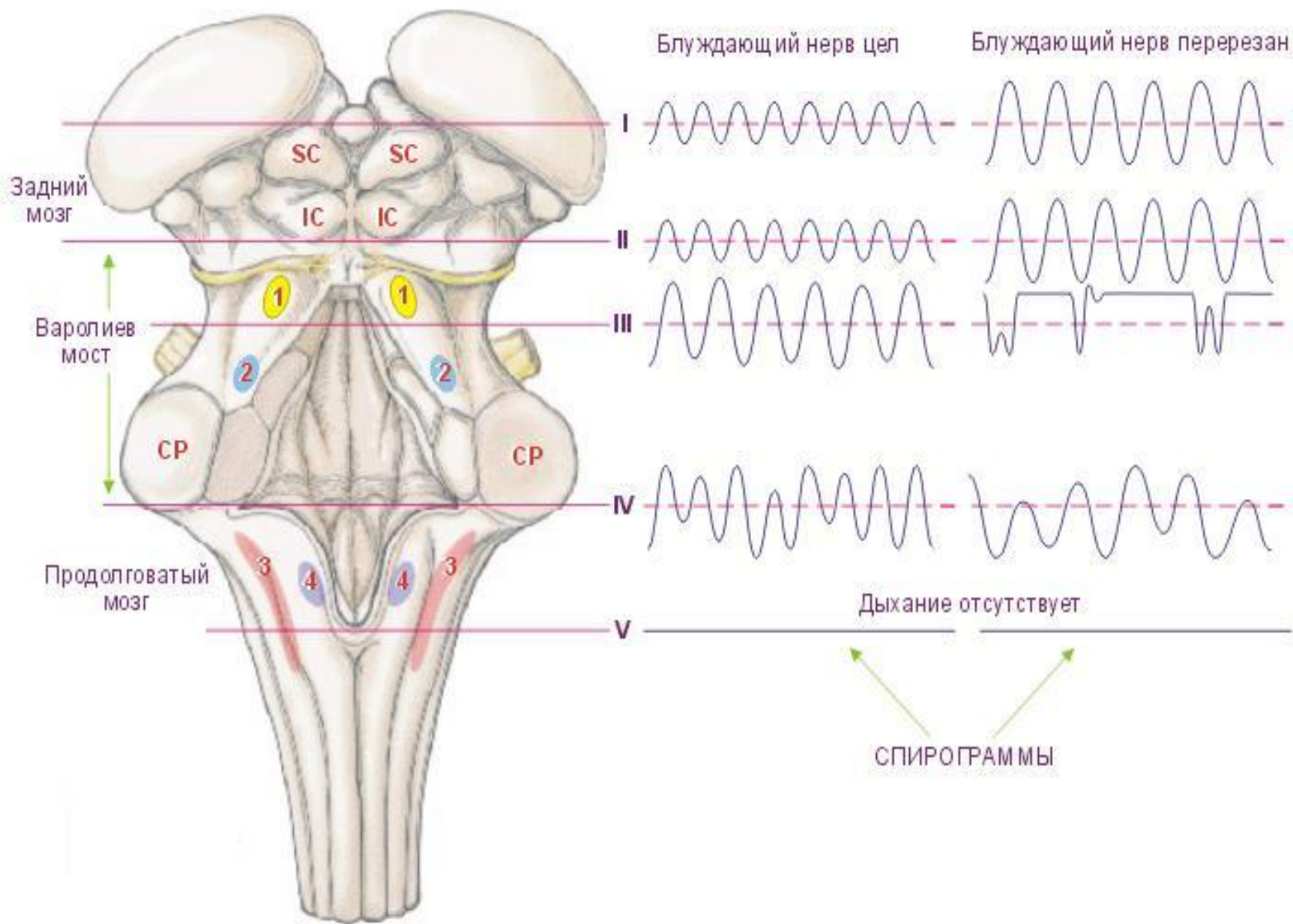


Примеры разных типов рефлекторной регуляции дыхания

Таблица 1. Аfferентные пути передачи чувственного восприятия дыхания

Рецепторы		Локализация		Активизация	Передача аfferентной импульсации	Результат активации
Механорецепторы (аfferентные)	Быстро адаптирующиеся ирритантные рецепторы	Легкие	Окружают эпителиальные клетки бронхиол	Тактильная стимуляция бронхиальным секретом; высокий поток воздушной струи; ↑ тонуса гладкой мускулатуры бронхов	Блуждающий нерв	Бронхоспазм, закрытие голосовой щели, сокращение диафрагмы и межреберных мышц, брадикардия
	Медленно адаптирующиеся рецепторы растяжения		Дыхательные пути крупного калибра	Увеличение легких в объеме		Прерывание выдоха, расслабление дыхательной мускулатуры
	Юкстапульмонарные рецепторы		Интерстиций легких (альвеолы и капилляры)	Повышение давления в альвеолах и капиллярах (ХСН или чрезмерная мышечная работа)		Бронхоконстрикция, торможение активности скелетных мышц
	Рецепторы дыхательной мускулатуры	Диафрагма	Сухожилия	Растяжение мышц	Диафрагмальный нерв	Угнетение респираторной активности
		Межреберные мышцы	Веретенообразные волокна	Растяжение мышц	Межреберный нерв	Ощущение дыхательного усилия
Хеморецепторы (аfferентные)	Центральные	Продолговатый мозг		↑ PaCO ₂	?	Модуляция респираторной активности
	Периферические	Сонная артерия Аорта Легкие		↑ PaCO ₂ ↓ PaO ₂ ↓ pH	Синусный нерв (языкоглоточный)	Модуляция респираторной активности

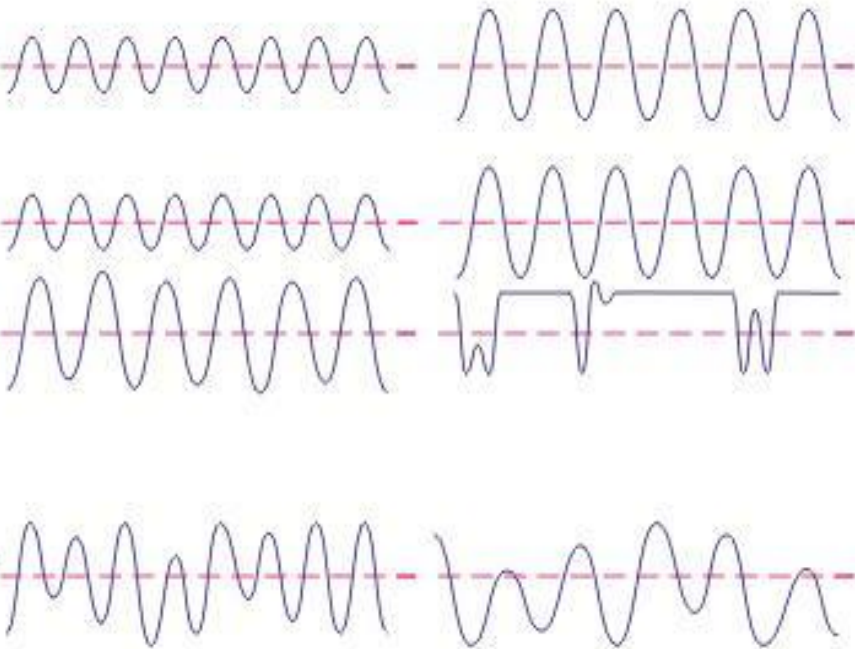




Блуждающий нерв цел

Блуждающий нерв перерезан

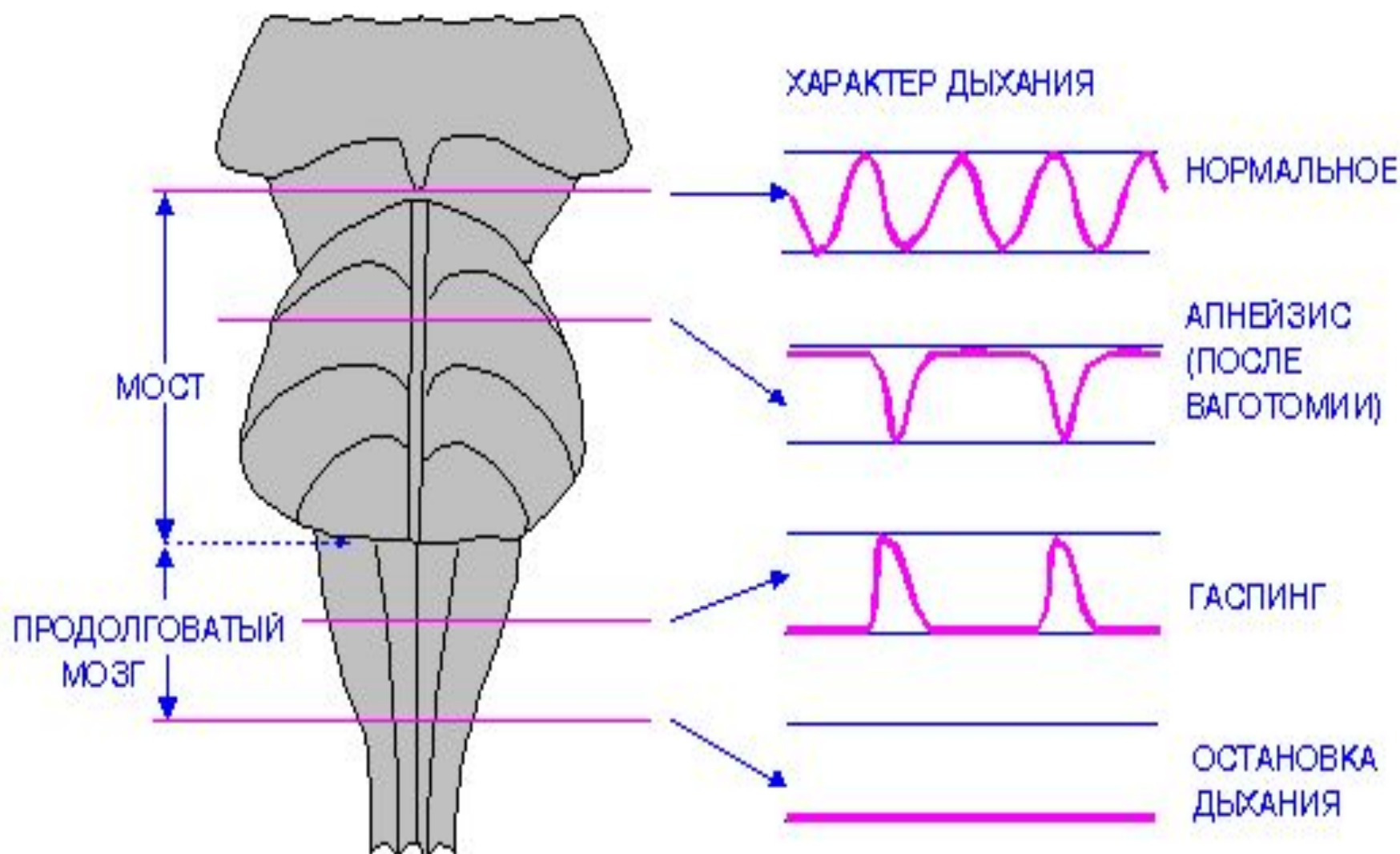
I
II
III
IV
V



Дыхание отсутствует

СПИРОГРАММЫ

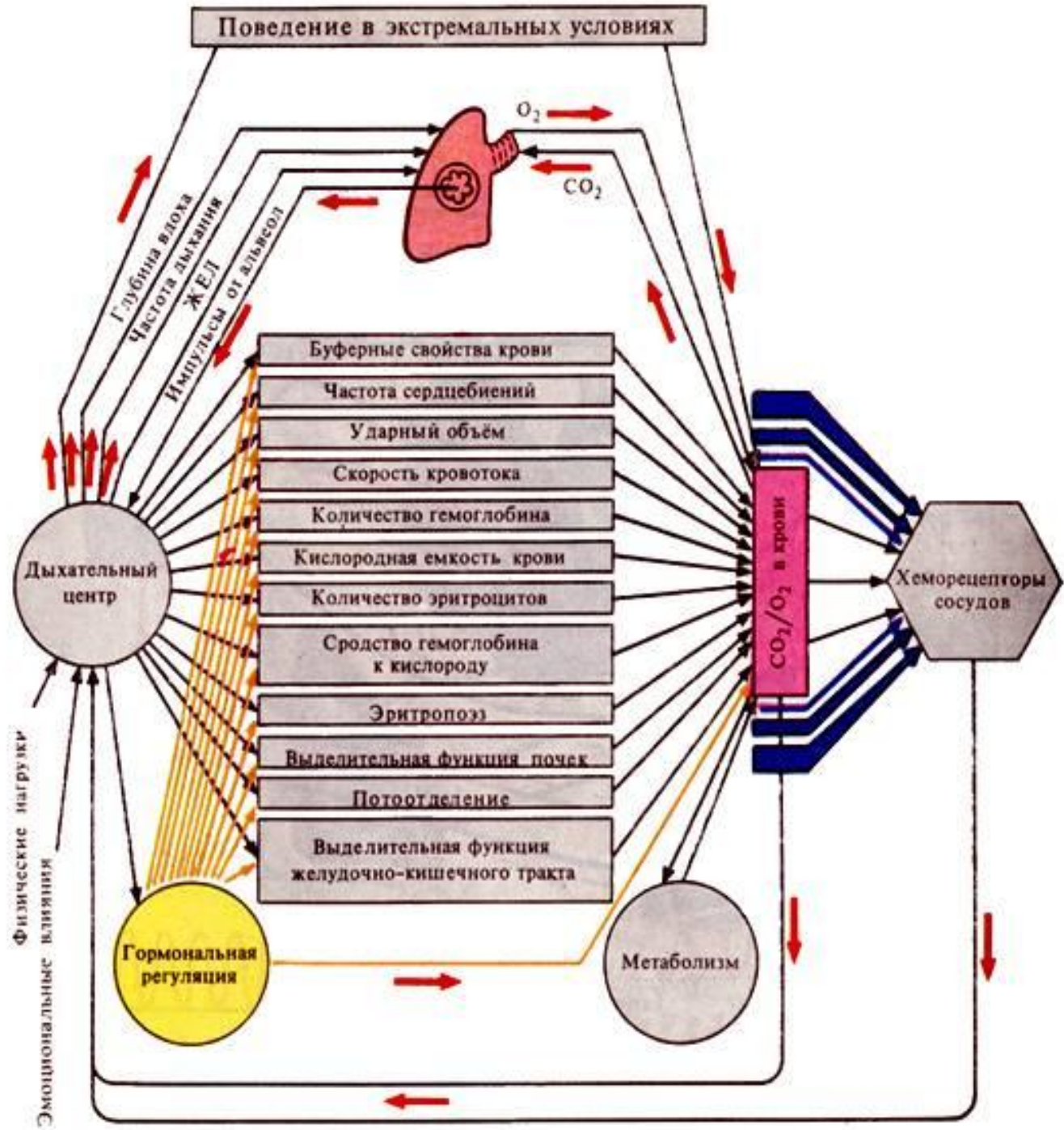
- 1. При нанесении перерезки выше моста (А) характер дыхания не изменяется. Отделение продолговатого мозга от спинного (Г) приводит к полной остановке дыхания. Таким образом, за чередование вдоха и выдоха отвечает "центр", расположенный в нижних отделах ствола мозга. Этот отдел продолжает ритмично посылать импульсы к дыхательным мышцам даже после того, как перекрываются все идущие к нему афферентные каналы.
- 2. Если нанести перерезку на границе между верхней и средней третью моста (Б) и одновременно пересечь оба блуждающих нерва, то дыхание остановится в фазе вдоха, лишь иногда прерываемой экспираторными движениями. Такой тип дыхания называется апнейзис. Очевидно, что после подобной перерезки устраняются тормозные влияния верхних отделов моста на нейроны, отвечающие за вдох.
- 3. После перерезки ствола мозга ниже моста (В) дыхательные движения сохраняются, однако их ритм становится неправильным. Иногда возникает дыхание типа гаспинга, при котором длительный выдох периодически прерывается короткими вдохами.
- Таким образом, изолированный продолговатый мозг способен генерировать дыхательный ритм. Однако для стабилизации и координации этого ритма необходимо участие нервных образований, расположенных в среднем и верхнем отделах моста. Раньше считали, что в этих отделах находятся так называемые "пневмотаксический" и "апнейстический" центры. В настоящее время эту точку зрения можно считать опровергнутой.

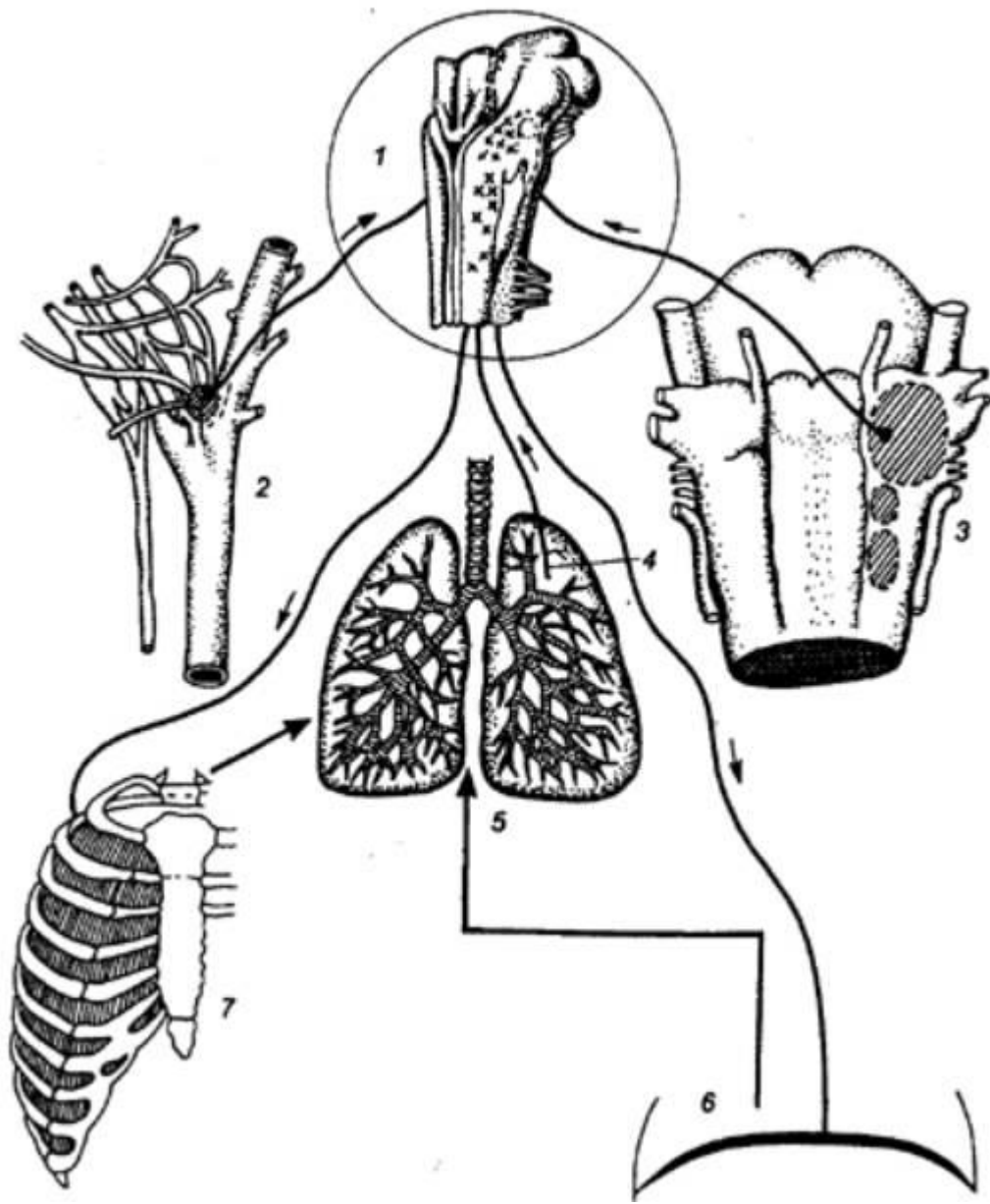


Влияние перерезок на разных уровнях ствола мозга на дыхание
(вентральная поверхность ствола мозга).

(Schmidt R.F., Thews G., "Human Physiology", 1989.)

Функциональная система дыхания





Важнейшие звенья системы, регулиции дыхания

1 — центральный дыхательный механизм (показана проекция нейронов вентральной дыхательной группы на нижнюю поверхность продолговатого мозга),

2 — артериальные хеморецепторы (каротидный гломус),

3 — бульбарные хемочувствительные зоны, 4 — легочные механорецепторы,

5 — легкие,

6 — диафрагма,

7 — межреберные мышцы.

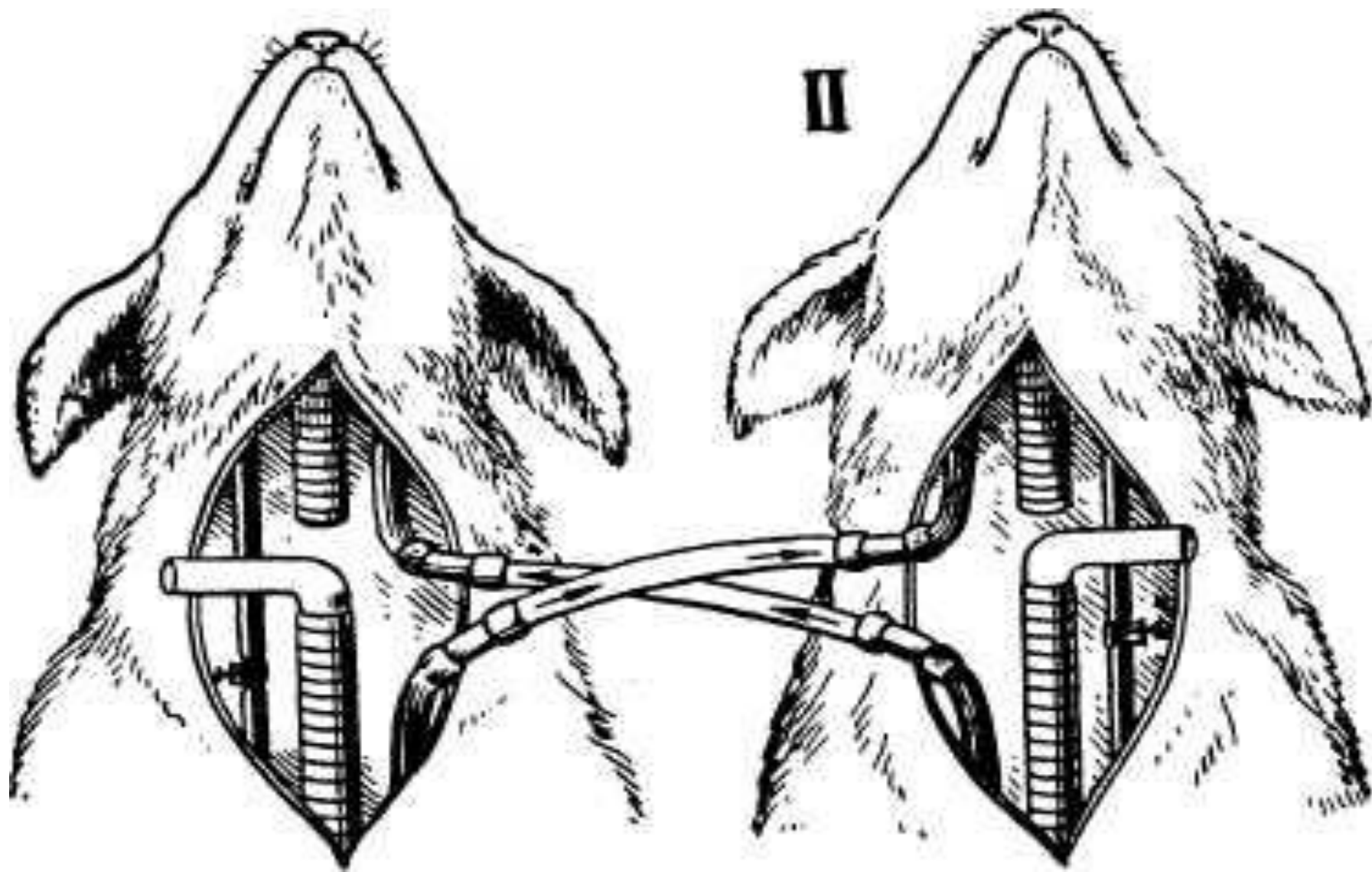


Название	Локализация	Возбуждающие факторы, процессы	Афферентные пути	Влияние на характер дыхания в сердечно-сосудистую систему
Рецепторы растяжения легких	Гладкие мышцы дыхательных путей	Раздувание легких	Блуждающий нерв – большие миелинизированные волокна	Увеличение времени выдоха, снижение частоты дыхания (рефлекс Геринга – Брейера), бронхоконстрикция, увеличение ЧСС*
«Ирритационные» рецепторы	Эпителиальные клетки дыхательных путей	Химические и специфические раздражители	Блуждающий нерв – большие миелинизированные волокна	Гиперпноэ, бронхоконстрикция
«J» - рецепторы	Стенки капилляров легких	Увеличение объема интерстициальной жидкости	Блуждающий нерв – немиелинизированные волокна	Бронхоконстрикция. Апноэ. Снижение ЧСС и АД**

* ЧСС – частота сердечных сокращений;

** АД - артериальное давление.

Опыт Фредерика



- **Опыт Фредерика-Гейманса (опыт с перекрестным кровообращением).** В опыте одни сонные артерии собак (I и II) перевязывают, а другие при помощи резиновых трубок соединяют крест-накрест друг с другом. В результате голова собаки I снабжается кровью, притекающей от собаки II, а голова собаки II снабжается кровью собаки I. Если зажать трахею собаки I, то в крови, протекающей через сосуды ее тела, постепенно будет уменьшаться количество кислорода и увеличиваться количество углекислоты. Однако прекращение доступа кислорода в легкие собаки I не сопровождается усилением ее дыхательных движений, напротив, они вскоре ослабляются, зато у собаки II начинается очень сильная одышка.

- Поскольку нервная связь между обеими собаками отсутствует, ясно, что раздражающее действие недостатка кислорода и избытка углекислоты передается от тела собаки I к голове собаки II посредством тока крови, т. е. *гуморальным путем*. Кровь собаки I, перегруженная углекислотой и бедная кислородом, поступая в голову собаки II, вызывает возбуждение ее дыхательного центра. Вследствие этого у собаки II и возникает одышка, т.е. усиление вентиляции легких. Вместе с тем гипервентиляция приводит к уменьшению (ниже нормы) содержания углекислого газа в крови собаки II. Эта обедненная углекислотой кровь поступает в голову собаки I и вызывает ослабление работы ее дыхательного центра, несмотря на то, что все ткани этой собаки, за исключением тканей головы, страдают от тяжелой гиперкапнии (избытка CO_2) и гипоксии (недостаток O_2), обусловленных прекращением доступа воздуха в ее легкие.