

РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Проф. Мухина И.В.

Лекция №9

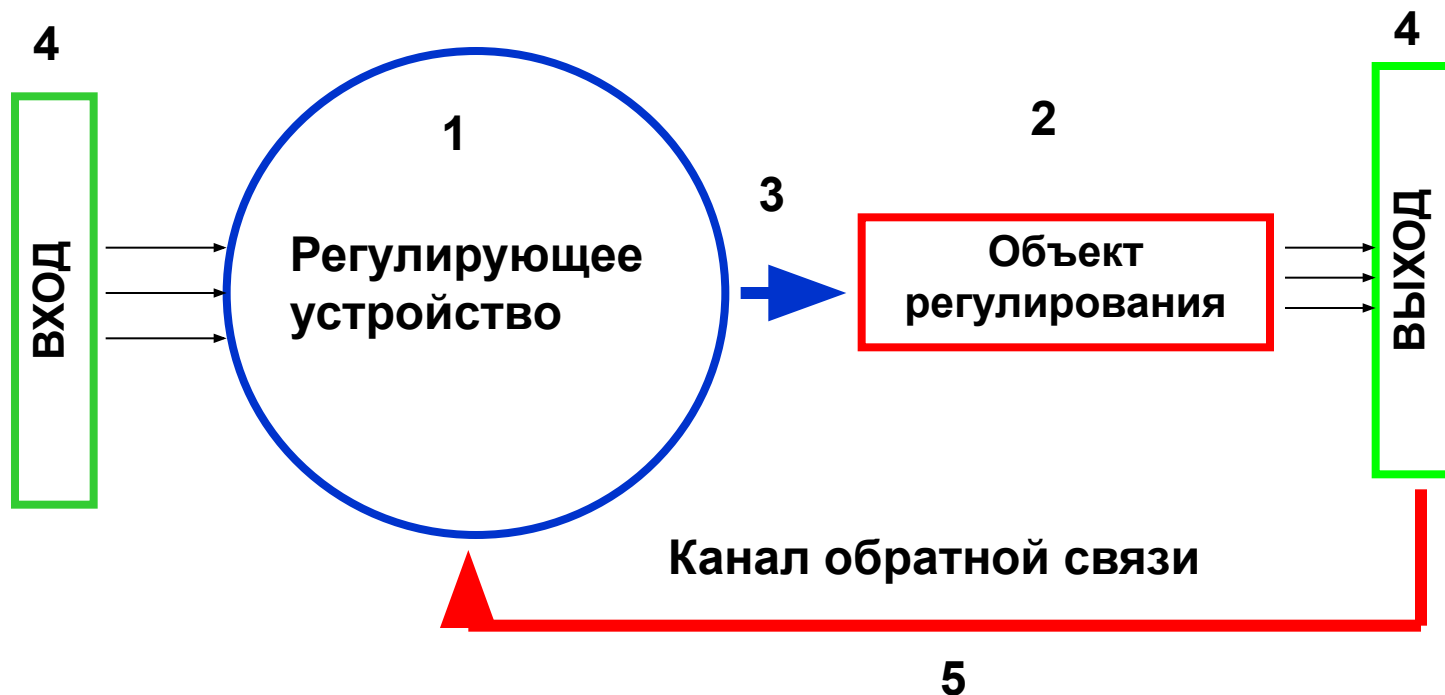
Лечебный, педиатрический, медико-
профилактический, стоматологический,
фармацевтический факультеты

- **Регуляция физиологических функций** – это совокупность процессов, возникающих в биологической системе (*на молекулярном, клеточном, тканевом, органном, системном и организменном, уровнях*) в ответ на воздействие внешней и внутренней среды и направленных на достижение положительного для организма результата.
- В основе явлений регуляции лежит взаимосвязь всех органов и физиологических систем организма между собой.

Кибернетика – наука об общих принципах управления в машинах, живых системах и обществе.

Кибернетическая система включает в себя:

1. Регулирующее устройство;
2. Объект регулирования;
3. Канал прямой связи (регулирующее воздействие);
4. Датчики, воспринимающие информацию на входе (сенсорные рецепторы) и выходе (рецепторы исполнительных структур или рецептор результата действия);
5. Канал обратной связи.



Принципы регуляции

- С позиций медицинской (физиологической) кибернетики управление осуществляется с использованием **основных принципов регуляции**:

1). **По возмущению.**

2). **По отклонению** (*2-й способ отличается от 1-го наличием обратной связи - от выходов системы к её регуляторам*).

3). **По прогнозированию.**

- **Управление по возмущению** - использование самого возмущения для выработки компенсирующего воздействия, т.е. сигналом к управлению служит отклонение от заданной величины параметров **на входе системы**.
- **Управление по отклонению (рассогласованию)** - включение механизмов регуляции в тот момент, когда в состоянии системы уже наступили отклонения от заданной величины, т.е. сигналом к управлению служит отклонение от заданной величины параметров на **выходе системы**.
- **Управление по прогнозированию** осуществляется при поступлении информации **о предстоящем действии возмущения** на основе сформированной условнорефлекторной деятельности.

Основные способы управления в живом организме

- 1). Запуск (инициация);
- 2). Коррекция;
- 3). Координация.

- **Запуск** - процесс управления, при котором происходит запуск деятельности органа, *не обладающего свойством автоматии.*
- **Коррекция** – процесс управления деятельностью органа, который работает *в автономном режиме.*
- **Координация** - согласование работы нескольких органов или систем одновременно для получения полезного приспособительного результата.

Контуры регуляции

В связи с наличием различных морфо-функциональных уровней биосистем организма (клетка, ткань, орган, система органов) выделяют различные **контуры регуляции**:

1. **Внутриклеточный** (является предметом клеточной физиологии). Регуляторы – вторичные мессенджеры:

Ca^{2+} , цАМФ и цГМФ, $\text{I}_3\text{Ф}$, ДАГ.

1. **Внутриорганный, тканевой.**
2. **Системный.**

МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ физиологических функций

На уровнях биосистем, таких как ткань, орган и система органов существует три механизма регуляции:

- 1. Миогенный** (*вариант физико-химического механизма*);
- 2. Гуморальный;**
- 3. Нервный.**

Миогенный механизм регуляции

- регуляция функции органа за счет изменения физиологических свойств мышечной ткани.
- Характерен для органов и тканей мышечного типа. Например, **гемодинамический механизм** регуляции сократимости сердца происходит за счет свойств сердечной мышцы (закон Франка-Старлинга): чем больше растянута мышца, а, следовательно, и больше резервных актомиозиновых мостиков, тем больше сила сокращения.

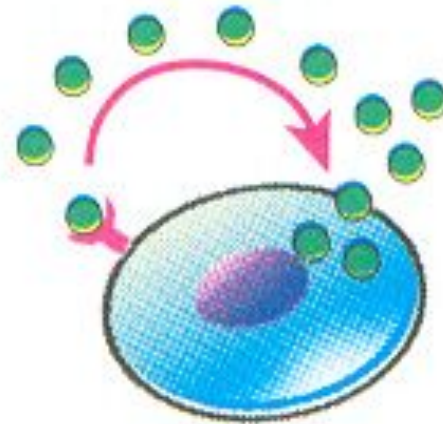
Гуморальный механизм регуляции

- изменение физиологической активности органов и систем под влиянием химических веществ, доставляемых через жидкие среды организма (интерстициальная жидкость, лимфа, кровь, ликвор).

1. Аутокринная
2. Паракринная
3. Эндокринная

Аутокринная регуляция

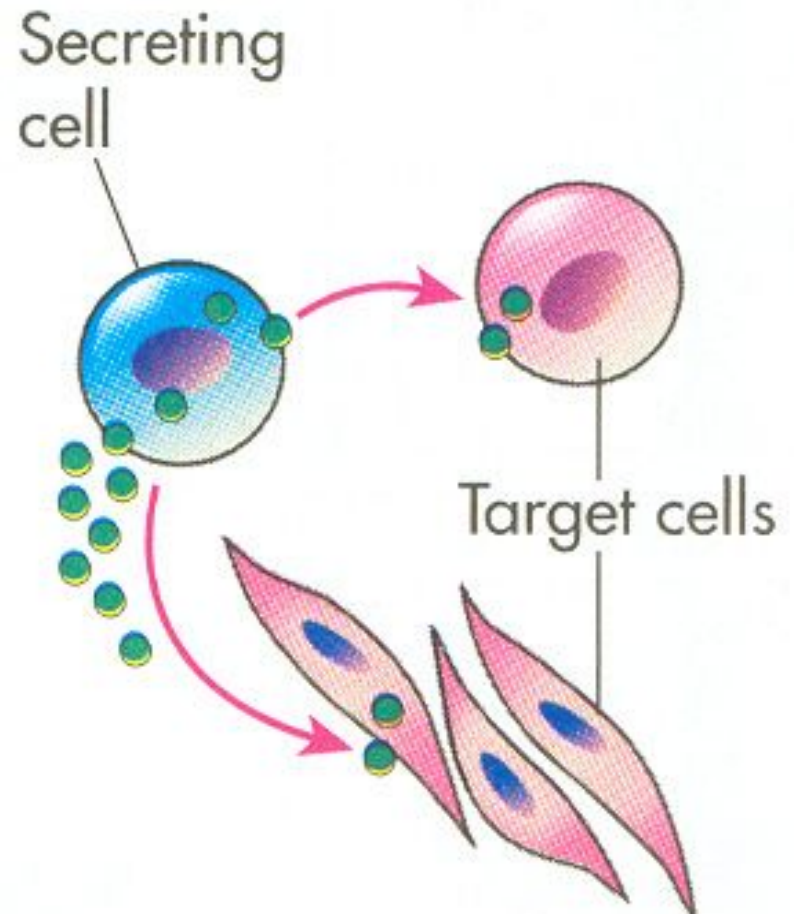
- - изменение функции клетки химическими субстратами, выделяемыми в межклеточную среду самой клеткой (продукты распада белков, углеводов, CO_2 , электролиты и др.).



Secreting cell
targets itself

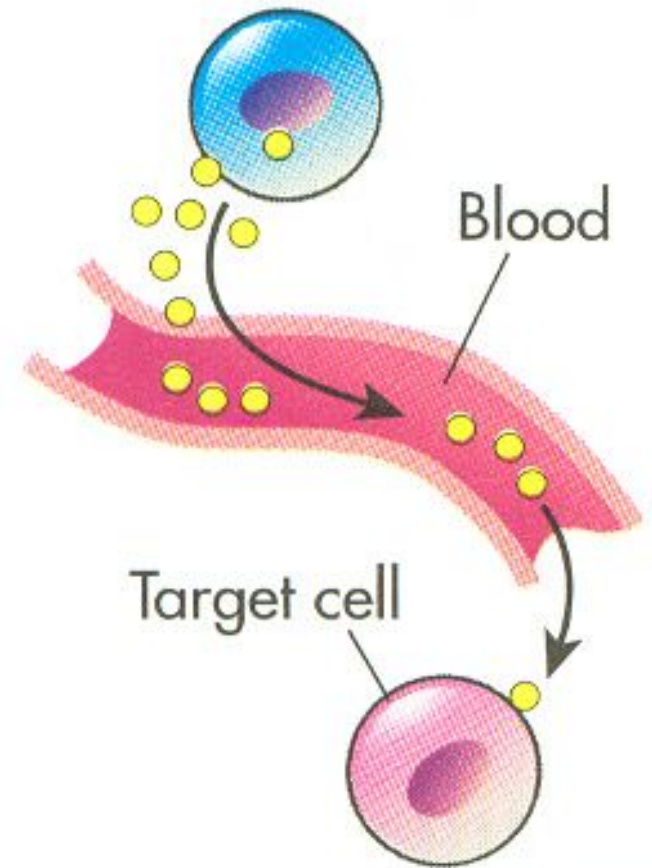
Паракринная регуляция

- Основана на выделении клетками химических веществ (цитокинов) в межтканевую жидкость, которые могут управлять функцией нескольких клеток, расположенных на некотором удалении от источника управляющих воздействий.
- *Например, вазоконстрикторный фактор эндотелин-1, вазодилаторный фактор – оксид азота NO, туморнекротизирующий фактор TNF, факторы роста, молекулы адгезии, простагландины и др.*
цитокины



Эндокринная регуляция

- Реализуется при выделении биологически активных веществ (**регуляторные пептиды, гормоны**) в **кровь** отдельными клетками (**эндокринная диффузная система**) или специальными органами (**эндокринные железы**).
- С током крови гормоны достигают всех органов и тканей (мишени).
- Конечный эффект регуляции определяется наличием в соответствующем органе-мишени **специфических рецепторов**.



Для гуморального механизма регуляции характерно:

1. медленное распространение;
2. диффузный характер управления;
3. низкая надежность осуществления связи

Нервный механизм регуляции

- изменение физиологических функций под влиянием нервных импульсов, передаваемых из центральной нервной системы по нервным волокнам к тканям и органам организма.

Два варианта нервной регуляции:

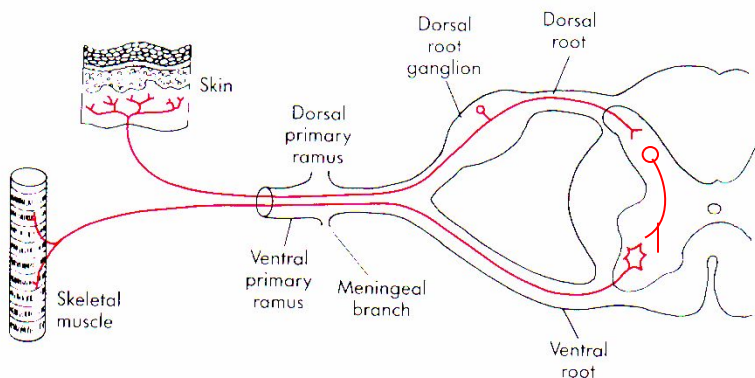
- **соматическая** – регуляция скелетной мускулатурой;
- **вегетативная (автономная)** – регуляция деятельности внутренних органов

• **Рефлекс – ответная реакция организма на изменения внутренней и внешней среды, осуществляемая при участии **ЦНС**.**

- Структурной основой рефлекса является рефлекторная дуга.
- Функционально состоит из:
афферентного, центрального и эфферентного звеньев.

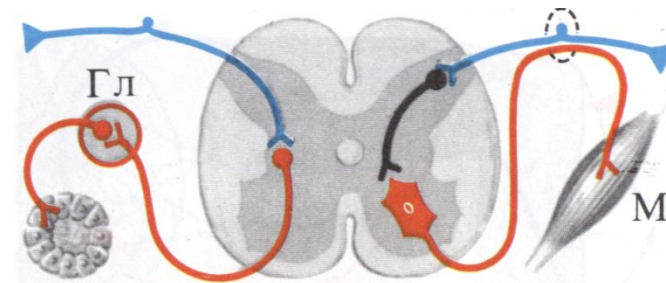
Морфологически состоит из:

- **рецепторных образований**, назначение которых заключается в трансформации энергии внешних раздражений (информации) в энергию нервного импульса;
- **афферентного (чувствительного) нейрона**, проводящего нервный импульс в нервный центр;
- **интернейрона (вставочного) нейрона** или **нервного центра**, представляющего собой центральную часть рефлекторной дуги;
- **эфферентного (двигательного) нейрона**, проводящего нервный импульс до эффектора;
- **эффектора (рабочего органа)**, осуществляющего соответствующую деятельность.



Вегетативный рефлекс

Соматический рефлекс



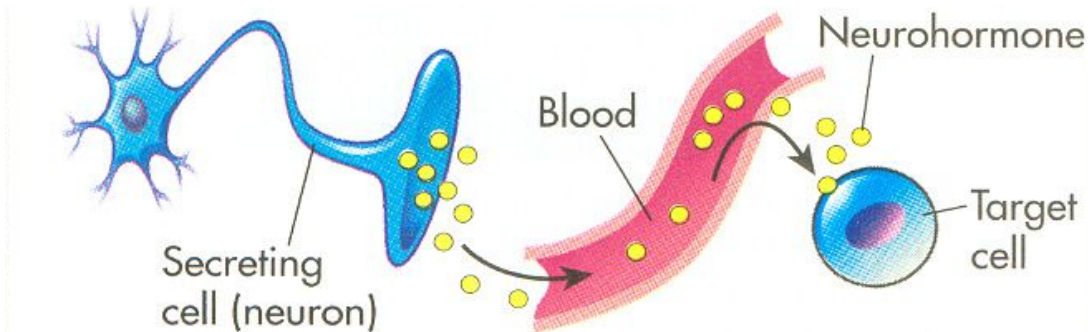
Передача нервного импульса осуществляется с помощью **нейротрансмиттеров** или **медиаторов** – химических веществ, выделяющихся нервными окончаниями в химическом синапсе

Для нервного механизма регуляции характерно:

1. высокая скорость распространения;
2. точная передача объекту регулирования управляющих воздействий;
3. высокая надежность осуществления связи.

- В естественных условиях нервный и гуморальный механизмы работают как единый **нейрогуморальный механизм управления**.

- Например, передача управляющих воздействий с нерва на иннервируемые структуры осуществляется с помощью химических посредников – медиаторов, действующих на специфические рецепторы.
- Еще более тесная связь обнаружена в некоторых ядрах гипоталамуса. Нервные клетки этих ядер приходят в активное состояние при изменении химических и физико-химических показателей крови (нейросекреция). Например, повышение осмотического давления плазмы крови вызывает активацию специальных нервных клеток супраоптического ядра гипоталамуса, что приводит к выделению в кровь антидиуретического гормона (АДГ), усиливающего реабсорбцию воды в почках, что снижает осмотическое давление плазмы крови.



- Наконец, работа симптоадреналовой системы. Активация симпатической нервной системы при стрессе приводит к повышению выделения надпочечниками гормона адреналина.

ГОМЕОСТАЗ

- 1878 - французский ученый Клод Бернар впервые поставил вопрос о значении *«постоянства внутренней среды организма»*
- 1929 - термин **гомеостаз (homeostasis - греч. *homoios* подобный, одинаковый + *stasis* стояние, неподвижность)** и его понятие определил американский физиолог W. Cannon (Кеннон).
- **ГОМЕОСТАЗ - относительное динамическое постоянство внутренней среды и физиологических функций организма**

Гомеостатические константы

1. Жесткие константы;
2. Пластичные константы

- **Жесткими константами** называются такие константы, незначительные отклонения которых могут приводить к существенным нарушениям обменных процессов и смерти организма. Например, **осмотическое давление, pH, содержание глюкозы, O_2 , CO_2 в крови.**
- **Пластичными константами** называются такие константы, значения которых могут варьировать в довольно широком диапазоне без существенных нарушений физиологических функций. Например, *количество и соотношение форменных элементов крови, объем циркулирующей крови, скорость оседания эритроцитов, уровень кровяного давления, температуры, питательных веществ в крови.*

ГОМЕОКИНЕЗ

– изменение уровня гомеостаза, переход сформировавшейся физиологической системы в новую, стабильную, адекватную условиям среды, а также изменение функций организма, направленные на восстановление гомеостаза.

САМОРЕГУЛЯЦИЯ

- Основным *механизмом* поддержания гомеостаза является саморегуляция.
- **САМОРЕГУЛЯЦИЯ** – это регуляция, при которой отклонение какой-либо физиологической функции или константы внутренней среды от уровня, обеспечивающего нормальную жизнедеятельность, является причиной возвращения этой константы к исходному уровню.

Процессы саморегуляции основаны на использовании **прямых и обратных связей.**

- **Прямая связь** предусматривает выработку управляющих воздействий на основании информации об отклонении константы или действии возмущающих факторов.
- **Обратная связь** предусматривает передачу выходного, регулируемого сигнала о состоянии объекта управления на вход системы. Различают положительную и отрицательную обратные связи.
- - **положительная обратная** связь усиливает управляющее воздействие, способствует формированию новой функциональной системы.
- - **отрицательная обратная** связь ослабляет управляющее воздействие, уменьшает влияние возмущающих факторов, способствует возвращению измененного показателя к стационарному уровню.

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ

- Сеченов И.М. обратил внимание *на изменчивость рефлексов* головного мозга в зависимости от внутреннего состояния субъектов и факторов окружающей среды.
- И.П. Павлов, создавший стройное учение об условных рефлексах, распространил понятие «**система**» на деятельность целого организма человека как «...саморегулирующуюся, саму себя поддерживающую, восстанавливающую и даже совершенствующую».
- А.А. Ухтомский продемонстрировал, что ответы животных на внешние раздражители существенно зависят от формирующихся внутри организма *системных доминантных состояний*.
- 1935 - понятие «**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА**» П.К. Анохина
- 1948 - книга Н. Винера «Кибернетика»;

Системный подход

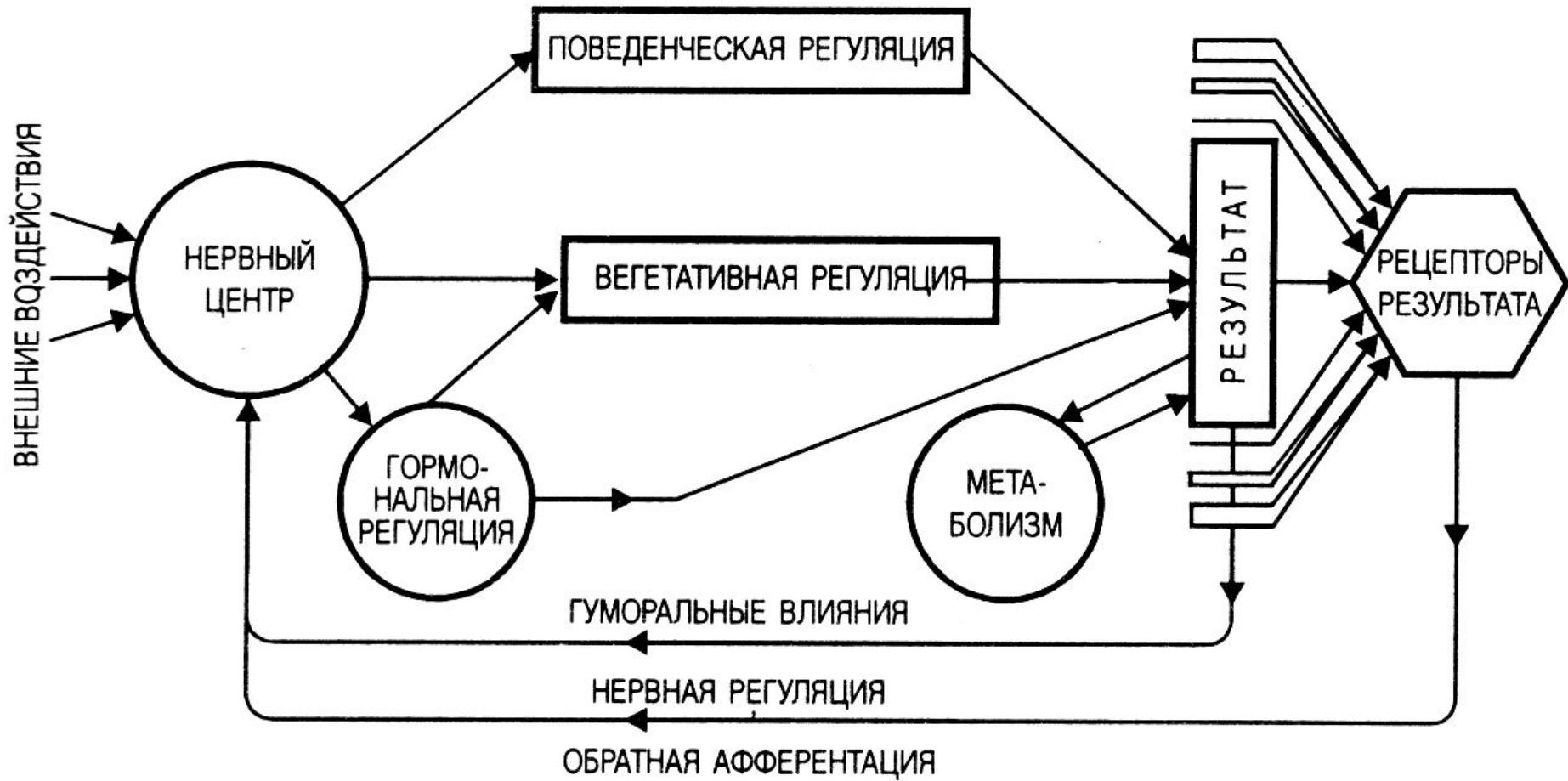
- **Биологическая система** - «упорядоченное множество взаимосвязанных элементов».
- **Функциональная система** – динамически складывающийся саморегулирующийся комплекс центральных и периферических образований, обеспечивающий достижение полезных приспособительных результатов для удовлетворения ведущих потребностей организма.

Существенным отличием теории П.К. Анохина от теории систем являются:

- Наличие полезного адаптивного результата, который в функциональных системах является **системообразующим фактором** и играет решающую роль в объединении множества компонентов в систему, обеспечивающую приспособительную деятельность организма.
- Наличие динамической архитектоники, представленной узловыми механизмами с обязательной обратной афферентацией (обратной связью), поступающей в ЦНС от конечного результата ее деятельности.

Архитектоника функциональных систем

1. Полезный приспособительный результат как ведущее звено функциональной системы;
2. Рецепторы результата;
3. Обратную афферентацию, поступающую от рецепторов результата в центральные образования функциональной системы;
4. Центральную архитектуру, представляющую избирательное объединение нервных элементов различных уровней в специальные системные механизмы.
5. Исполнительные соматические вегетативные, гуморальные компоненты, включающие организованное целенаправленное поведение.



Организация различных ФС принципиально одинакова, т.е. построена *по принципу изоморфизма*.

Отличия ФС обусловлены **характером результата**.

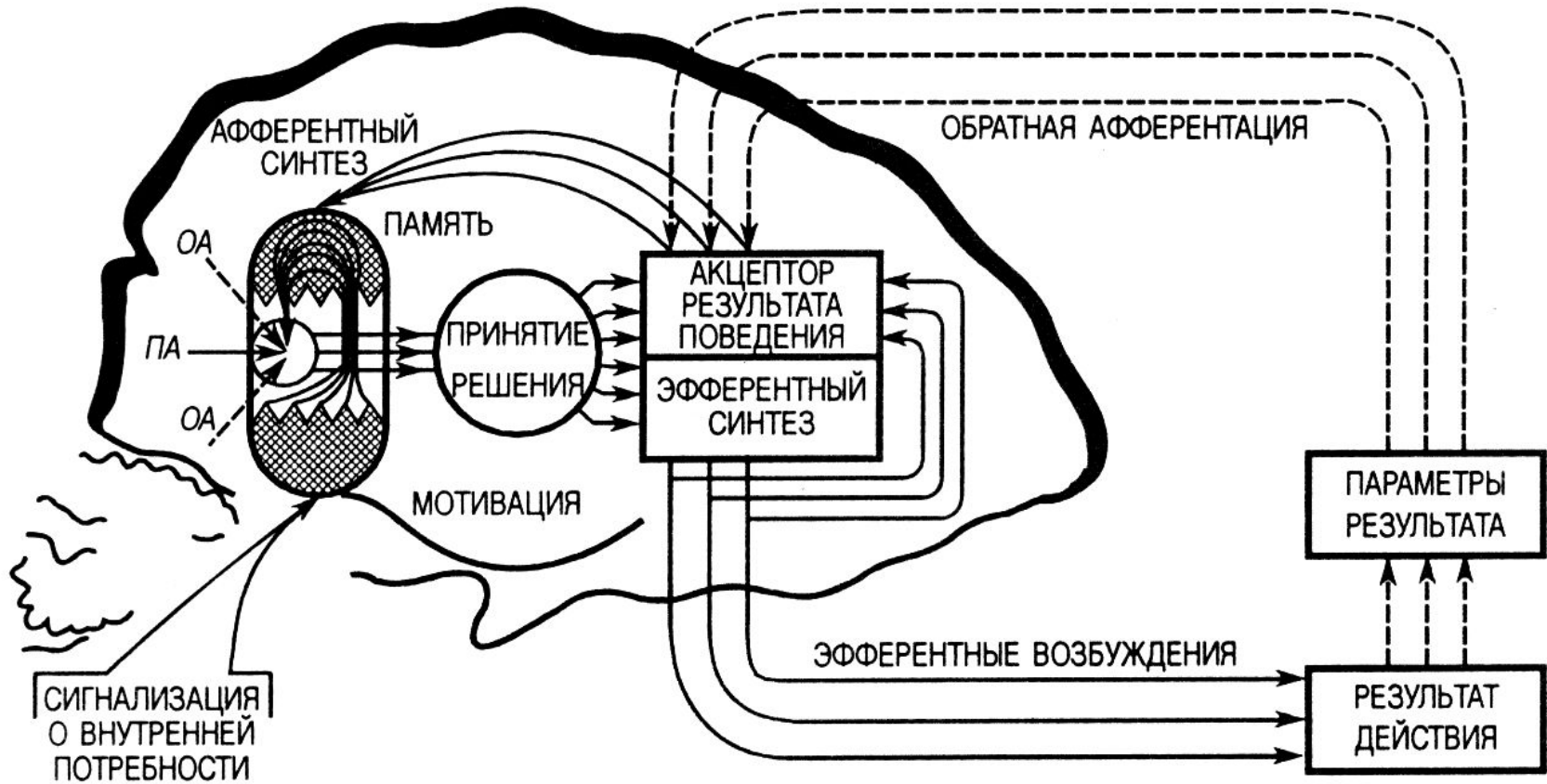
Многообразии полезных для организма приспособительных результатов может быть сведено к нескольким группам:

- 1). Метаболические результаты;
- 2). Гомеостатические результаты;
- 3). Результаты поведенческой деятельности, удовлетворяющие основные биологические потребности;
- 4). Результаты поведенческой деятельности, удовлетворяющие социальные потребности человека.

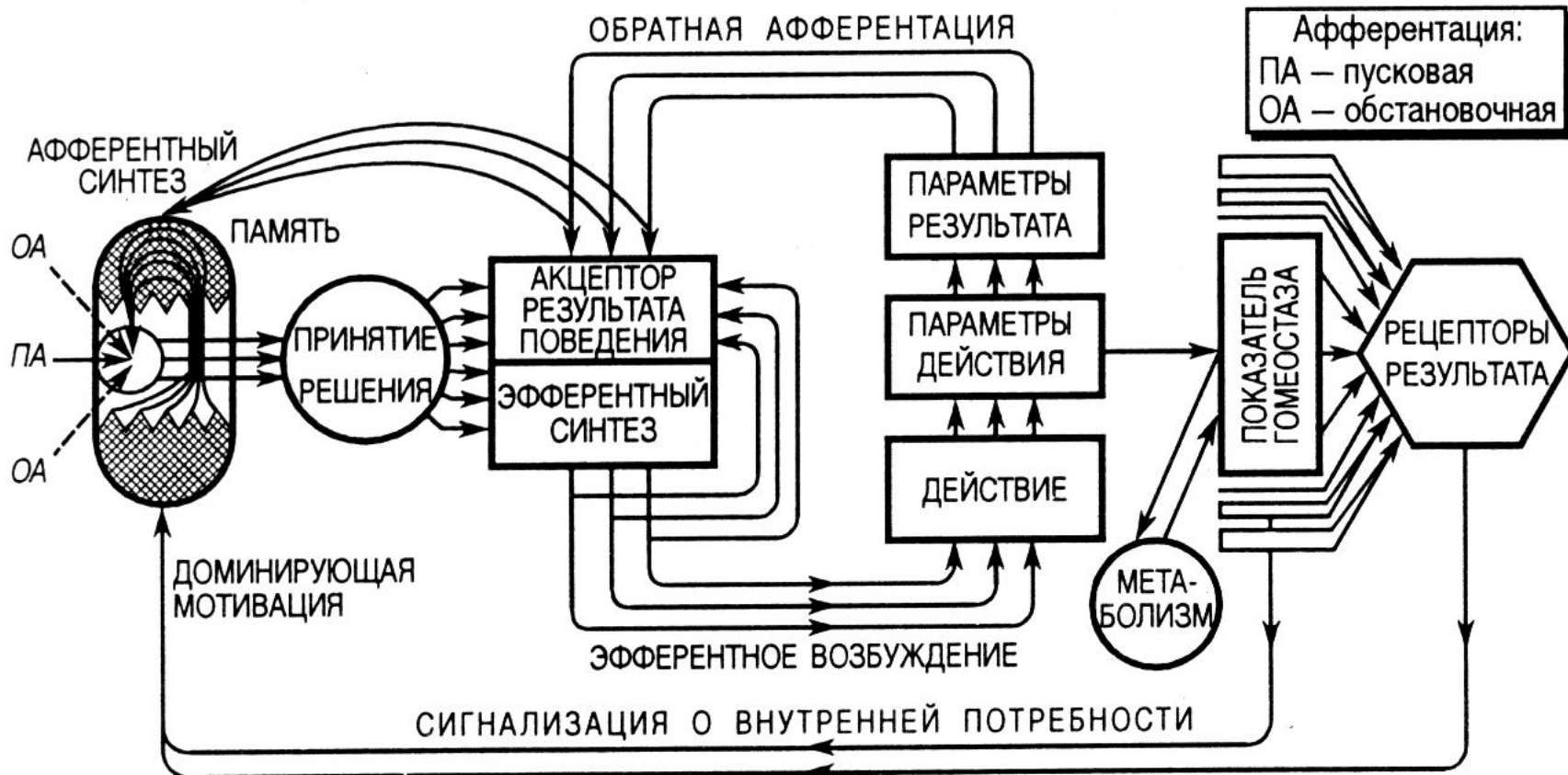
Принципы взаимодействия функциональных систем

- **Системогенеза** - избирательное становление ФС и их отдельных частей в процессе онтогенеза;
- **Мультипараметрического взаимодействия** - взаимодействие разных функциональных систем по их конечным результатам, что нередко определяет их обобщенную деятельность в интересах целого организма;
- **Иерархическое доминирование** функциональных систем. Доминирование отдельных ФС в организме определяется механизмами доминанты и означает, что в каждый данный момент времени деятельностью организма завладевает ведущая ФС, обеспечивающая удовлетворение главной для выживаемости, продления рода или общественного престижа потребности
- **Последовательного динамического взаимодействия** - континуум (последовательность) процессов пищеварения, дыхания, выделения, кровообращения, поведения
- **Системного квантования жизнедеятельности** - процессы гомеостаза и поведения в их континууме расчленяются деятельностью ФС на дискретные элементы (кванты), каждый из которых заканчивается полезным для организма результатом. *Например, системокванты дыхания: 1. вдох и поступление воздуха в альвеолы, 2. диффузия газов из альвеол в легочные капилляры, 3. транспорт кислорода к тканям, 4. транспорт газов из капилляров в ткани и из тканей – в кровь, 5. транспорт газов к легким, 6. альвеолярный газообмен, 7. выдох.*

- По принципу изоморфизма построена **центральная архитектура функциональных систем.**
1. Афферентный синтез;
 2. Принятие решения;
 3. Акцептор результата действия + оценка достигнутого результата;
 4. Эфферентный синтез.



ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ПОВЕДЕНИЯ



Вопросы для студентов

- 1. По какому принципу происходит регуляция физиологических функций и гомеостатических констант при их изменении под действием факторов окружающей среды?
- 2. Назовите основные характерные отличия эндокринной регуляции от других вариантов гуморальной регуляции?
- 3. Что такое рефлекс?
- 4. Дайте определение отрицательной обратной связи.