

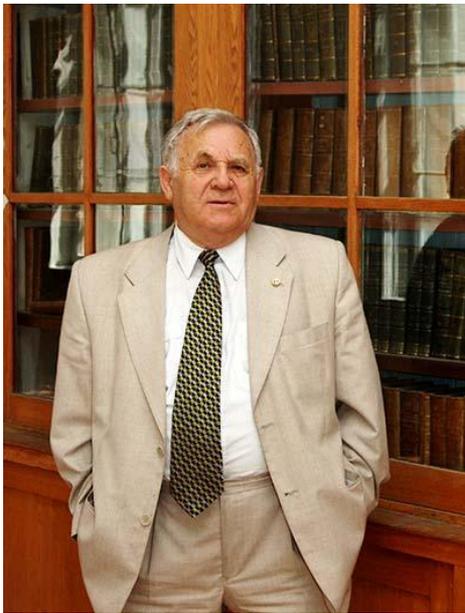
# Метасимпатическая нервная система:

строение, медиаторы, роль в регуляции работы сердца и желудочно-кишечного тракта

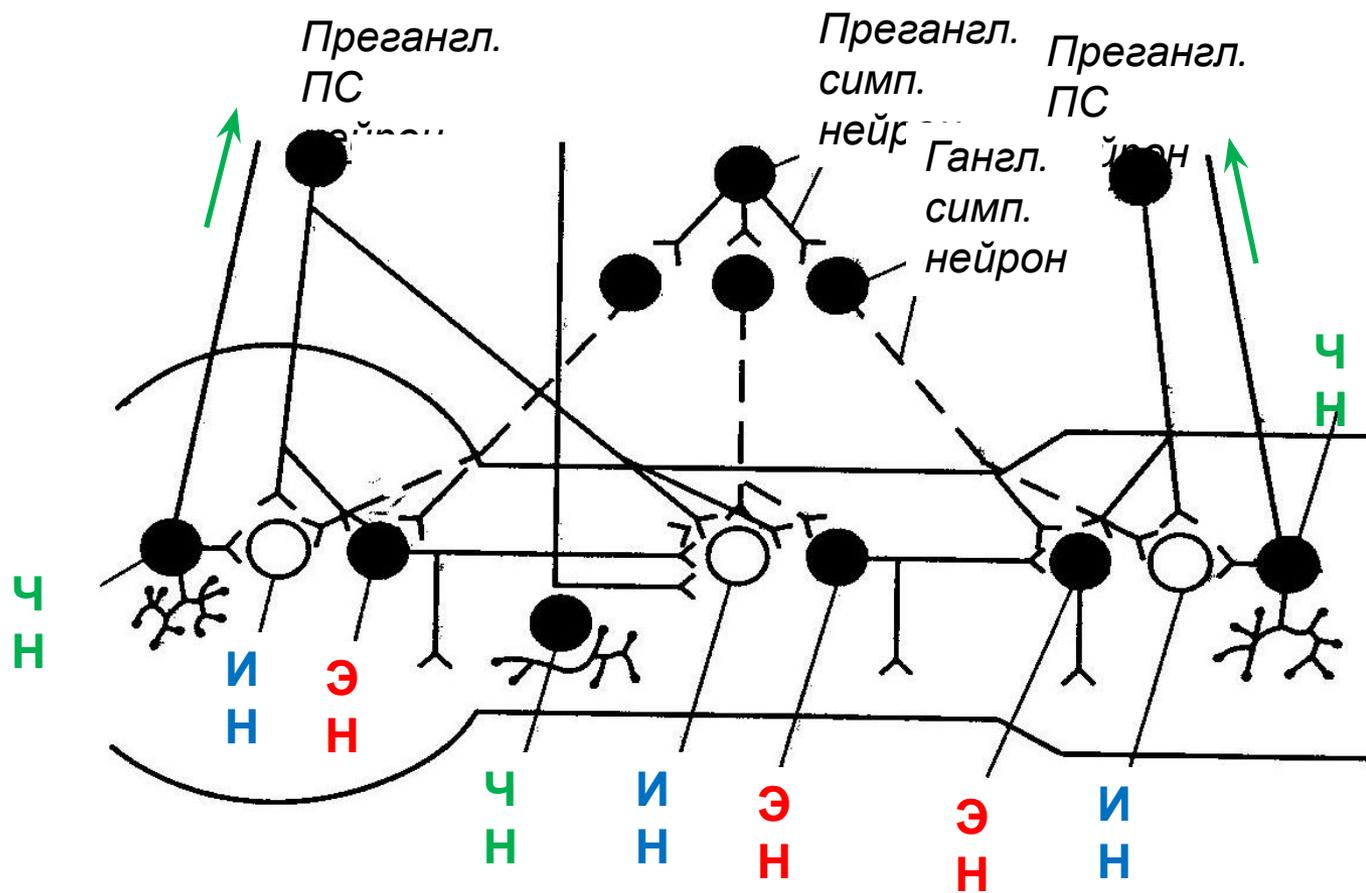
# Метасимпатическая нервная система

(по А.Д.Ноздрачеву):

- **Иннервирует только внутренние органы, наделенные собственной моторной активностью** (в сфере ее иннервации находятся гладкая мышца, всасывающий и секретирующий эпителий, локальный кровоток, местные эндокринные элементы, иммунные структуры).
- **Получает синаптические входы от симпатической и парасимпатической систем и не имеет прямых синаптических контактов с эфферентной частью соматической рефлекторной дуги.**
- **Имеет собственное сенсорное звено** (механо-, хемо-, термо- и осморорецепторы).
- **Не находится в антагонистических отношениях с другими частями нервной системы.**
- **Обладает гораздо большей, чем симпатическая и парасимпатическая нервная система, независимостью от ЦНС.**
- **Органы с разрушенными или с выключенными с помощью ганглиоблокаторов метасимпатическими путями утрачивают присущую им способность к координированной ритмической моторной и другим функциям.**



# Функциональный модуль метасимпатической системы (по А.Д. Ноздрачеву)



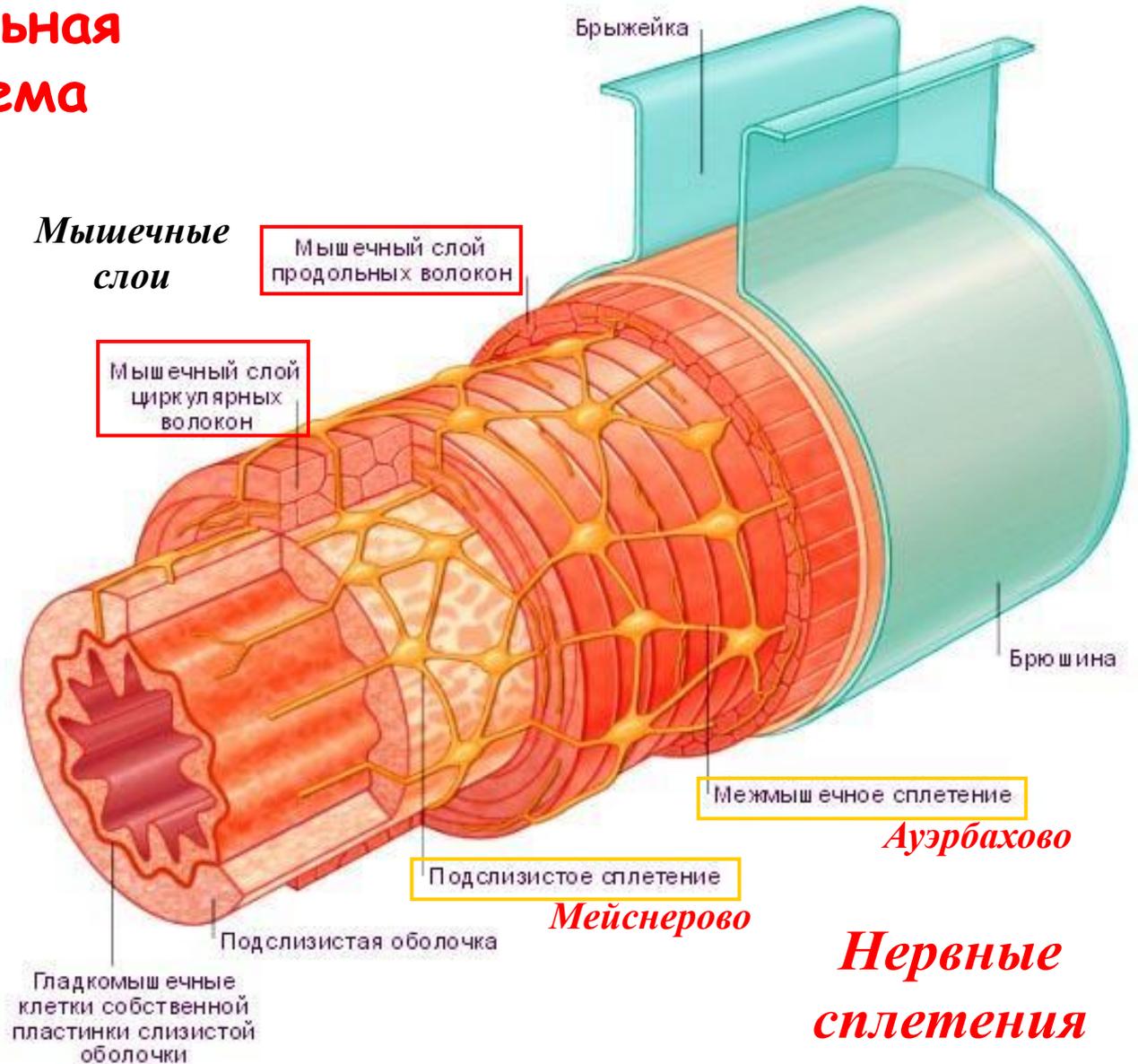
**ЭН** – эфферентный нейрон (= ганглионарный парасимпатический нейрон)

**ИН** - интернейрон

**ЧН** – чувствительный нейрон (клетка II типа по Догелю)

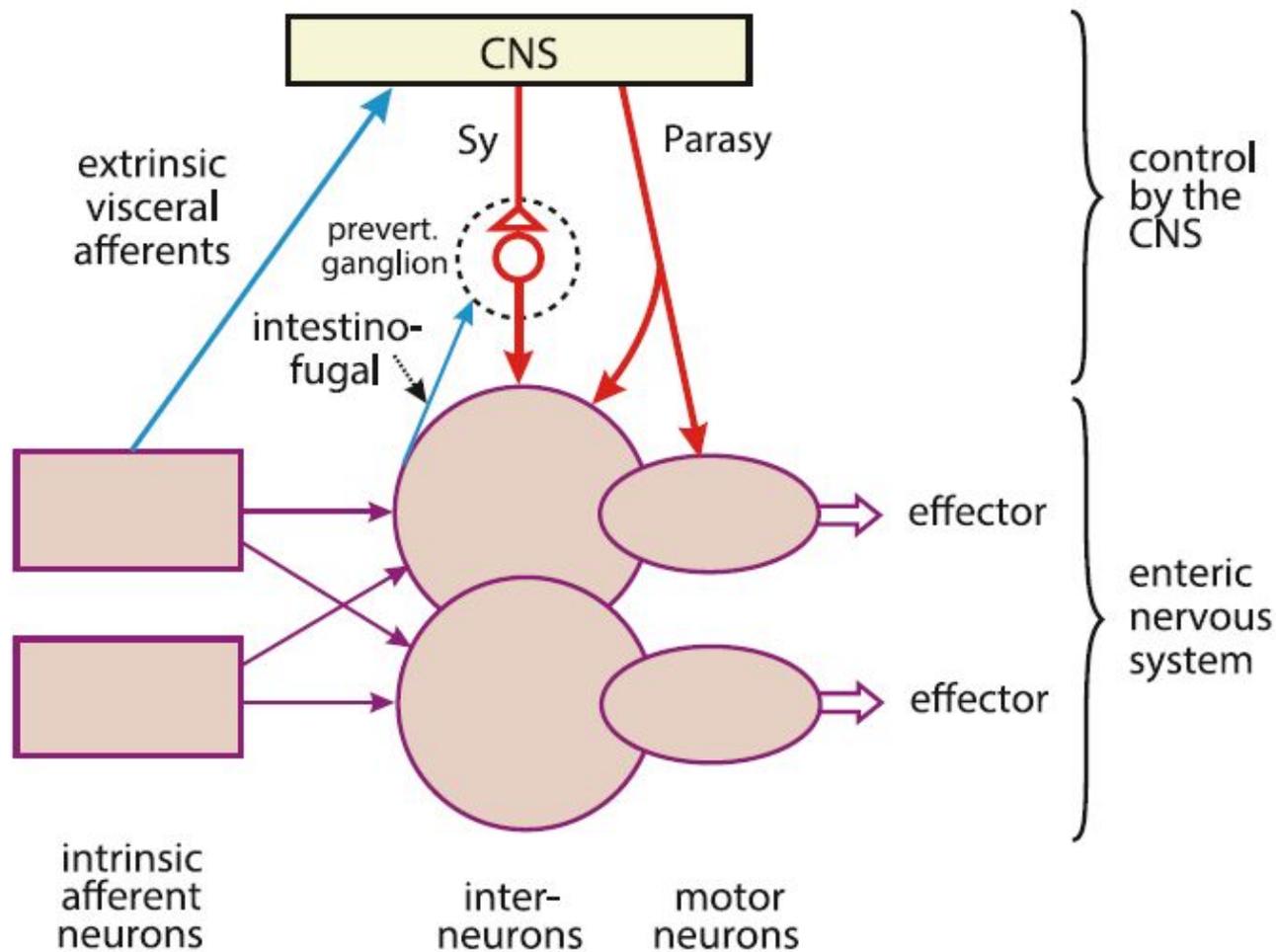
# Желудочно-кишечный тракт: энтеральная нервная система

- ❑ Лежит в стенке ЖКТ, от пищевода до анального отверстия;
- ❑ ~ 100 млн. нейронов ~ числу нейронов в спинном мозге;
- ❑ Регулирует процессы перистальтики и секреции;
- ❑ Может функционировать независимо от внешних регулирующих воздействий

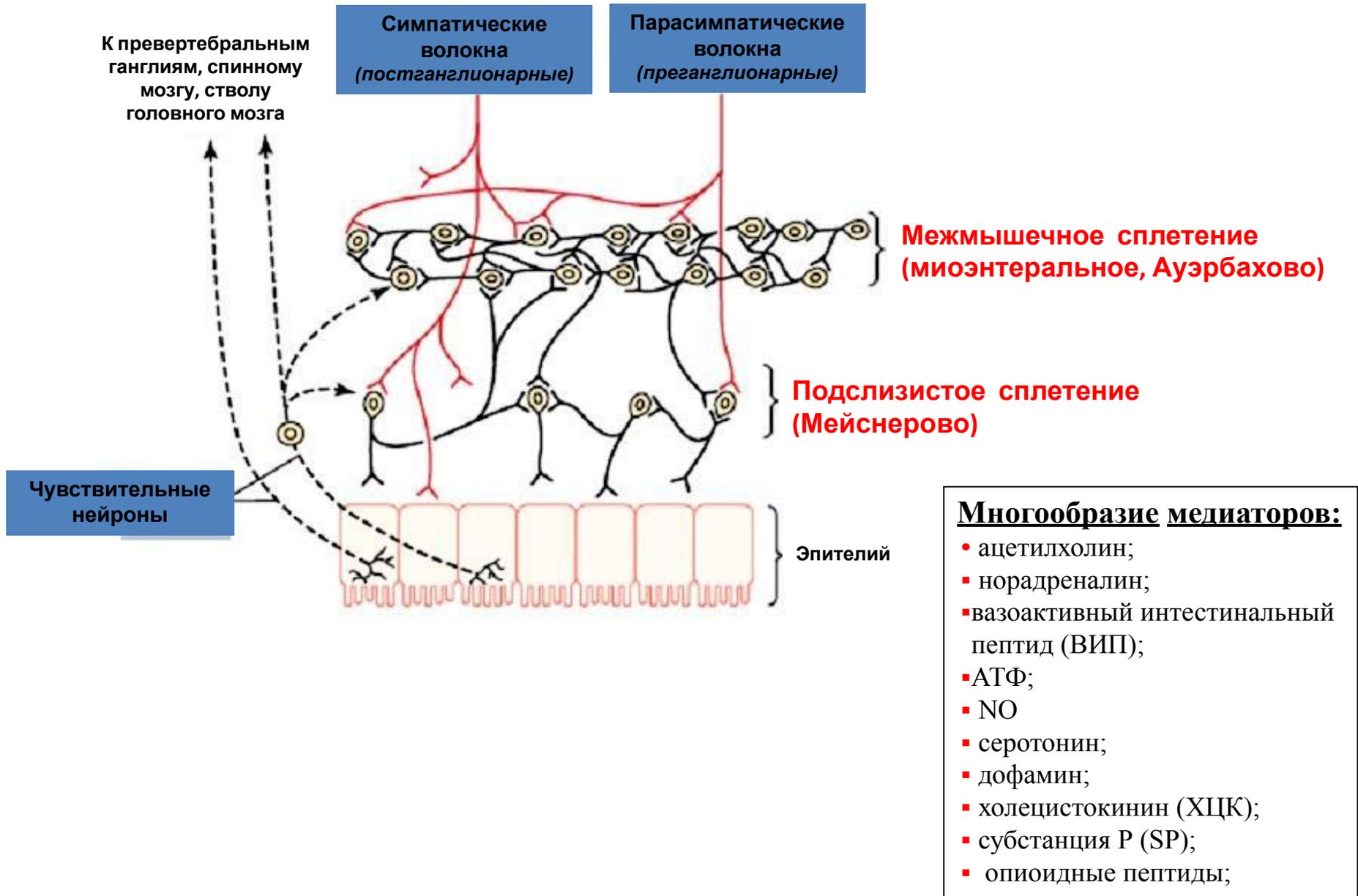


**Нервные сплетения**

# Функциональная организация энтеральной нервной системы и ее связи с ЦНС (по W.Janig)



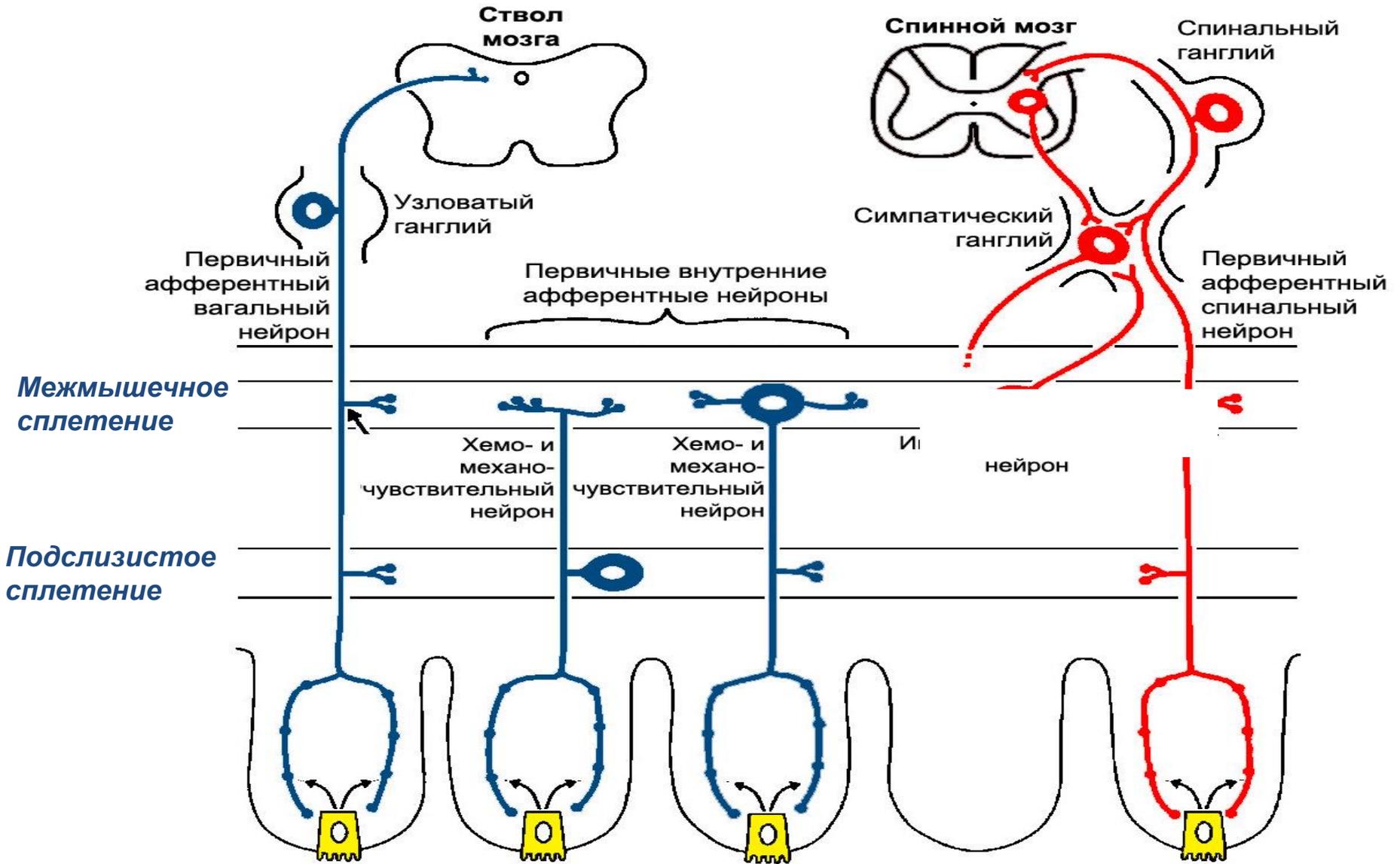
# Энтеральная (метасимпатическая) нервная система



## Многообразие медиаторов:

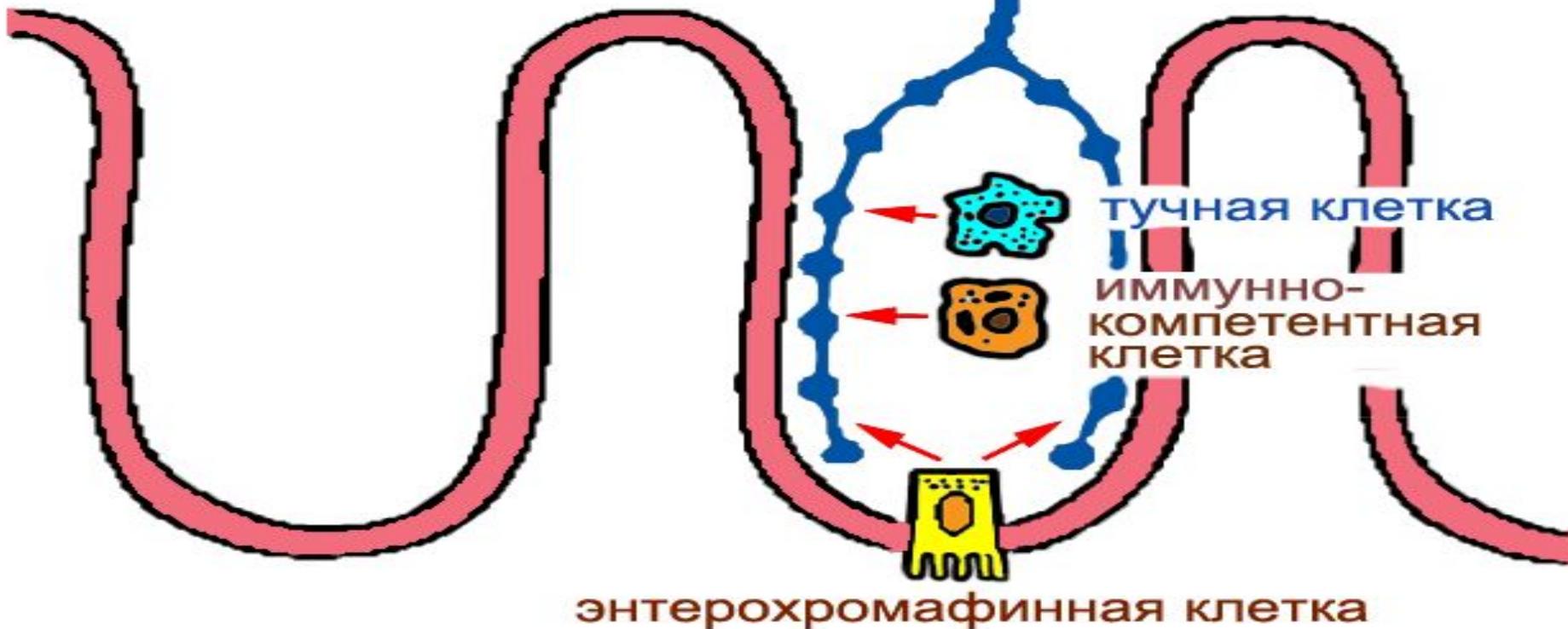
- ацетилхолин;
- норадреналин;
- вазоактивный интестинальный пептид (ВИП);
- АТФ;
- NO
- серотонин;
- дофамин;
- холецистокинин (ХЦК);
- субстанция P (SP);
- опиоидные пептиды;

# Типы чувствительных нейронов в тонкой кишке



**Энтерохромаффинные (энтероэндокринные) клетки (APUD-система)**

Первичный афферентный нейрон



Клетки, продукты которых влияют на чувствительные нервные окончания

# Аксон-рефлекс

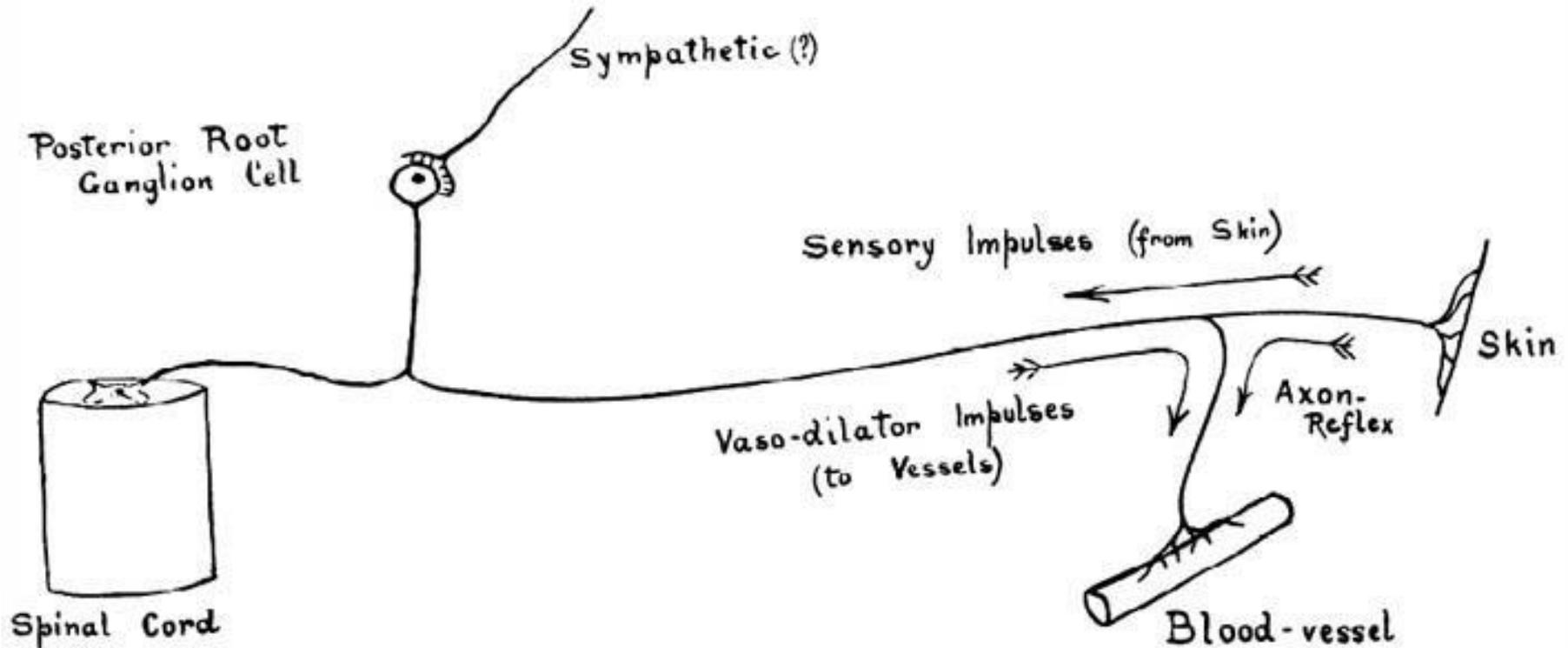
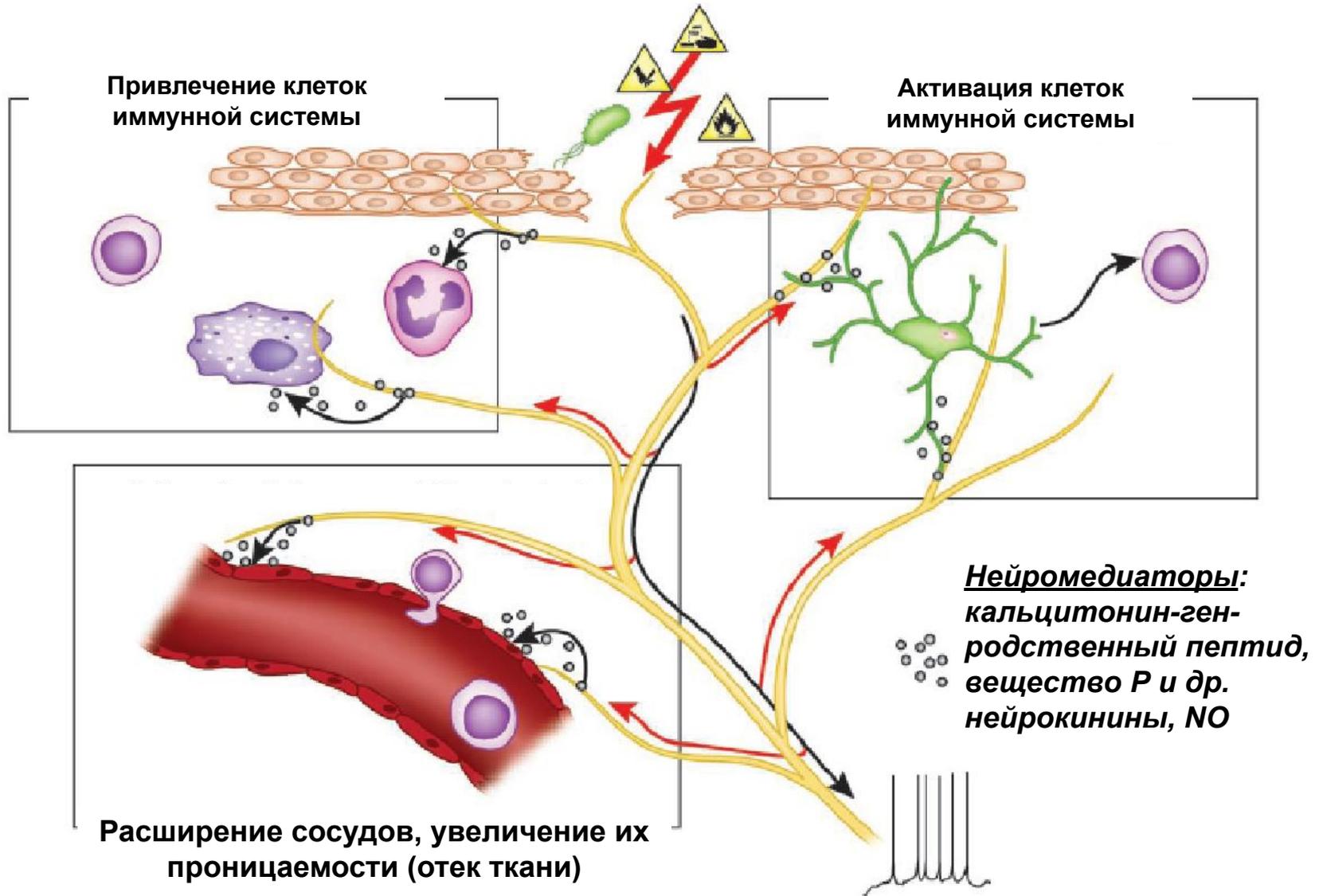


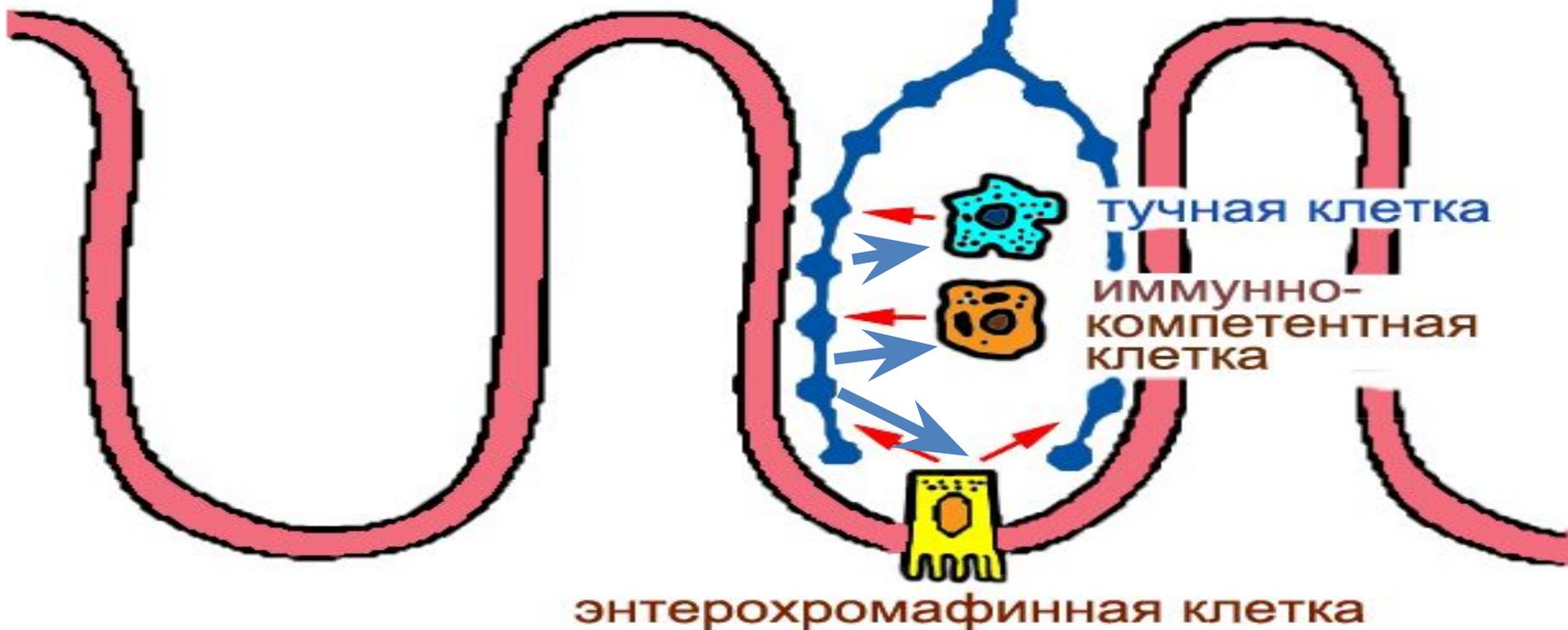
FIGURE 1. Reproduction of the original drawing made by Bruce (4) to explain how impulse activity in sensory nerve fibres could influence blood flow in adjacent skin via an axon reflex mechanism.

(Bruce, 1912)

## Эффекты медиаторов чувствительных нервных волокон



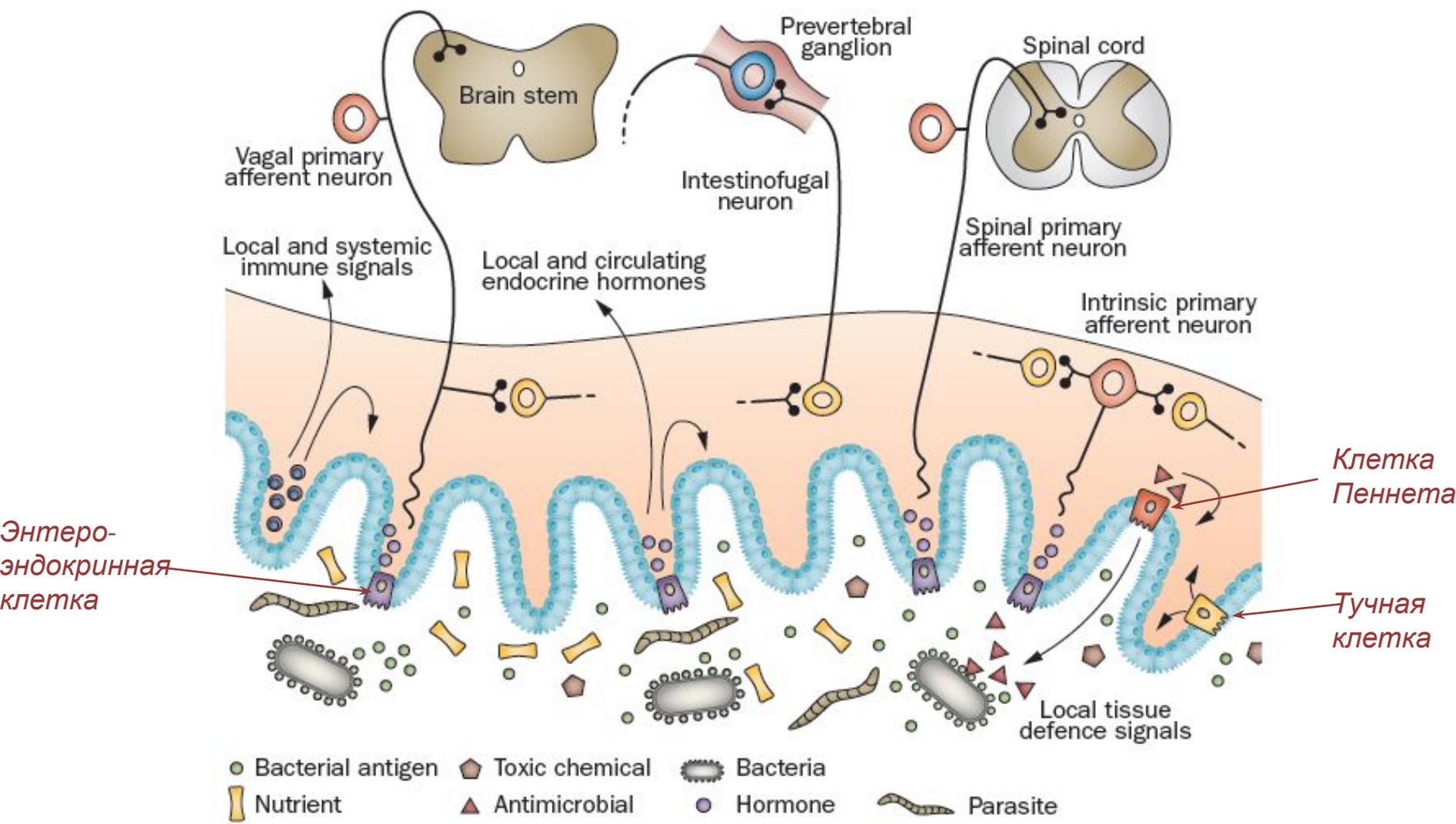
Первичный афферентный нейрон



Активация тучных, иммунных и эндокринных клеток кишечника медиаторами чувствительных нейронов

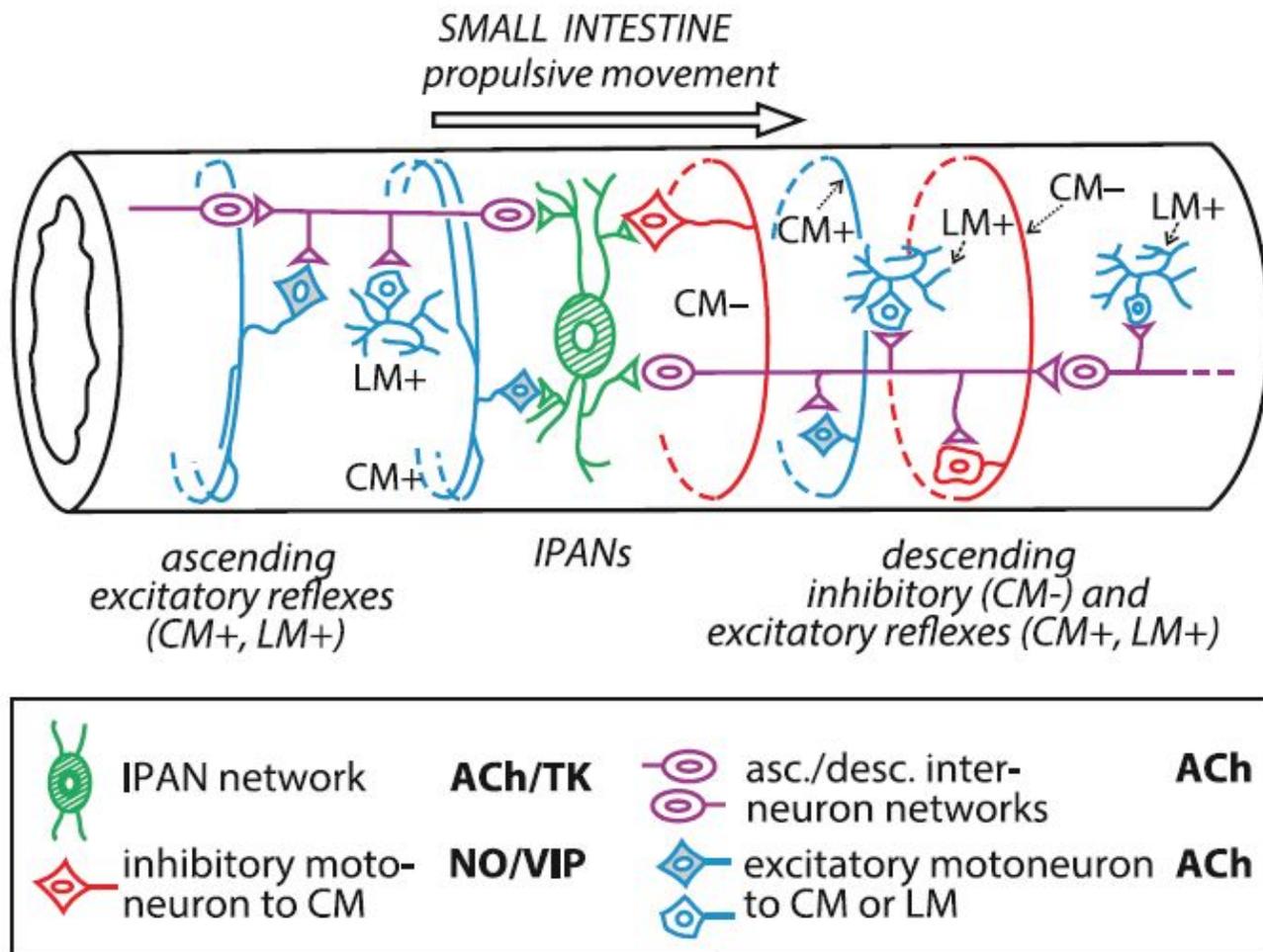
# The gut as a sensory organ

John B. Furness, Leni R. Rivera, Hyun-Jung Cho, David M. Bravo and Brid Callaghan  
Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol. advance online publication 24 September 2013; doi:10.1038/nrgastro.2013.180



**Химические сигналы, воспринимаемые рецепторами энтеральной нервной системы**

**Типы нейронов,  
регулирующих  
моторику  
кишечника и их  
основные  
медиаторы  
(Furness, 2006)**



IPAN (intrinsic primary afferent neurons) – чувствительный нейрон  
LM+ и CM+ - возбуждающие мотонейроны кольцевых и циркулярных  
мышц

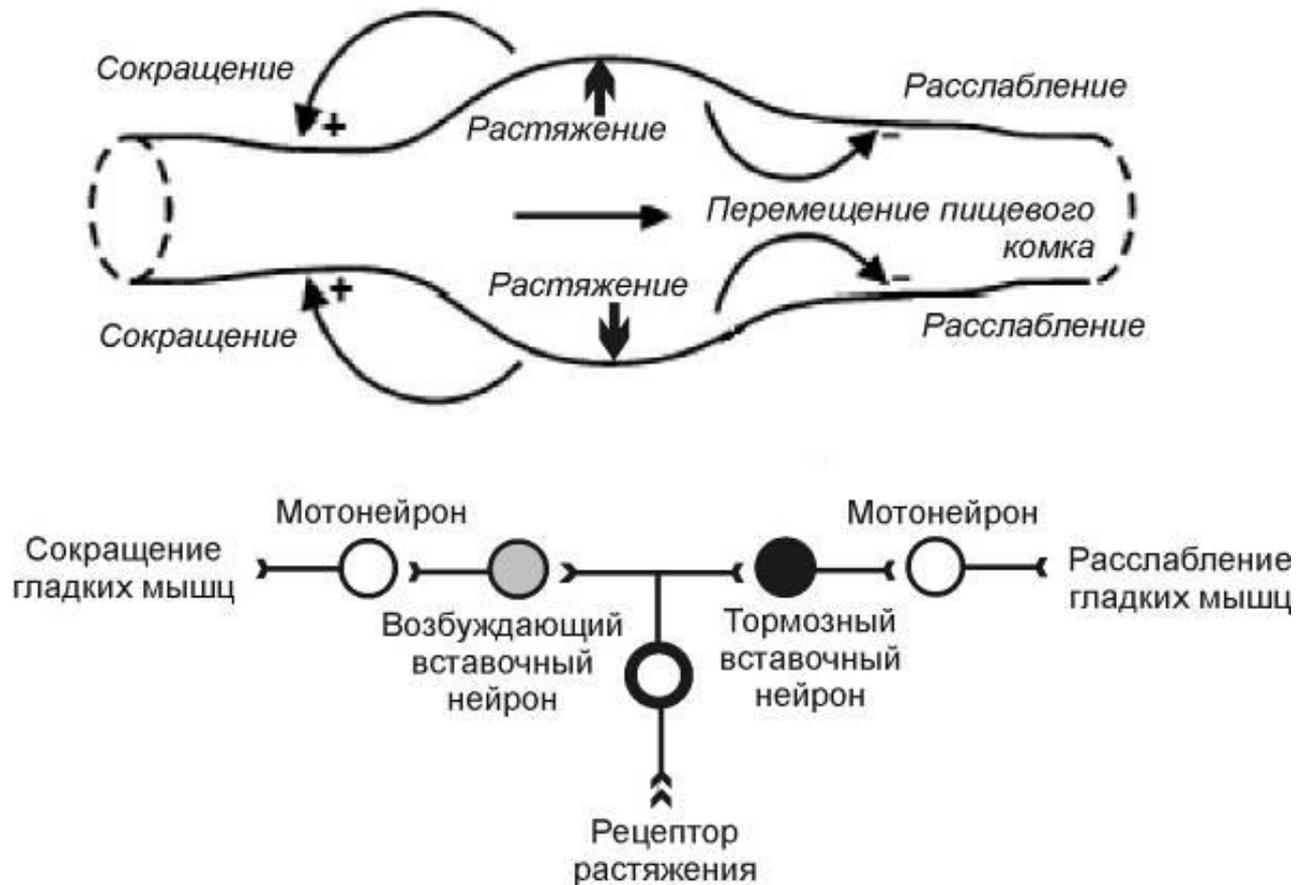
CM- - тормозные мотонейроны циркулярных мышц

Ach – ацетилхолин; ТК – тахикинины (пептиды);

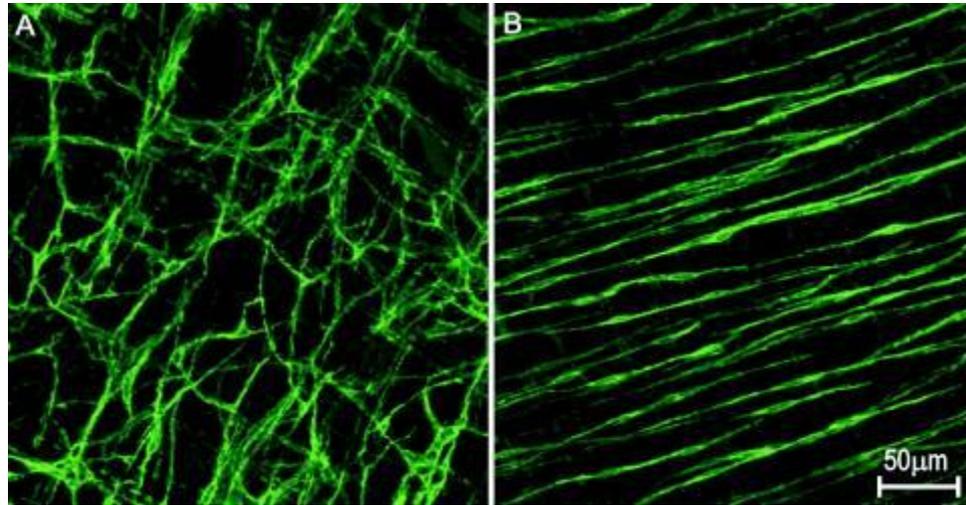
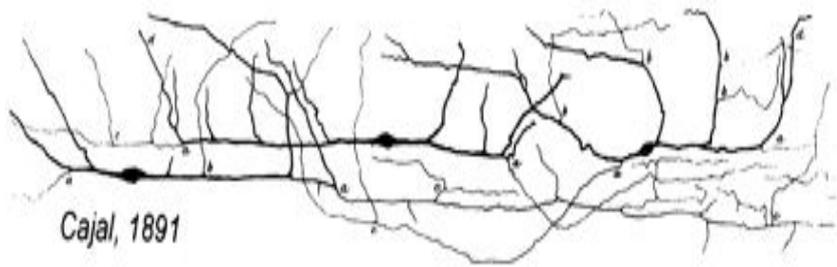
VIP – vasoactive intestinal peptide; NO – оксид азота

# Координация перистальтических сокращений кишечника метасимпатической нервной системой

(«перистальтический рефлекс»)



# Интерстициальные клетки Кахаля



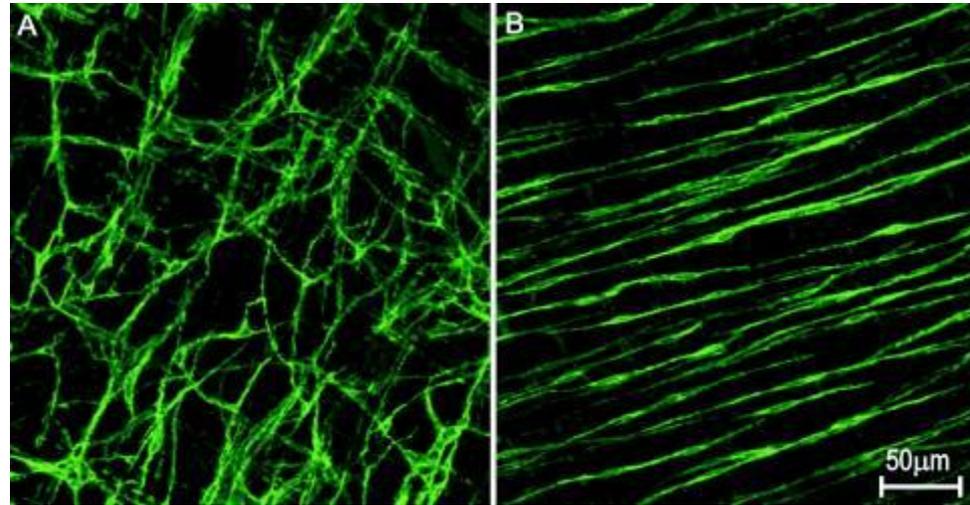
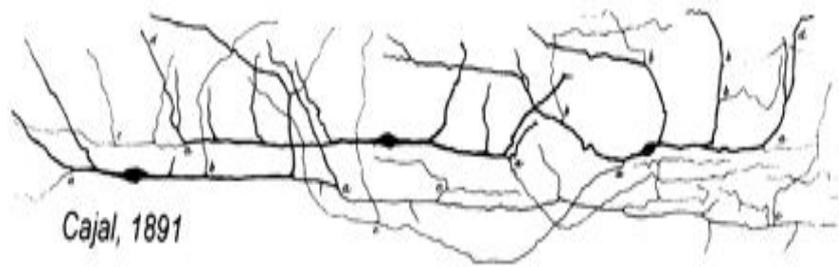
В межмышечном  
нервном сплетении

В толще мышечного слоя,

- 1) Имеют мезенхимальное происхождение (как и гладкомышечные клетки)
- 2) Пейсмекеры гладкой мускулатуры ЖКТ
- 3) «Акцепторы» и посредники нервных влияний

# Интерстициальные клетки Кахаля:

- 1) имеют мезенхимальное происхождение
- 2) пейсмекеры гладкой мускулатуры ЖКТ
- 3) «акцепторы» и посредники нервных влияний



В межмышечном нервном сплетении

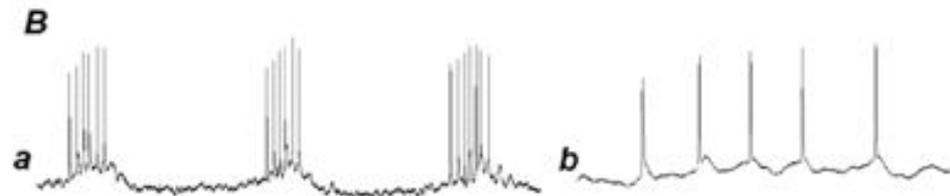
В толще мышечного слоя,

## Электрическая активность в толстом кишечнике мыши

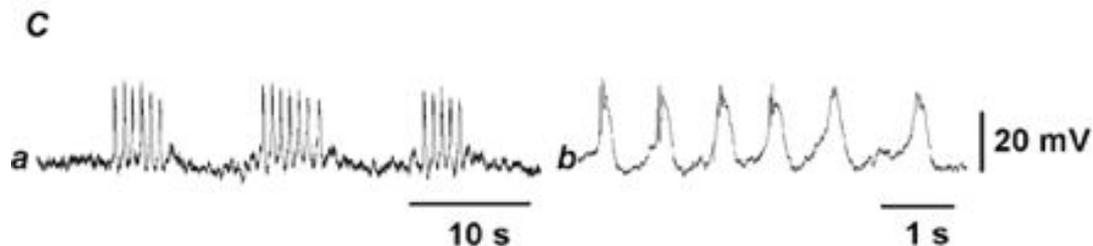
Клетка Кахаля



Гладкомышечной клетке кольцевого мышечного слоя



Гладкомышечной клетке продольного мышечного слоя

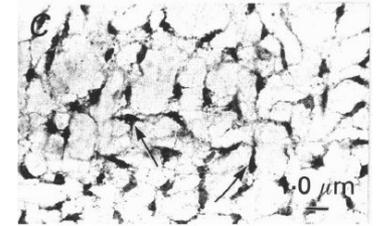
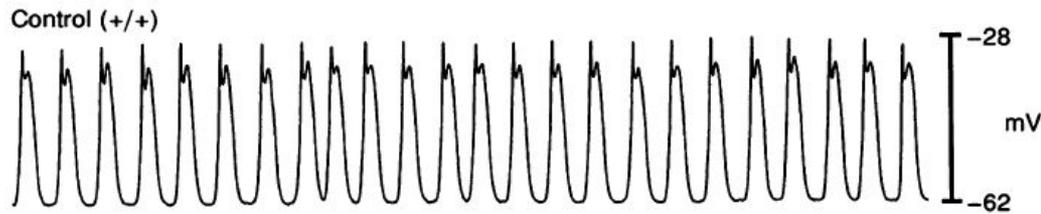


Yoneda et al. *J Physiol.*  
2002 542(Pt 3):887-97.

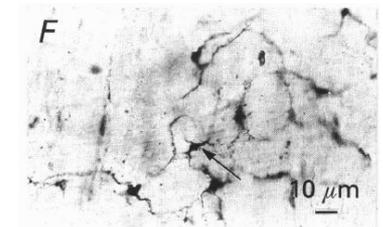
# Клетки Кахаля необходимы для моторной активности кишечника

Ward et al. *J Physiol* 1994 v.480, pp. 91-97

Ритмические сокращения кишечника  
мышы «дикого типа»



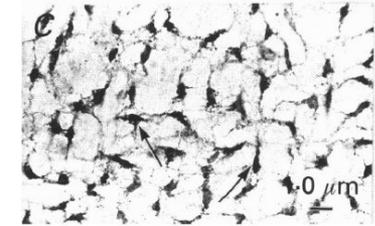
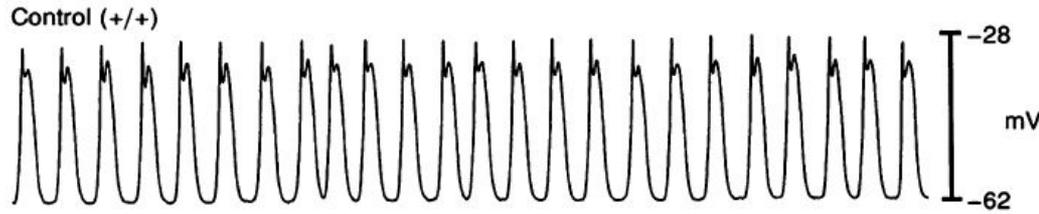
Недоразвитие  
клеток Кахаля:  
сокращений нет



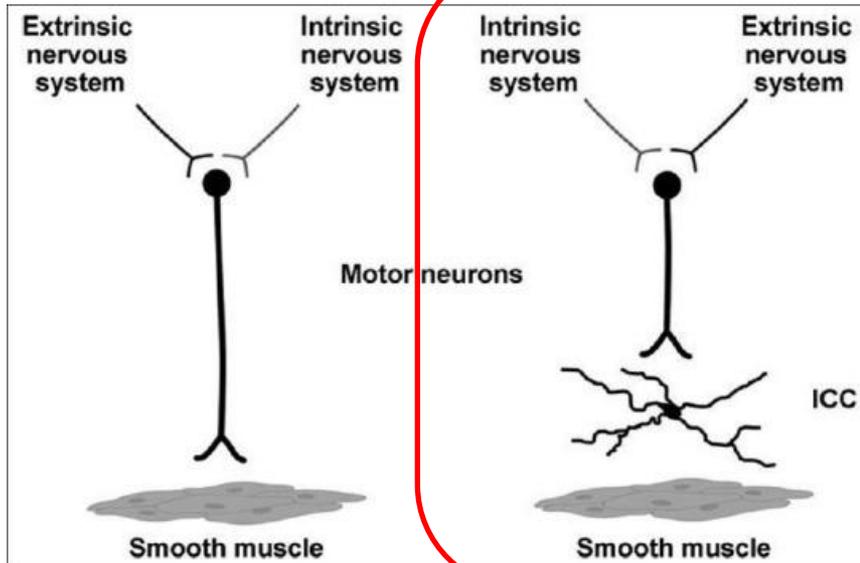
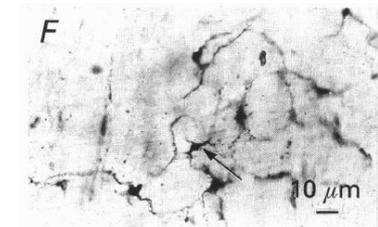
# Клетки Кахаля необходимы для моторной активности кишечника

Ward et al. J Physiol 1994 v.480, pp. 91-97

Ритмические сокращения кишечника мыши «дикого типа»



Недоразвитие клеток Кахаля: сокращений нет



Интерстициальные клетки Кахаля - «акцепторы» и посредники нервных влияний в желудочно-кишечном тракте и других органах

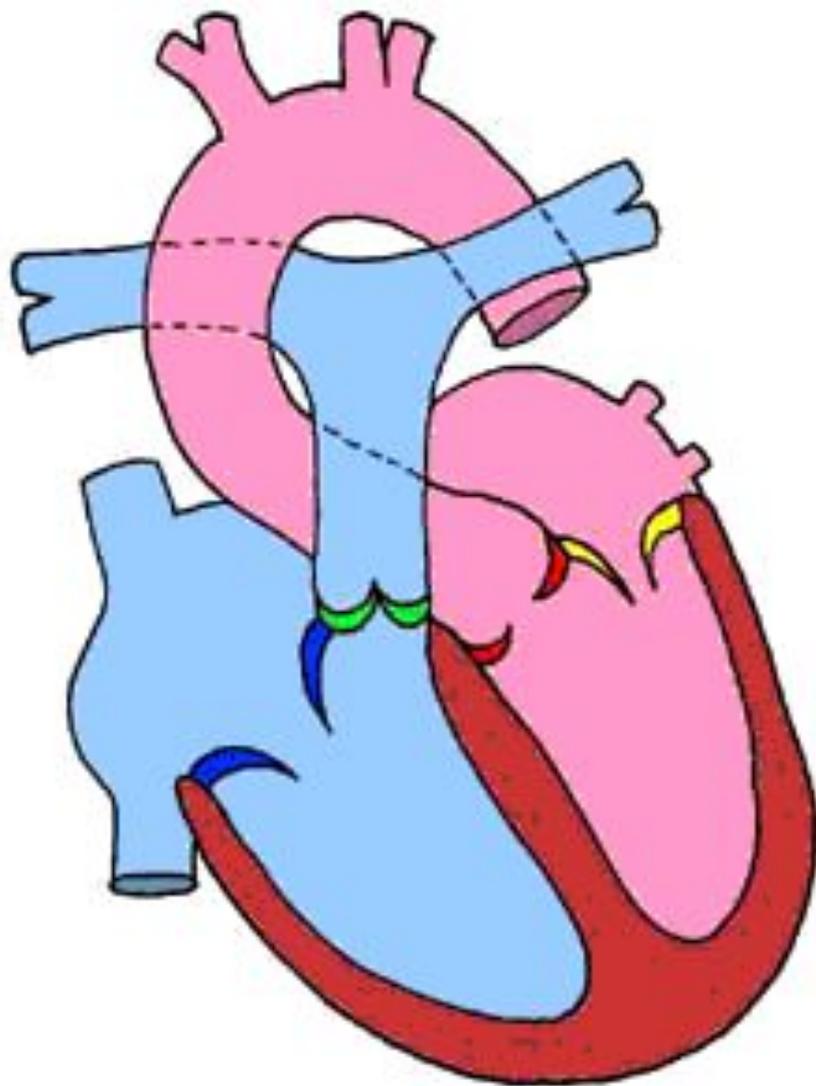
# Болезнь Гиршпрунга (аганглиоз):

*нарушение развития межмышечного нервного сплетения*



Расширение  
проксимального  
участка

Участок с  
неправильной  
иннервацией

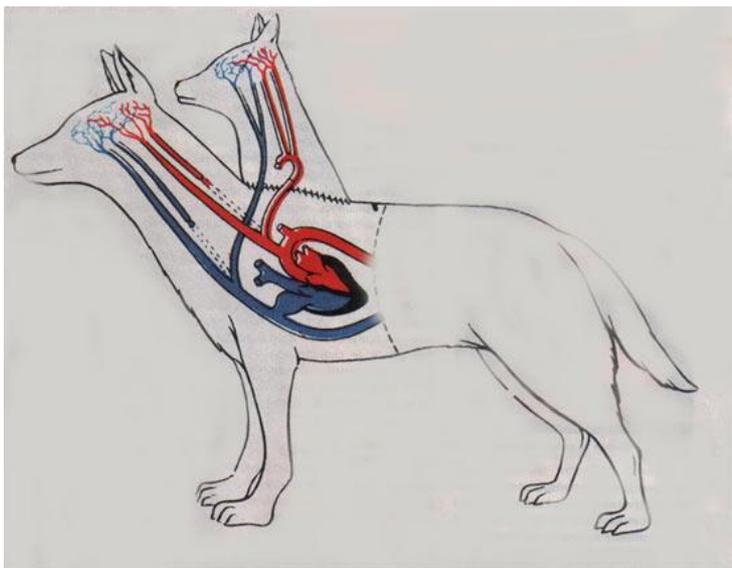
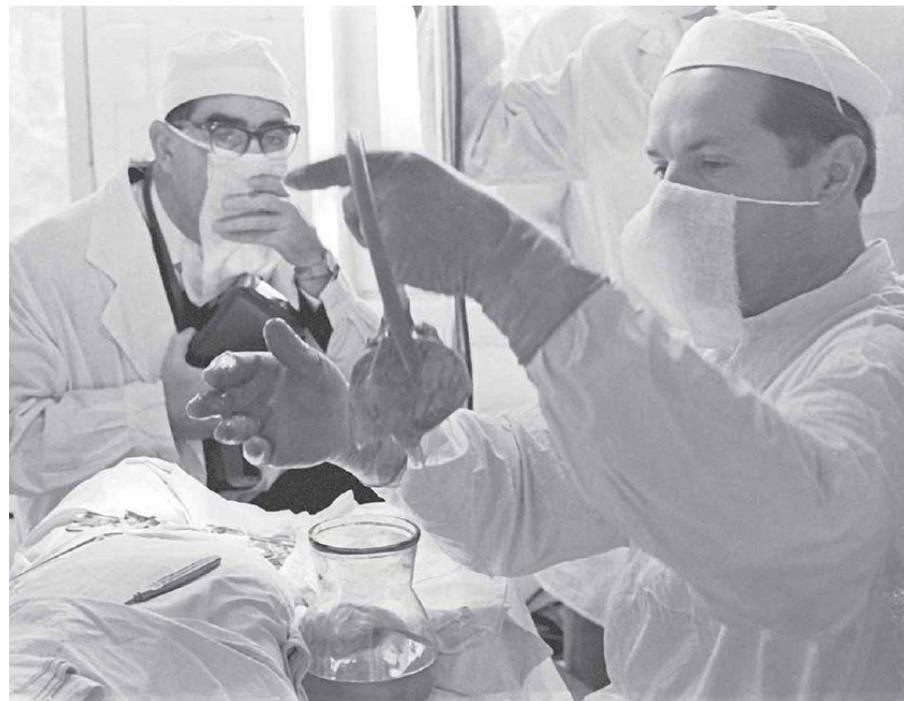


**Сердце: внутрисердечная нервная система**

# Владимир Петрович Демихов

(1916 – 1998)

- основоположник  
русской и мировой  
трансплантологии

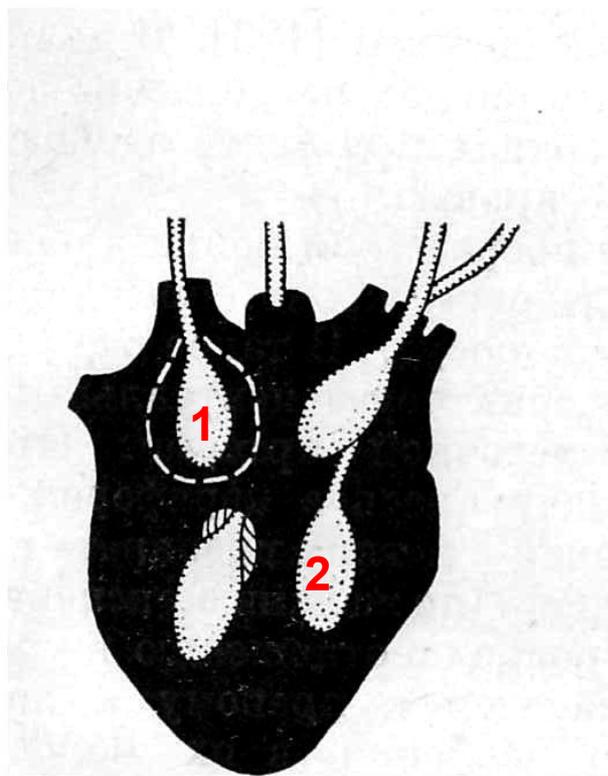


*В трансплантированном  
сердце частично сохраняется  
способность адаптировать  
работу к потребностям  
организма*

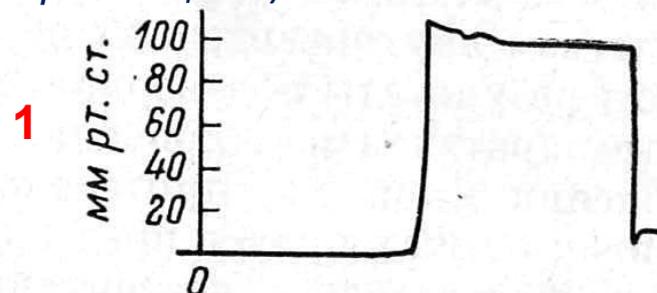
# Г.И.Косицкий и М.Г.Удельнов: роль внутрисердечной нервной системы

## в регуляции работы сердца

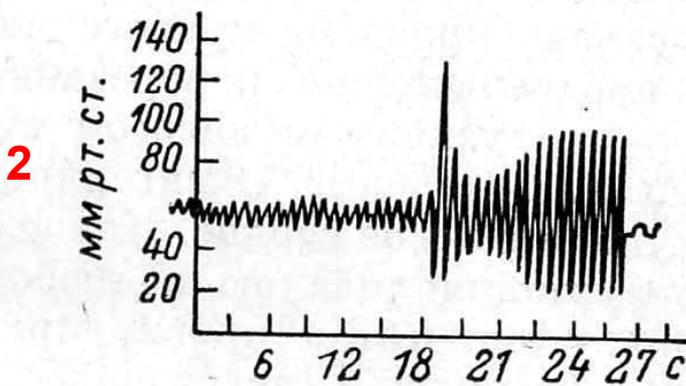
**Увеличение силы сокращений левого желудочка сердечно-легочного препарата кошки при растяжении правого предсердия** (правое предсердие и левый желудочек гемодинамически разобщены)



разобщены)



Давление в баллончике, введенном в правое предсердие



Колебания давления в аорте

Сердце кошки с баллончиками, введенными в предсердия и желудочки

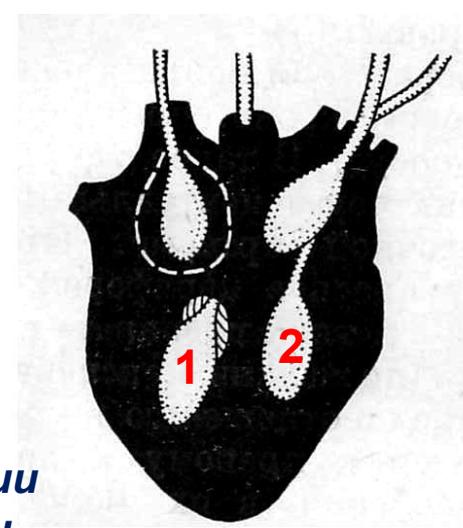
Эффект на левый желудочек исчезал под действием ганглиоблокатора

**Г.И.Косицкий и М.Г.Удельнов: роль внутрисердечной нервной системы  
в регуляции работы сердца**

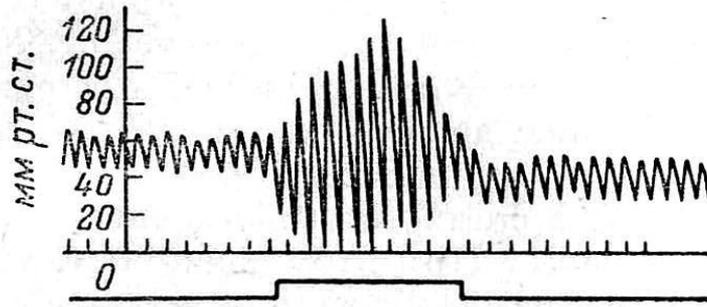
**ВНУТРИСЕРДЕЧНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА  
РЕГУЛИРУЕТ:**

- **Скорость атрио-вентрикулярного проведения;**
- **Ритм сердечных сокращений;**
- **Силу сокращений миокарда;**
- **Скорость и степень диастолического расслабления миокарда**
- **Тонус коронарных сосудов**

**Растяжение правого желудочка  
(перезатие легочной артерии) приводит  
к изменению сократимости левого желудочка**



**При УМЕРЕННОМ давлении  
в аорте сократимость  
РАСТЕТ**



**При ВЫСОКОМ давлении  
в аорте сократимость  
ПАДАЕТ**



**Рис. 26.3. Изменение давления, создаваемого в аорте сокращениями миокарда левого желудочка сердечно-сосудистого препарата, в зависимости от исходного давления в аорте препарата.**

А — при зажатии легочной артерии на фоне низкого исходного уровня давления крови в аорте препарата; Б — при зажатии легочной артерии на фоне высокого исходного давления крови в аорте. Приток крови к левому сердцу стабилизирован. На рисунках *сверху вниз*: давление в аорте препарата, отметка времени — 1 с, отметка зажатия легочной артерии.

**В сердечных ганглиях есть два типа эфферентных  
нейронов?**

# Строение внутрисердечной нервной системы

Г.И. Косицкий (1980) :  
два типа эфферентных  
нейронов

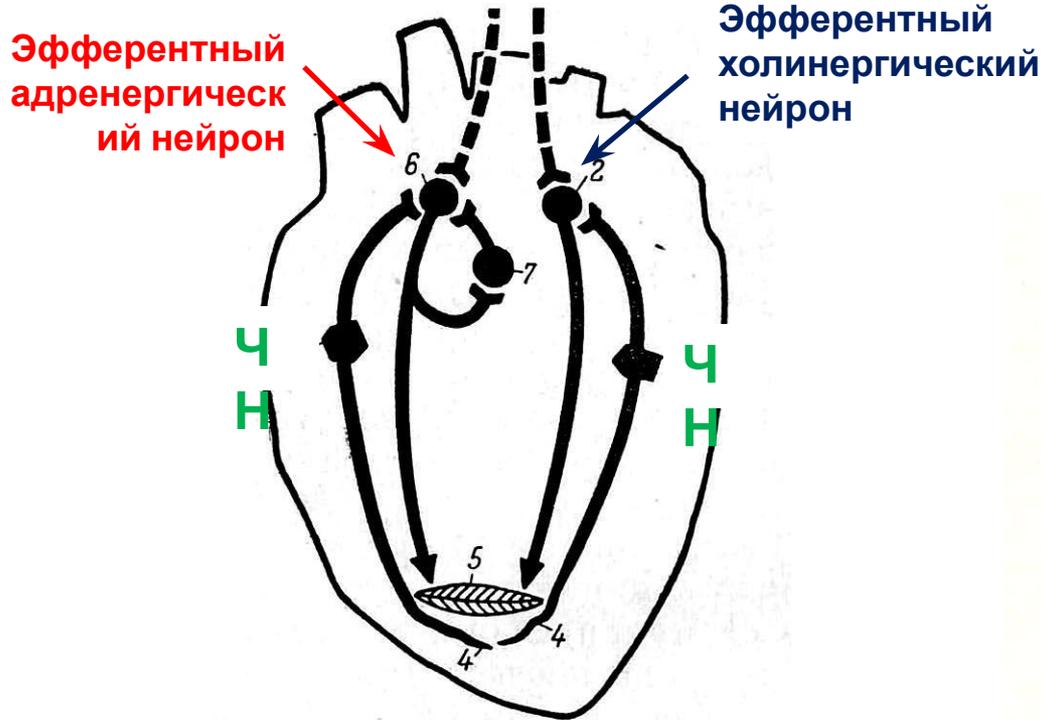


Рис. 26.4. Схема структуры внутрисердечной нервной системы.

1 — преганглионарные волокна блуждающих нервов, 2 — холинергический эфферентный нейрон, 3 — афферентные нейроны, 4 — рецепторы растяжения миокарда, 5 — миокардиальная клетка, 6 — адренергический эфферентный нейрон, 7 — тормозная клетка (типа Рэншоу).

М.Г. Удельнов (1975) :  
один тип эфферентных  
нейронов

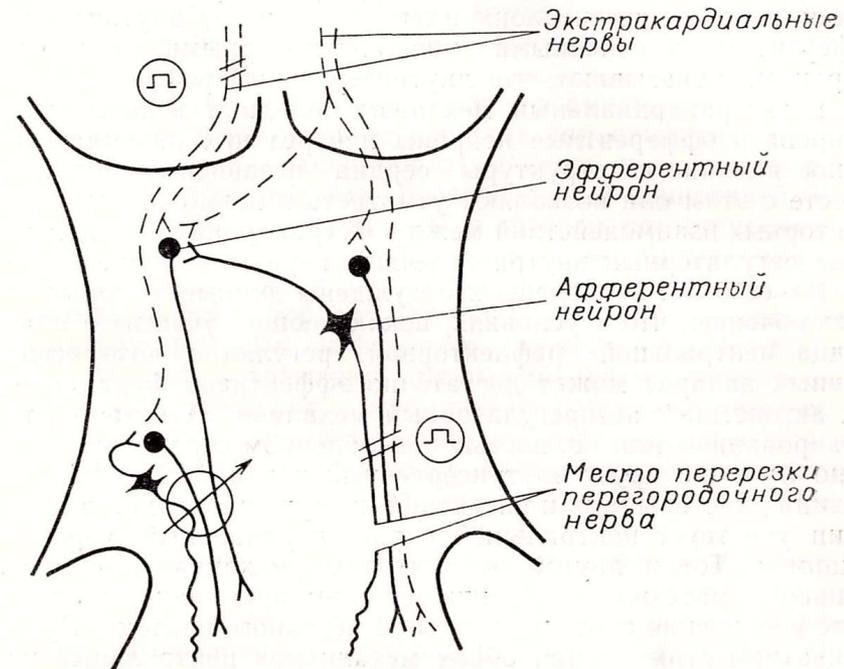


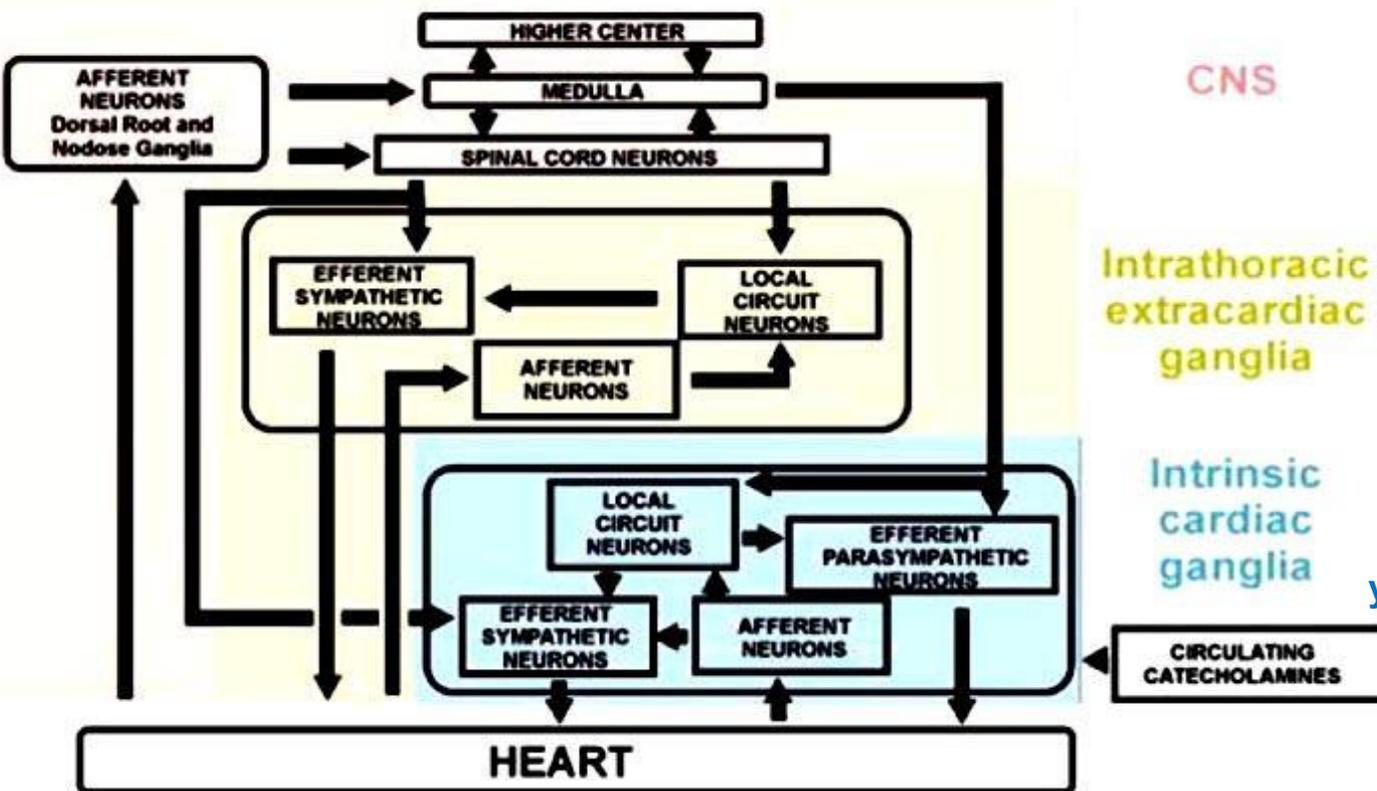
Рис. 60. Связь экстракардиальных парасимпатических нейронов и внутрисердечных афферентов с эффекторными интрамуральными нейронами

## Potential clinical relevance of the 'little brain' on the mammalian heart

J. A. Armour

Centre de recherche, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal and Department of Pharmacology, Faculty of Medicine, Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

**Взаимодействие  
внутрисердечной  
нервной системы  
с другими контурами  
регуляции**



Рефлекторные  
реакции  
с более  
длительными  
латентными  
периодами

Рефлекторные реакции  
с коротким латентным  
периодом (40 мс):  
у собак – в пределах одного  
сердечного цикла

# **Метасимпатическая нервная система**

**– это относительно независимая самостоятельная интегративная система.**

Такая относительная независимость имеет ряд эволюционных преимуществ:

- Нет необходимости в большом числе длинных соединительных путей между ЦНС и висцеральными органами.
- Уменьшение пространства в ЦНС, которое занято обработкой информации от внутренних органов.
- Повышение надежности регуляции функций (регуляция может осуществляться даже при полном выключении связи с центральными структурами).