



## *Температурная рецепция*



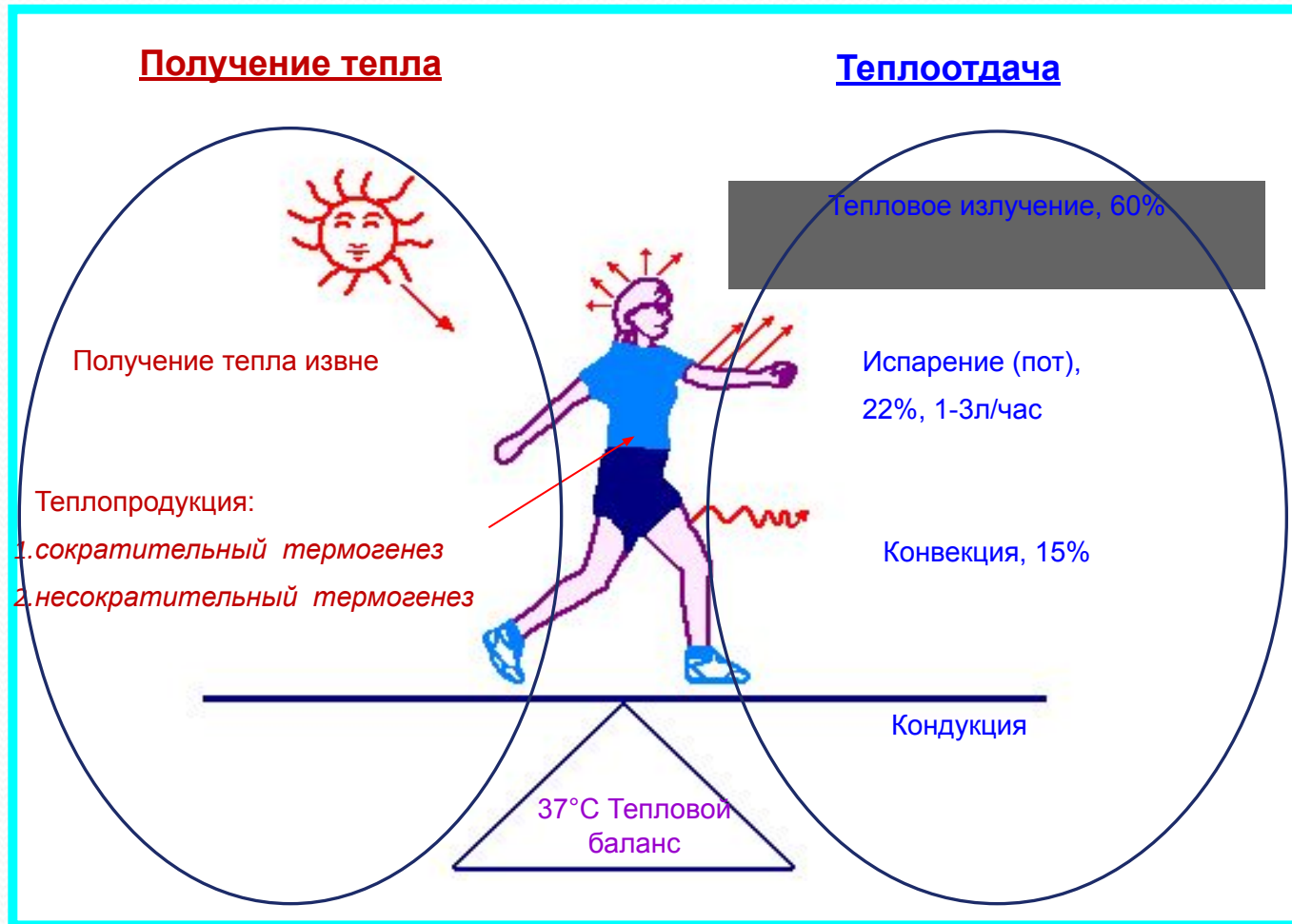
## **Постоянство внутренней среды – есть условие свободной жизни**

### ***Два способа сохранения постоянства внутренней среды живого организма***

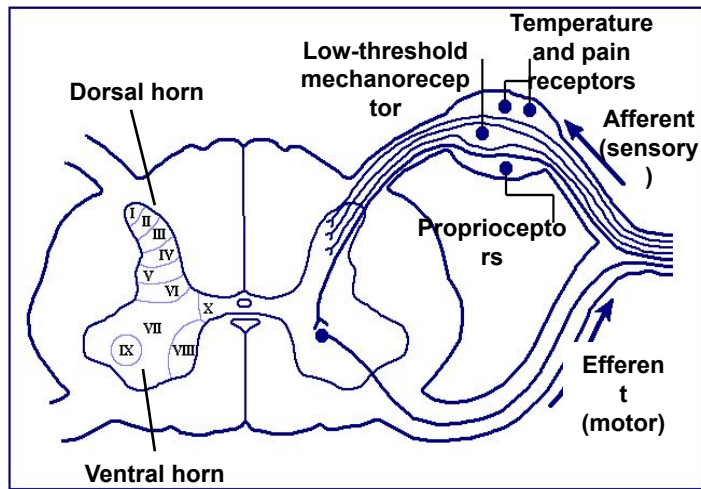
- 1. Биохимическое подчинение колебаниям окружающей среды, адаптация посредством ускользания (эволюционно более древний).***
- 2. Сопротивление колебаниям окружающей среды, господство методов выравнивания с привлечением не только биохимии, но и нервной системы (эволюционно более поздний).***



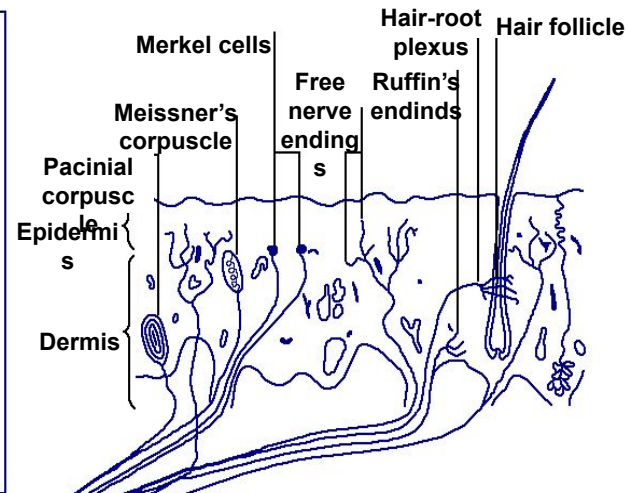
## Поддержание температурного гомеостаза



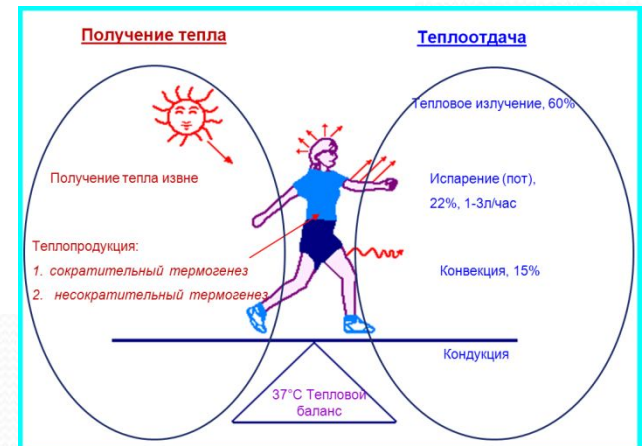
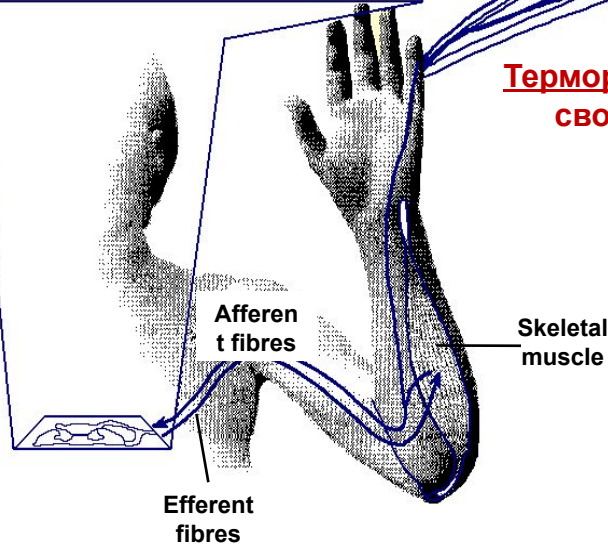
### A Spinal cord and dorsal root ganglion



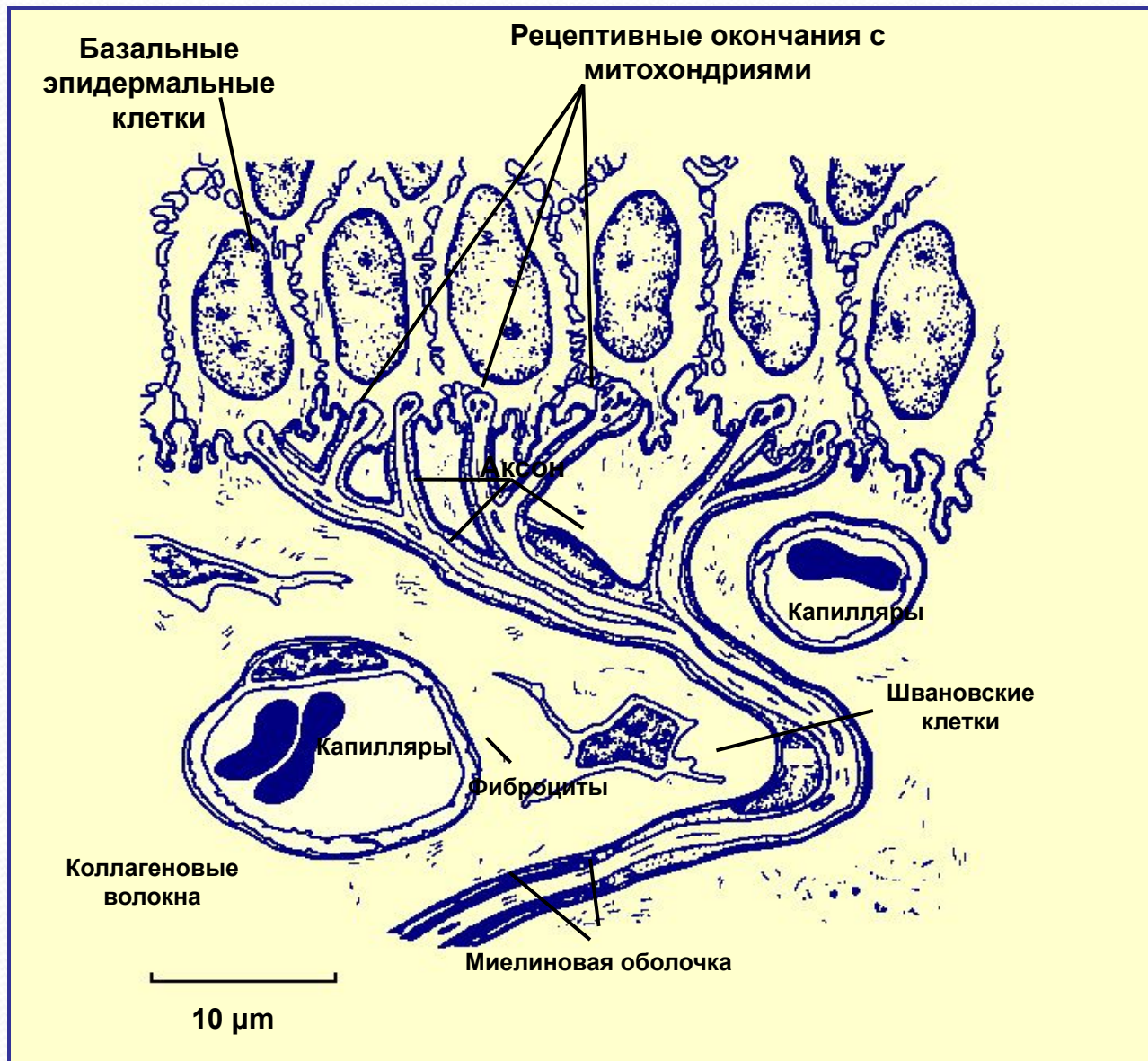
### B Skin



**Терморецепторы кожи (холодовые и тепловые) – свободные нервные окончания нейронов заднекорешковых ганглиев**

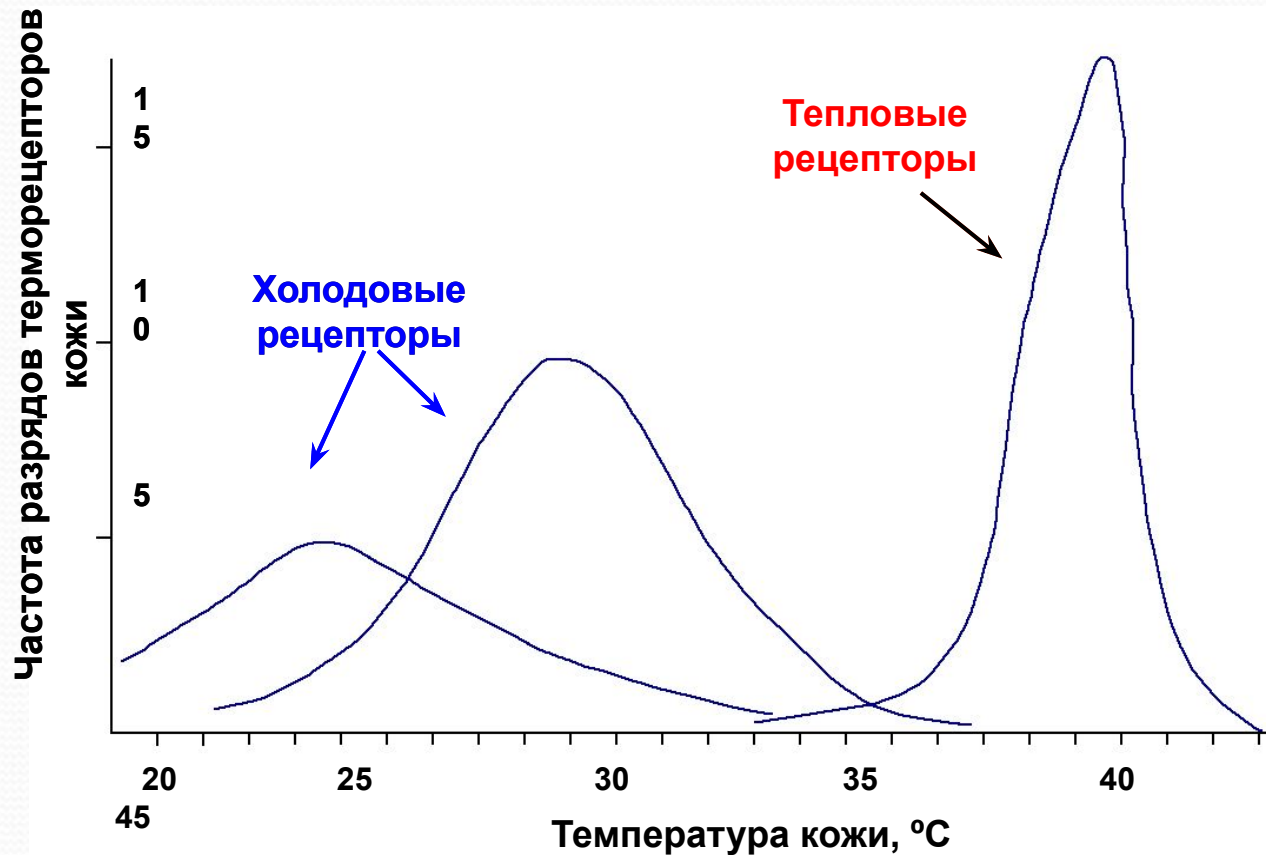






(Hensel, 1973)

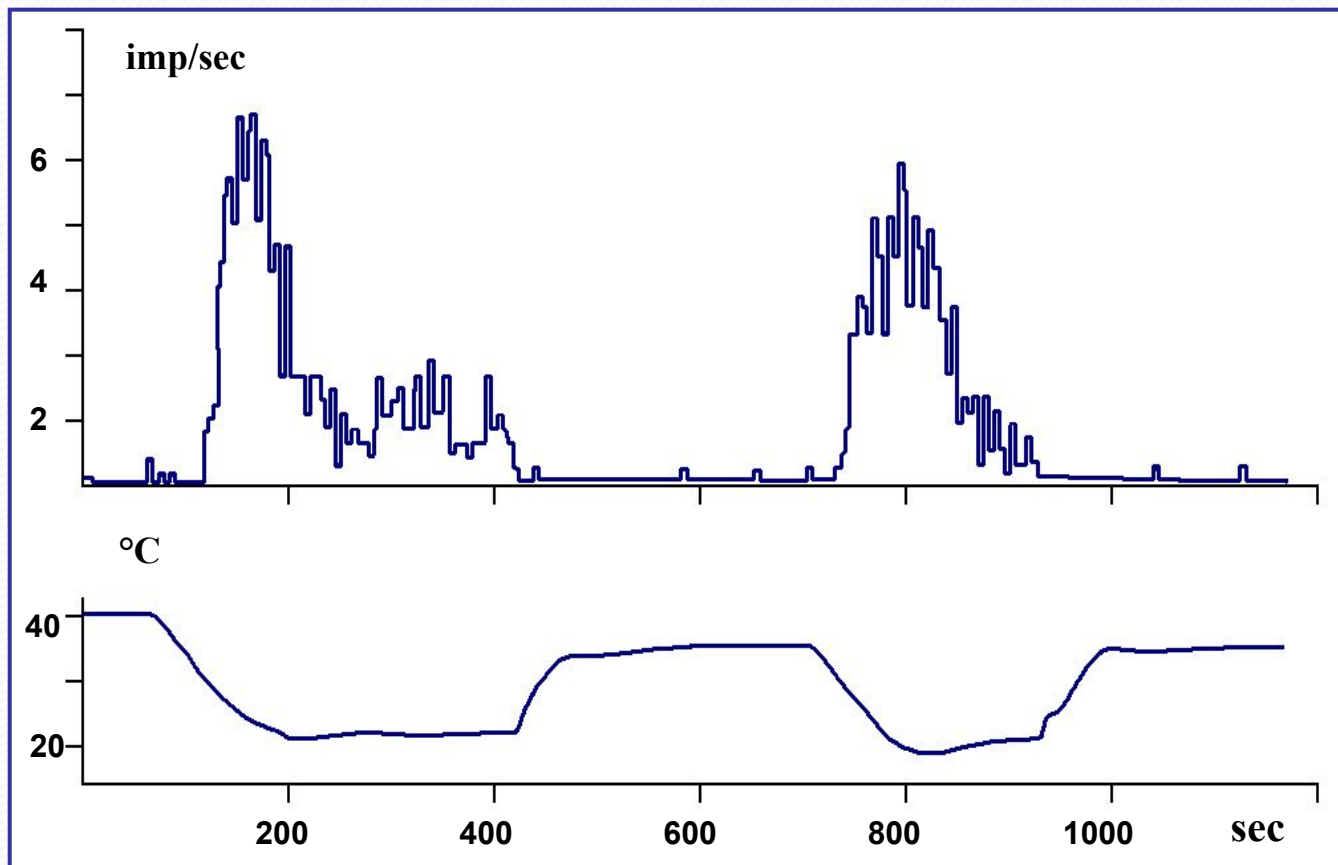
## Статическая импульсная активность терморецепторов в зависимости от температуры



Чувствительность терморецепторов кожи  $0.005\text{ }^{\circ}\text{C}$



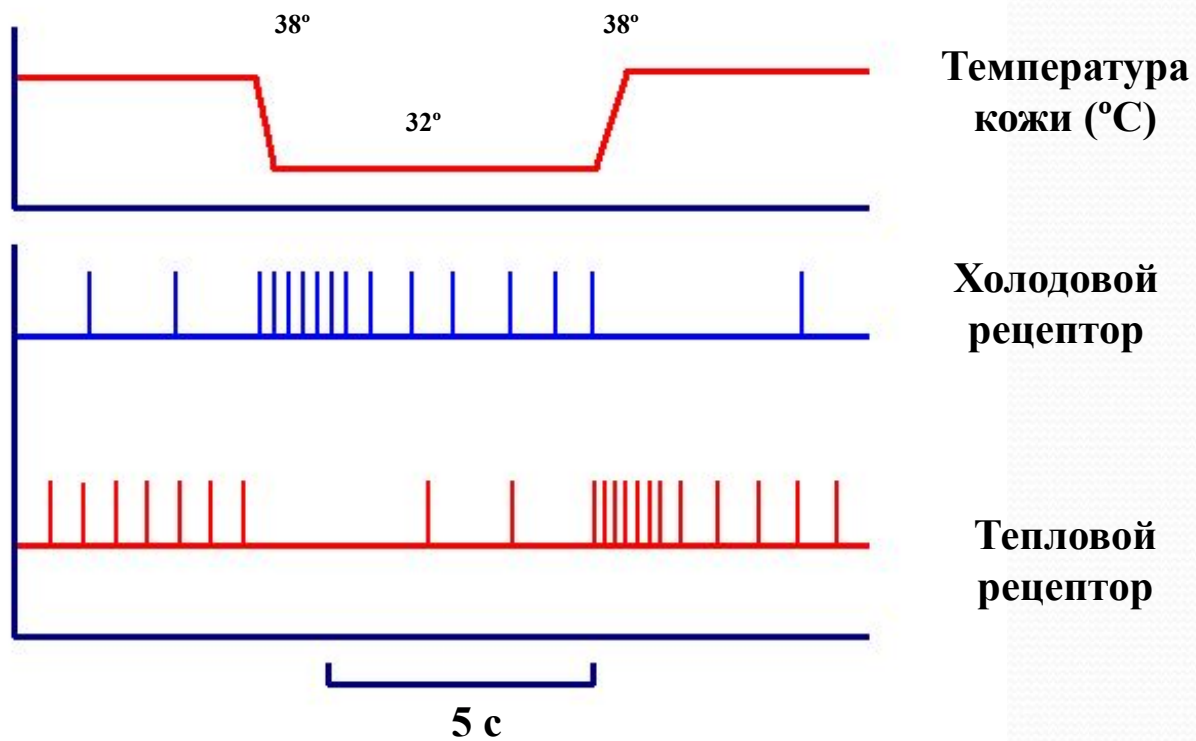
## Динамическая реакция холодного рецептора кожи in vitro



**Нервно-кожный препарат (кожа мошонки крыс) в перфузируемом физиологическом растворе**

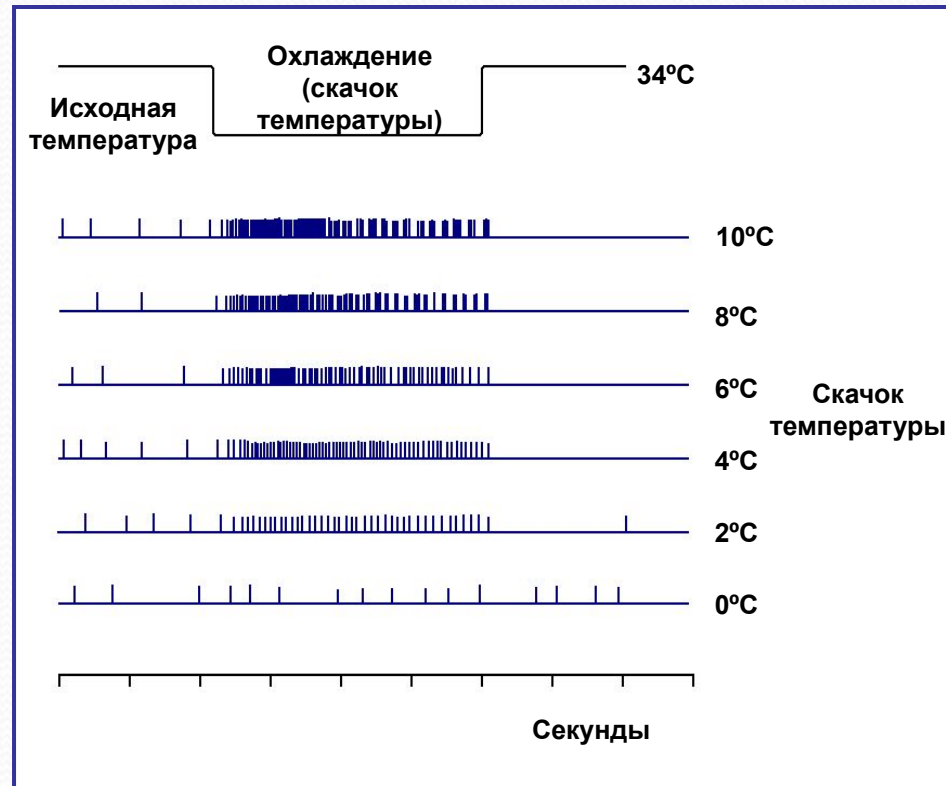
Kozyreva, Pierau, 1999

## Реакция терморцепторов на изменение температуры

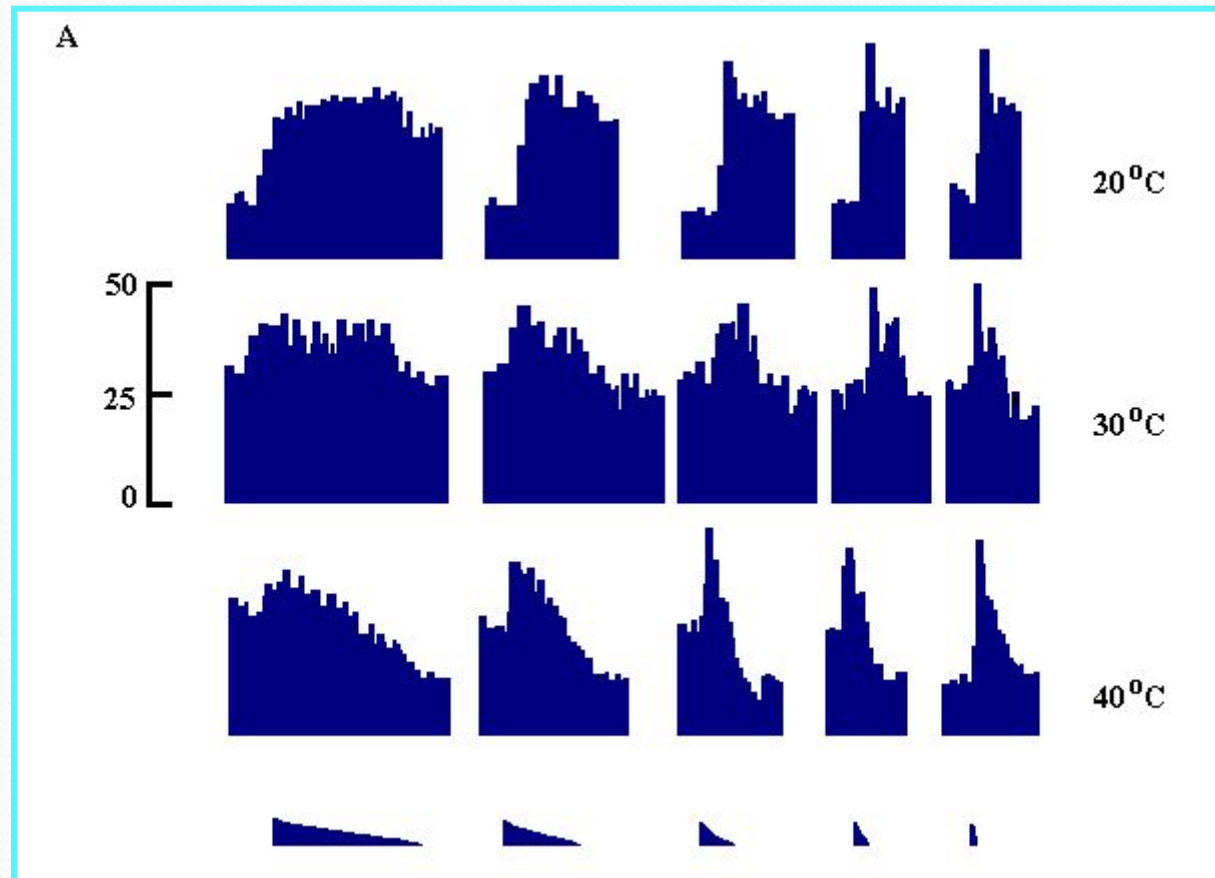




## Величина динамической реакции зависит от скорости изменения температуры



Активность холодого рецептора при кратковременном ступенчатом снижении температуры. Начальная и конечная температура для всех записей 34°C. Перепады температуры указаны справа в градусах Цельсия.



**Пиковая величина динамической активности зависит от скорости охлаждения, тогда как интегральная величина активности зависит от исходной температуры**

Rate-meter record to show representative dynamic responses of one neuron. A, responses to cooling by 5°C. The lengths of the thermal ramps are shown by the filled triangles. Receptive field was on the lower eyelid. Initial adapting temperatures are shown on the right. Ordinate scales<sup>^</sup> impulses/sec. (Davies et al., 1983)

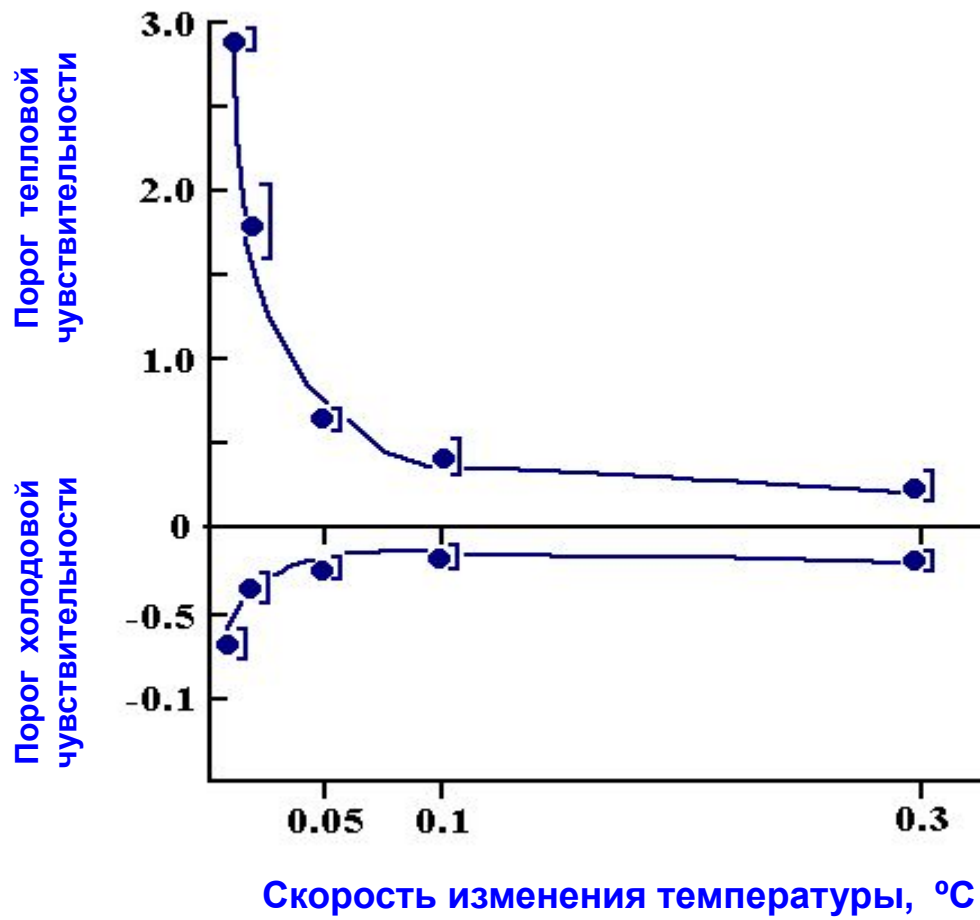


## ***Общие свойства терморецепторов кожи***

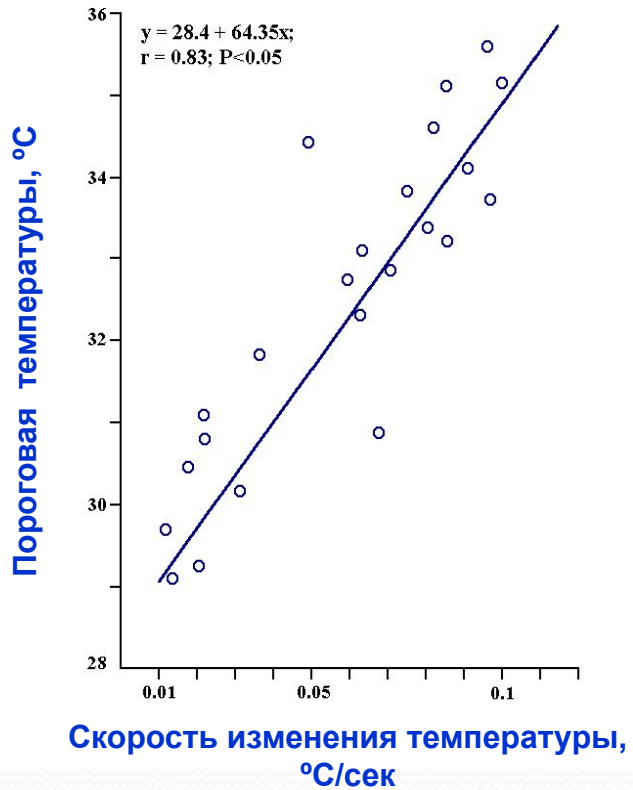
- ❖ Терморецепторы подразделяются на холодовые и тепловые.
- ❖ Терморецепторы имеют статическую активность в определенном диапазоне температур.
- ❖ Терморецепторы имеют динамическую активность, реакция на быстрое изменение температуры. Наличие такой специфической динамической активности у терморецепторов служит критерием их подразделения на тепловые и холодовые рецепторы.
- ❖ Быстрое изменение температуры в одном направлении вызывает у холодовых и тепловых рецепторов противоположные реакции. Охлаждение с большой скоростью вызывает кратковременное возбуждение у холодовых рецепторов и торможение у тепловых. Быстрое согревание приводит к резкому возбуждению тепловых и торможению холодовых рецепторов.
- ❖ Зависимость статической и динамической активности от температуры у терморецепторов имеет форму колокола.

**Как проявляются свойства  
терморецепторов в ощущениях и  
физиологических реакциях?**

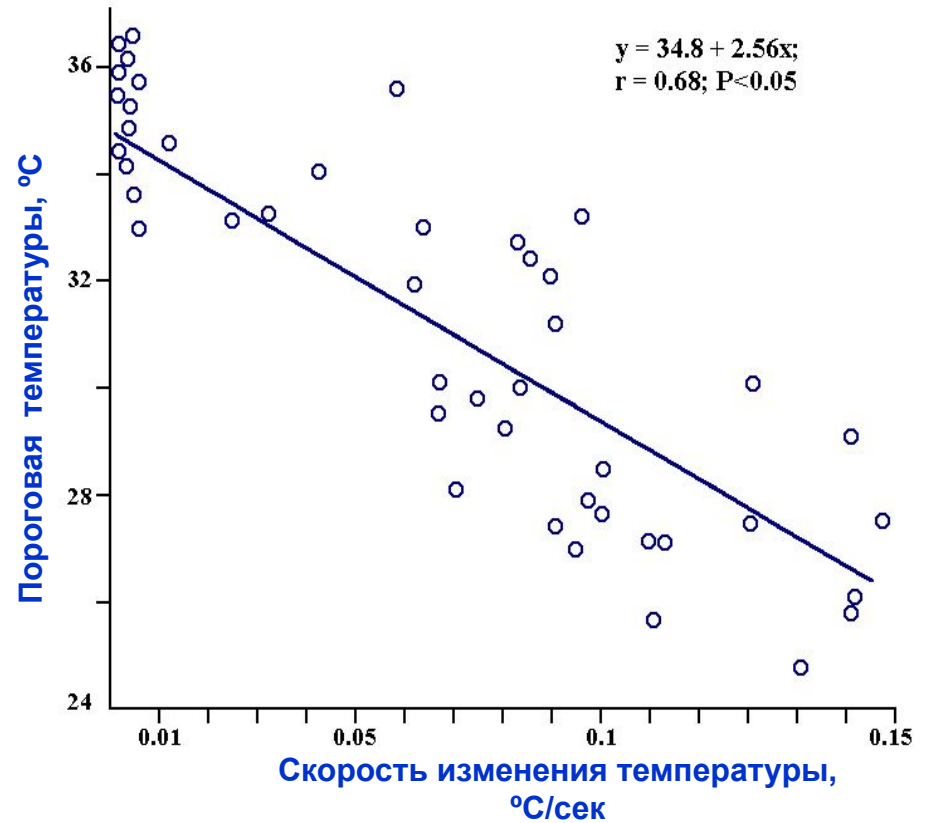




## Холодовой термогенез – повышение потребления кислорода

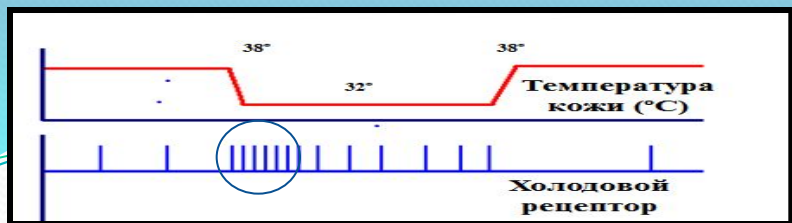


## Констрикторная реакция кожных сосудов – снижение теплоотдачи

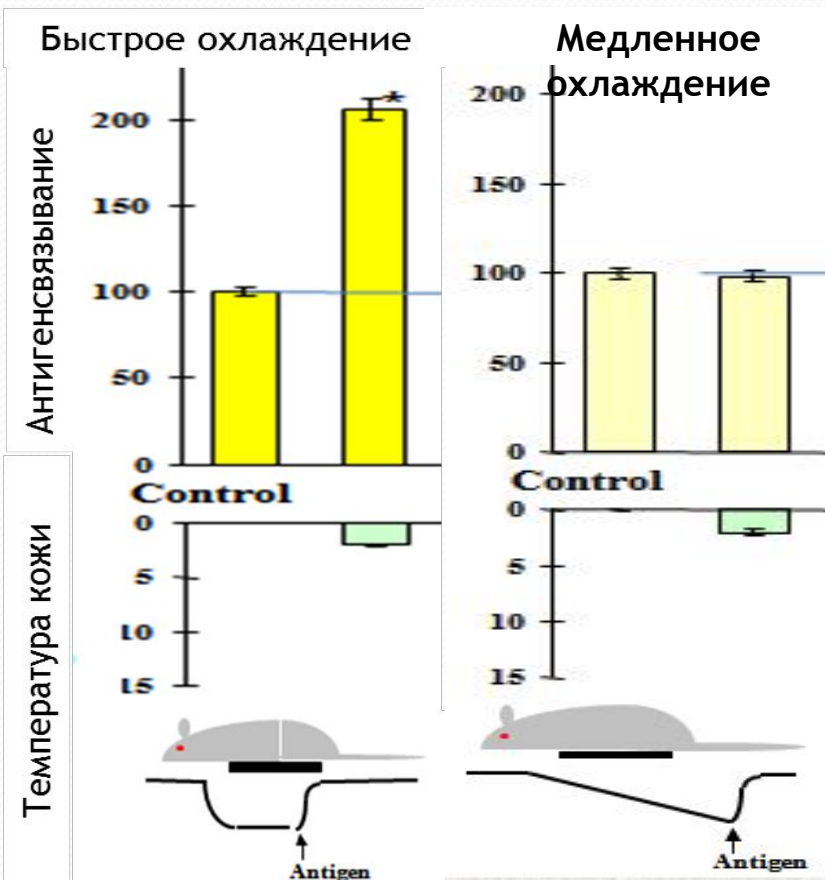


Козырева, Верхогляд, 1989

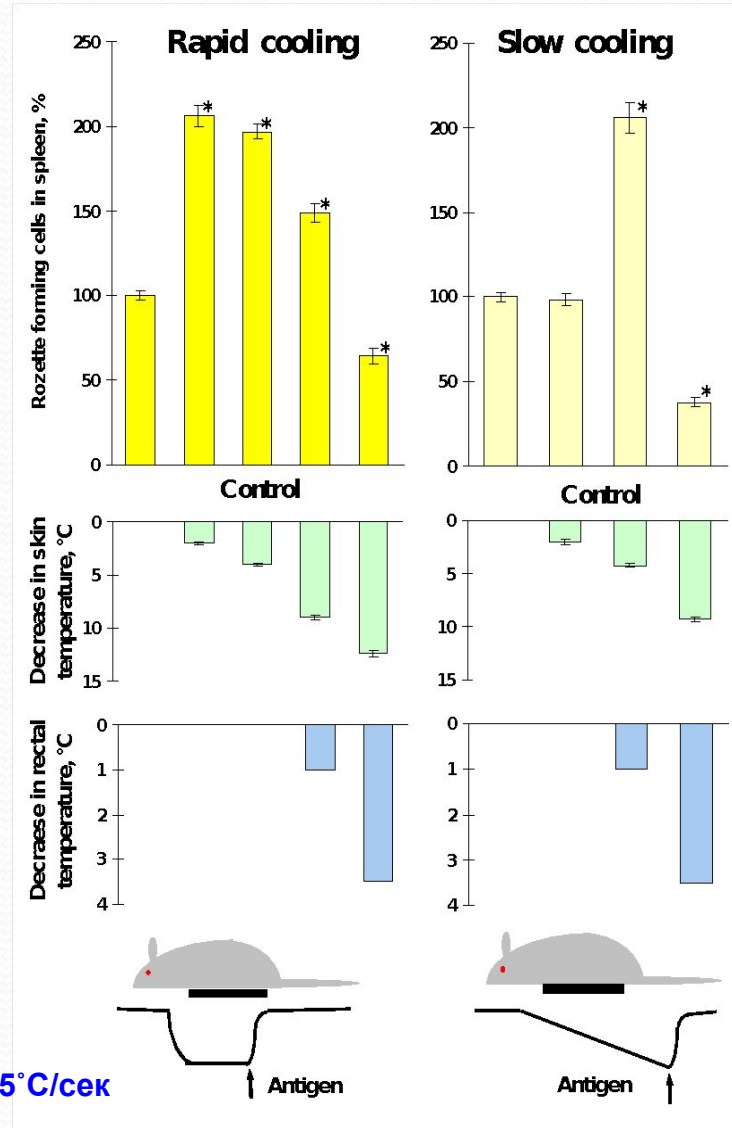


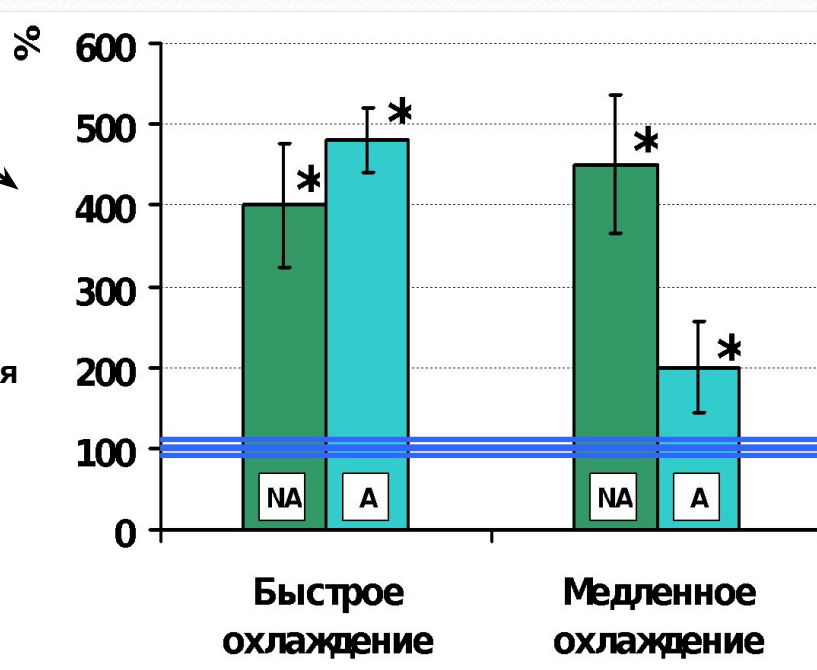
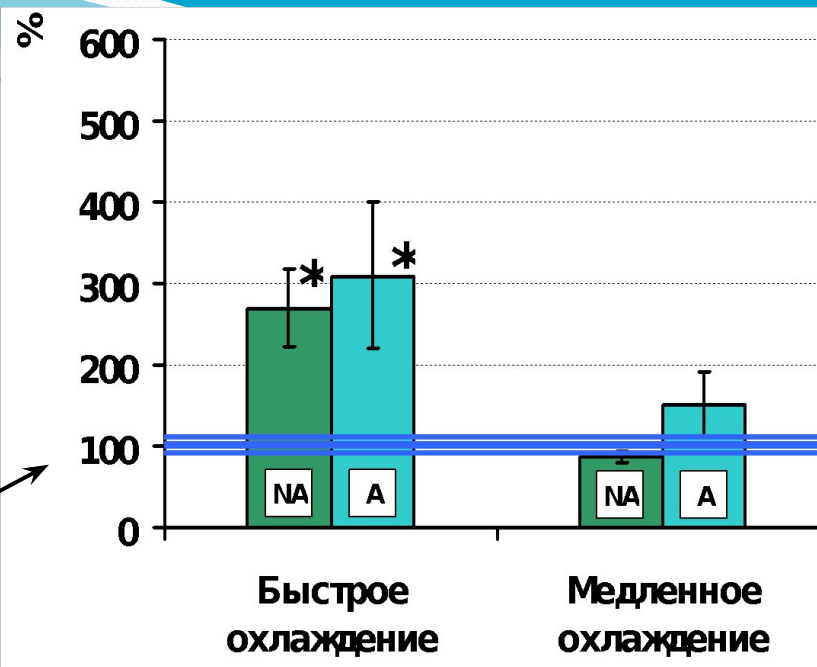
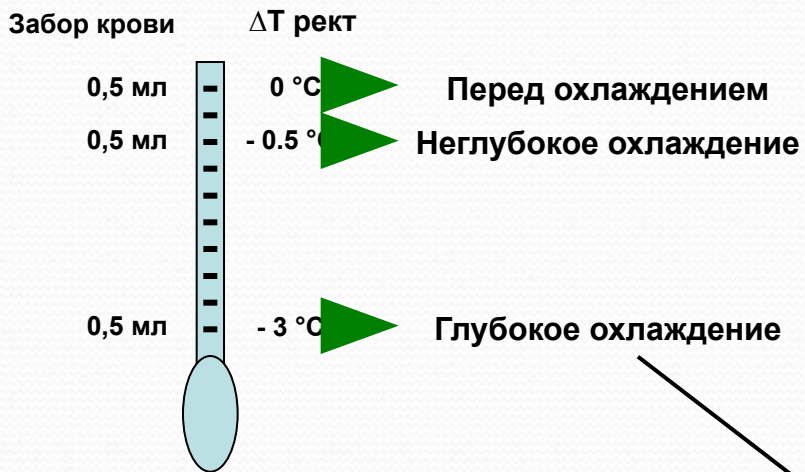
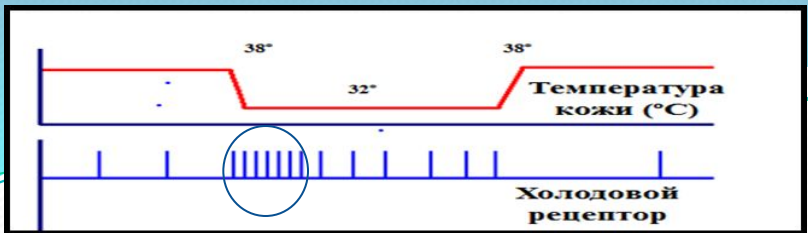


Присутствие динамической активности холодовых рецепторов кожи может значительно изменить модулирующий эффект охлаждения на иммунный ответ



## Влияние скорости и глубины охлаждения на иммунный ответ – количество антигенсвязывающих клеток



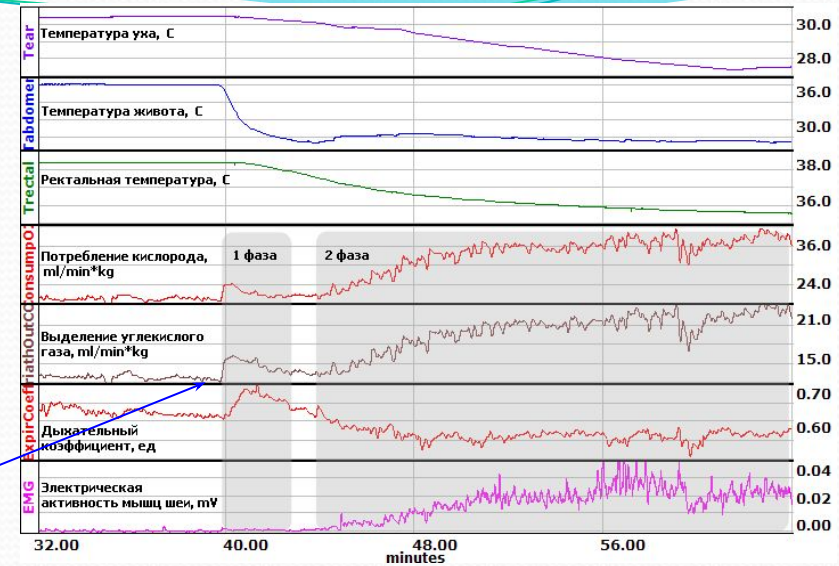
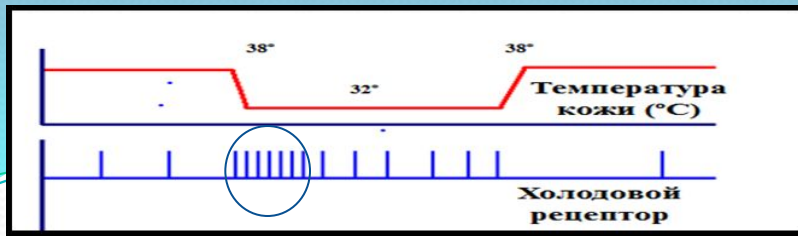


Концентрация катехоламинов до охлаждения

- NA
Норадреналин
- A
Адреналин



## Быстрое охлаждение

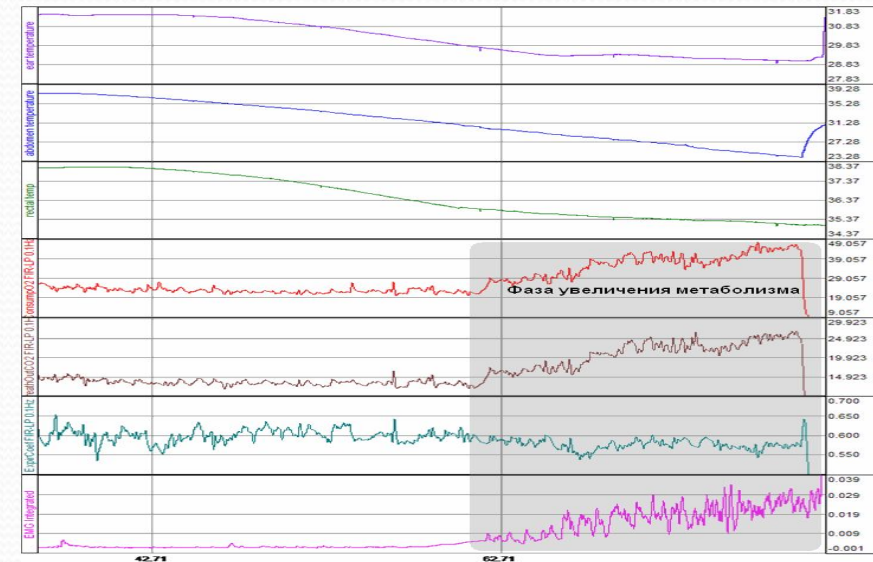


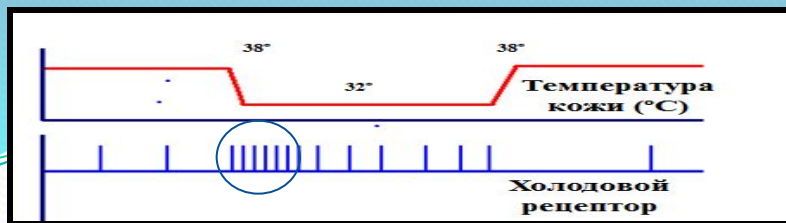
Появление дополнительной срочной 1 фазы метаболической реакции

Уменьшение латентного периода термозащитных реакций.

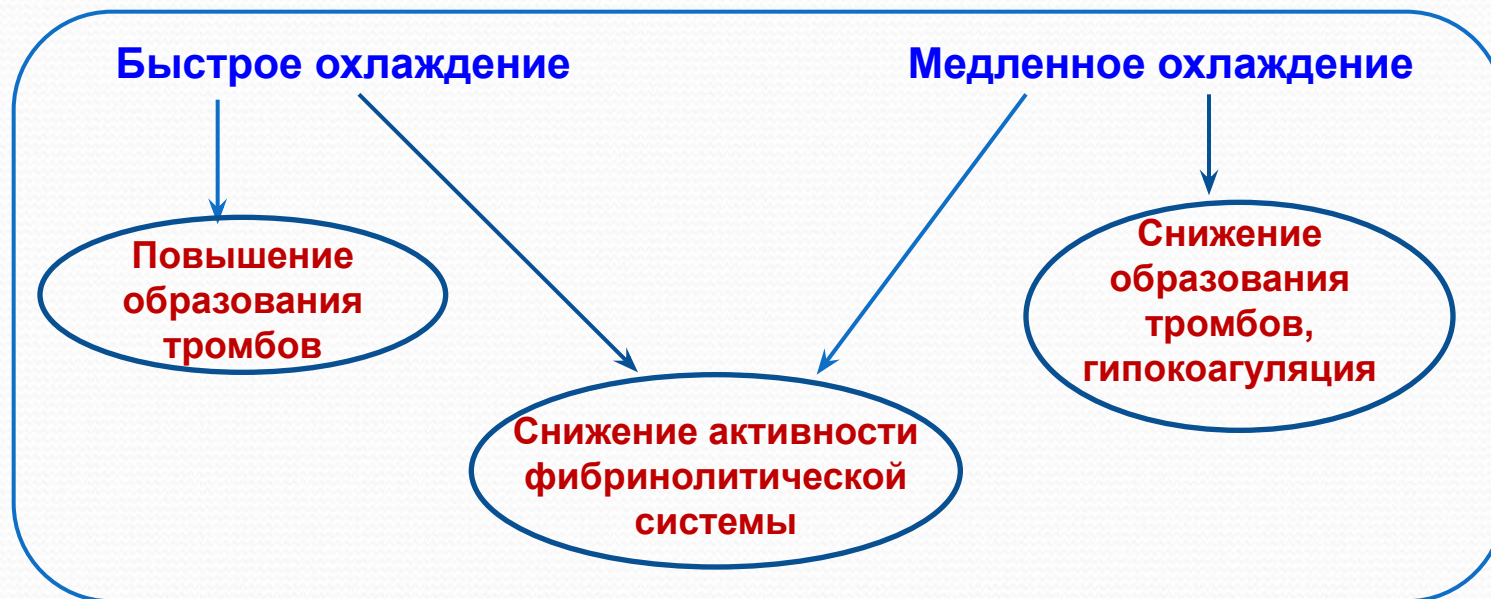
Уменьшение температурного порога холодозащитных реакций

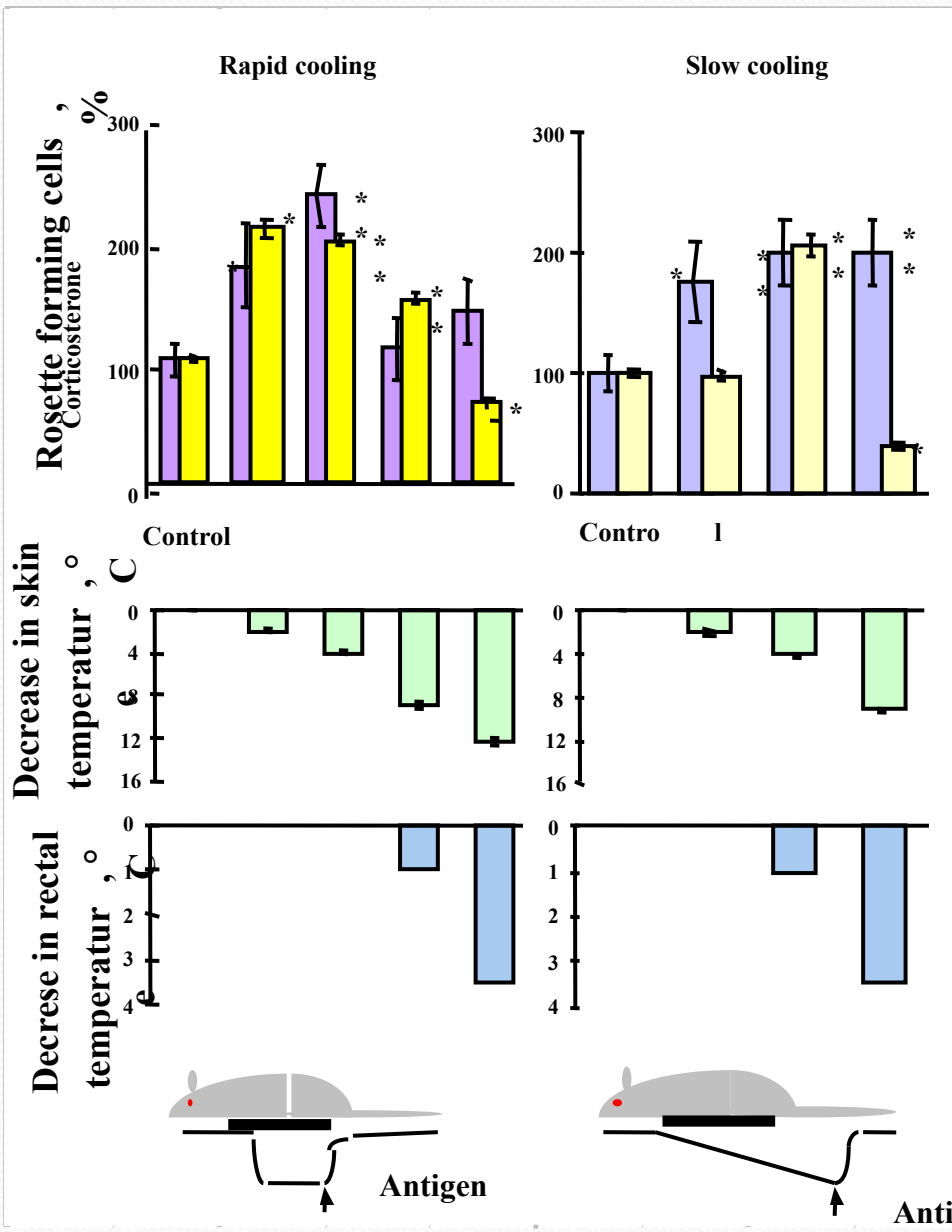
## Медленное охлаждение





## Гемостаз при глубоком охлаждении



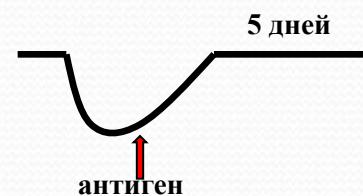
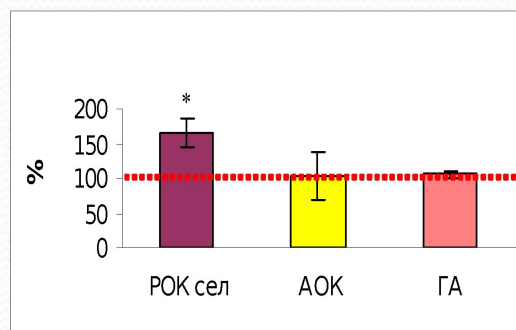
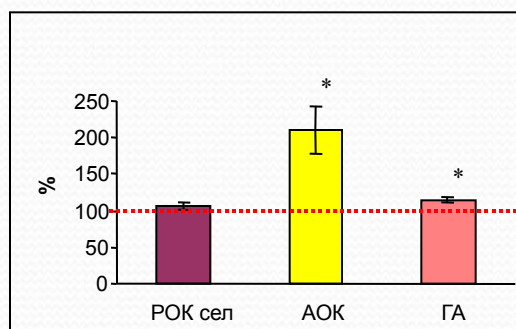
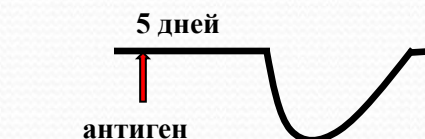
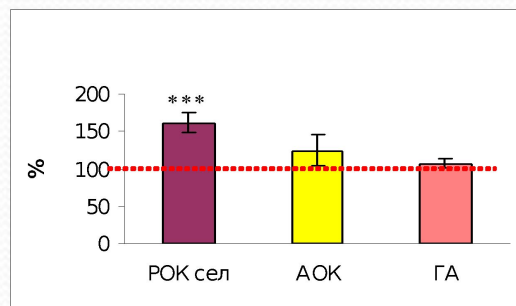


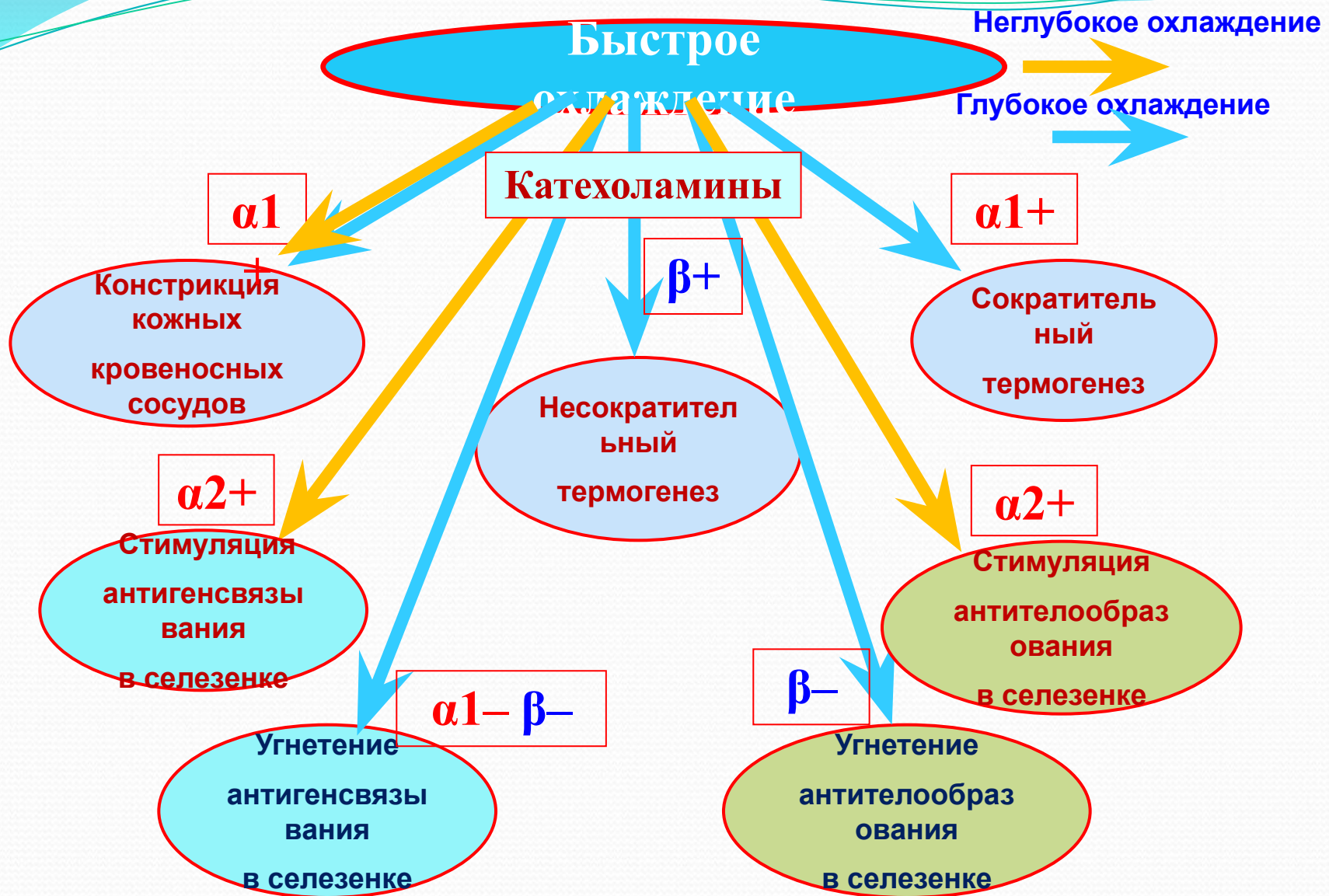
ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ  
КОРТИКОСТЕРОНА В КРОВИ ПРИ  
ОХЛАЖДЕНИИ

**Изменение содержания  
кортикостерона в крови при  
охлаждении не всегда  
коррелирует с изменениями  
иммунного ответа на антиген**



## Эффект быстрого неглубокого охлаждения, предъявляемого в разные сроки развития иммунного ответа, на антигенсвязывание и антителообразование



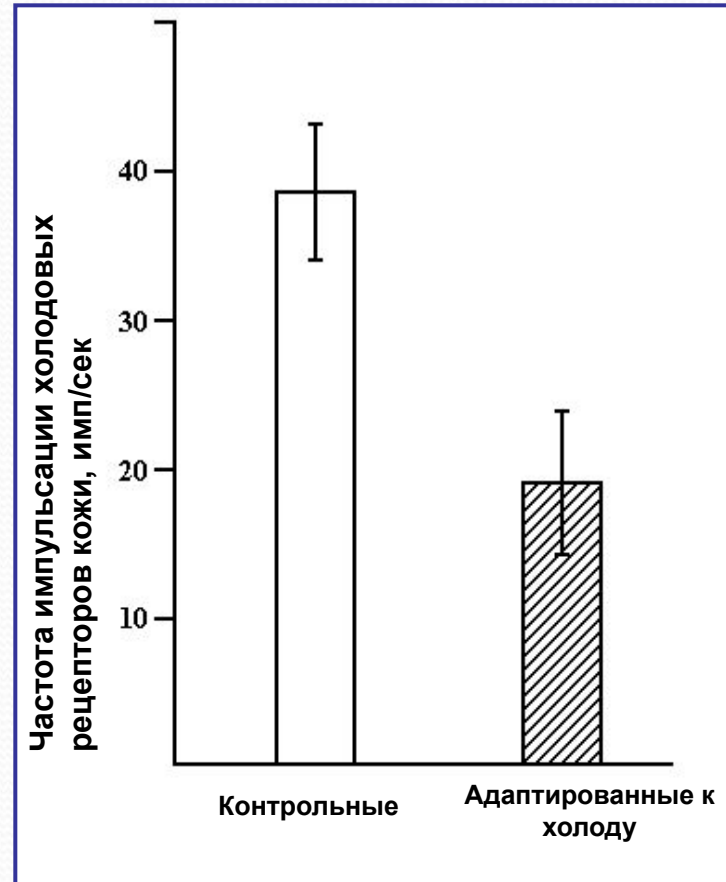


- Температурный афферентный сигнал изменяет работу различных физиологических систем, даже тех, которые не вовлечены напрямую в поддержания температуры тела.
- Характер афферентного сигнала (присутствие или отсутствие динамической активности терморецепторов) четко отражается в работе различных физиологических систем.



**Могут ли изменяться параметры  
активности терморецепторов?**

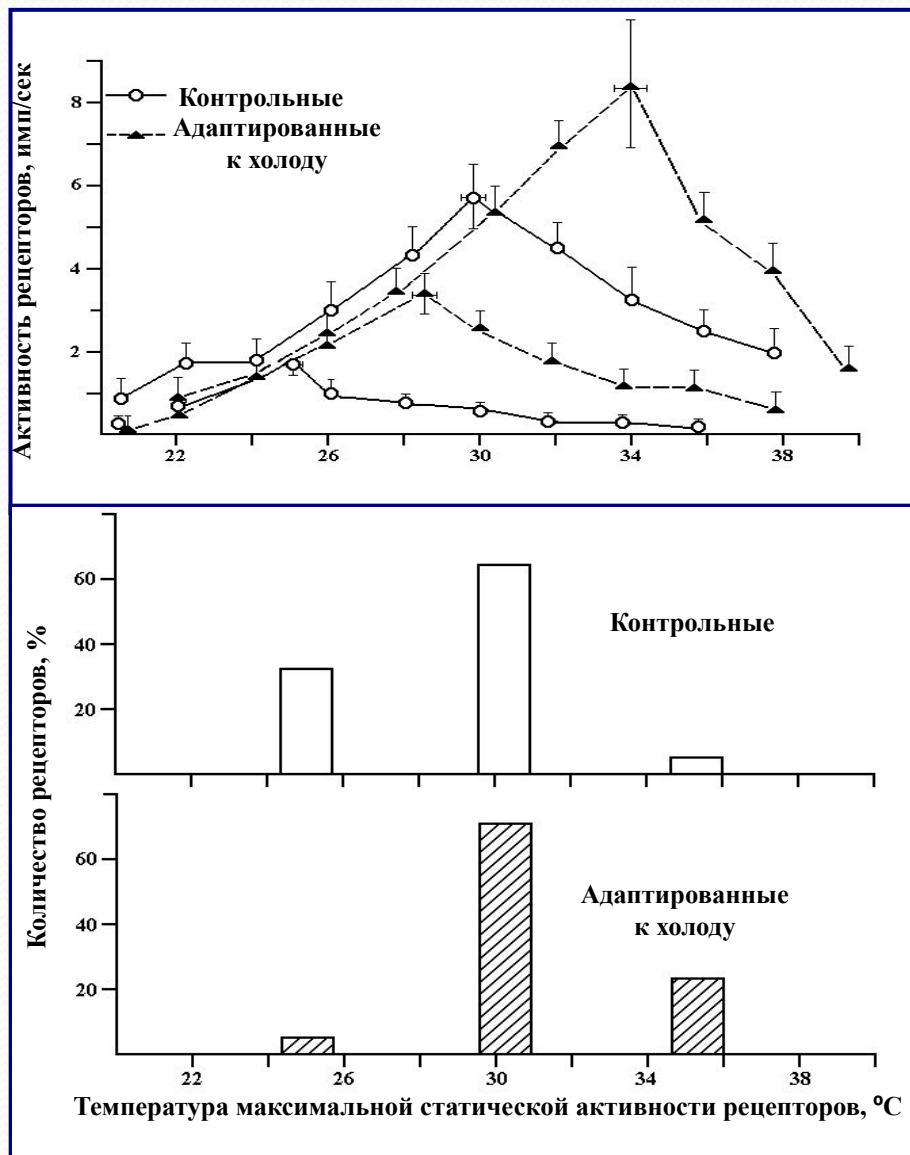
## Адаптация организма к холоду



После длительной адаптации организма к холоду динамическая активность большей части холодовых рецепторов кожи значительно снижается

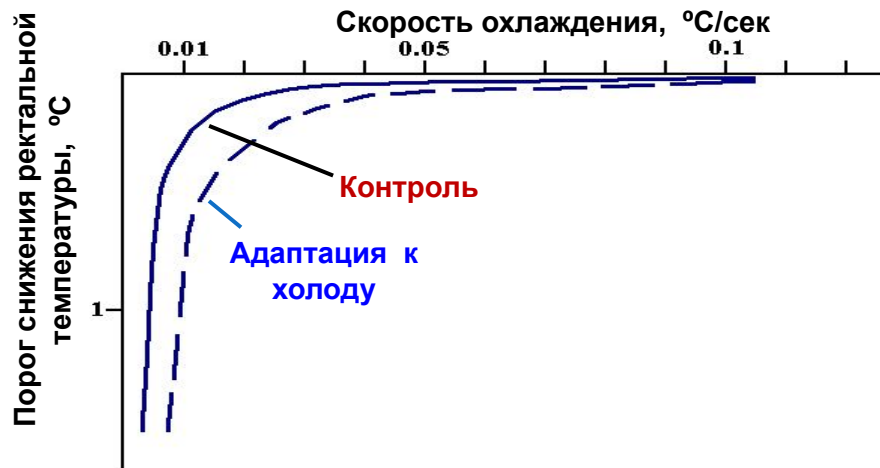
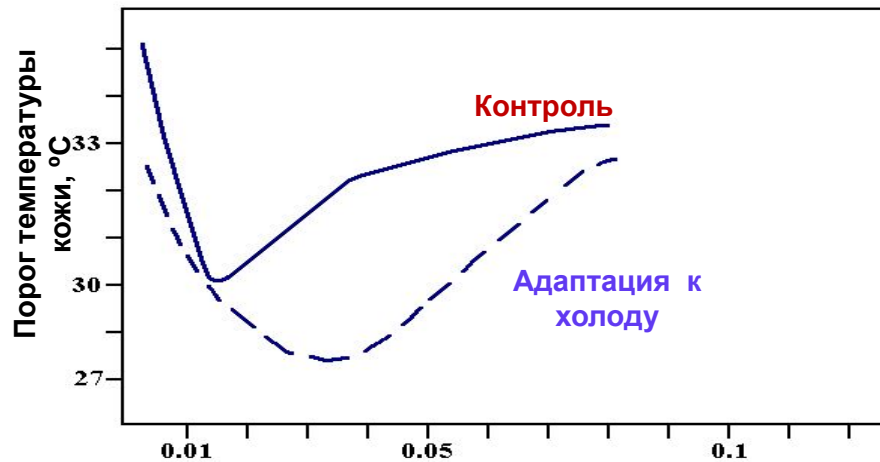
## Адаптация организма к холоду вызывает:

- 1) снижение динамической и статической активности высокочастотных холодовых рецепторов кожи;
- 2) уменьшение количества функционирующих холодовых рецепторов, обеспечивающих восприятие низких температур;
- 3) повышение порогов холодовых ощущений и холодозащитных эффекторных реакций





## Как проявляются адаптивные изменения терморцепторов?



Температурные пороги метаболической реакции (общее потребление кислорода) в ответ на охлаждение смещаются в сторону более низких температур и в меньшей степени зависят от скорости охлаждения.

*Поток афферентной информации от периферических термочувствительных нейронов*

$$A = f (T^{\circ}, dT^{\circ}/dt) * N (\rho , S)$$

*A – поток афферентной информации*

*f – импульсная активность*

*N – количество функционирующих рецепторов*

*T<sup>°</sup> – абсолютная температура*

*dT<sup>°</sup>/dt – скорость изменения температуры*

*ρ – плотность расположения рецепторов*

*S – площадь раздражения*

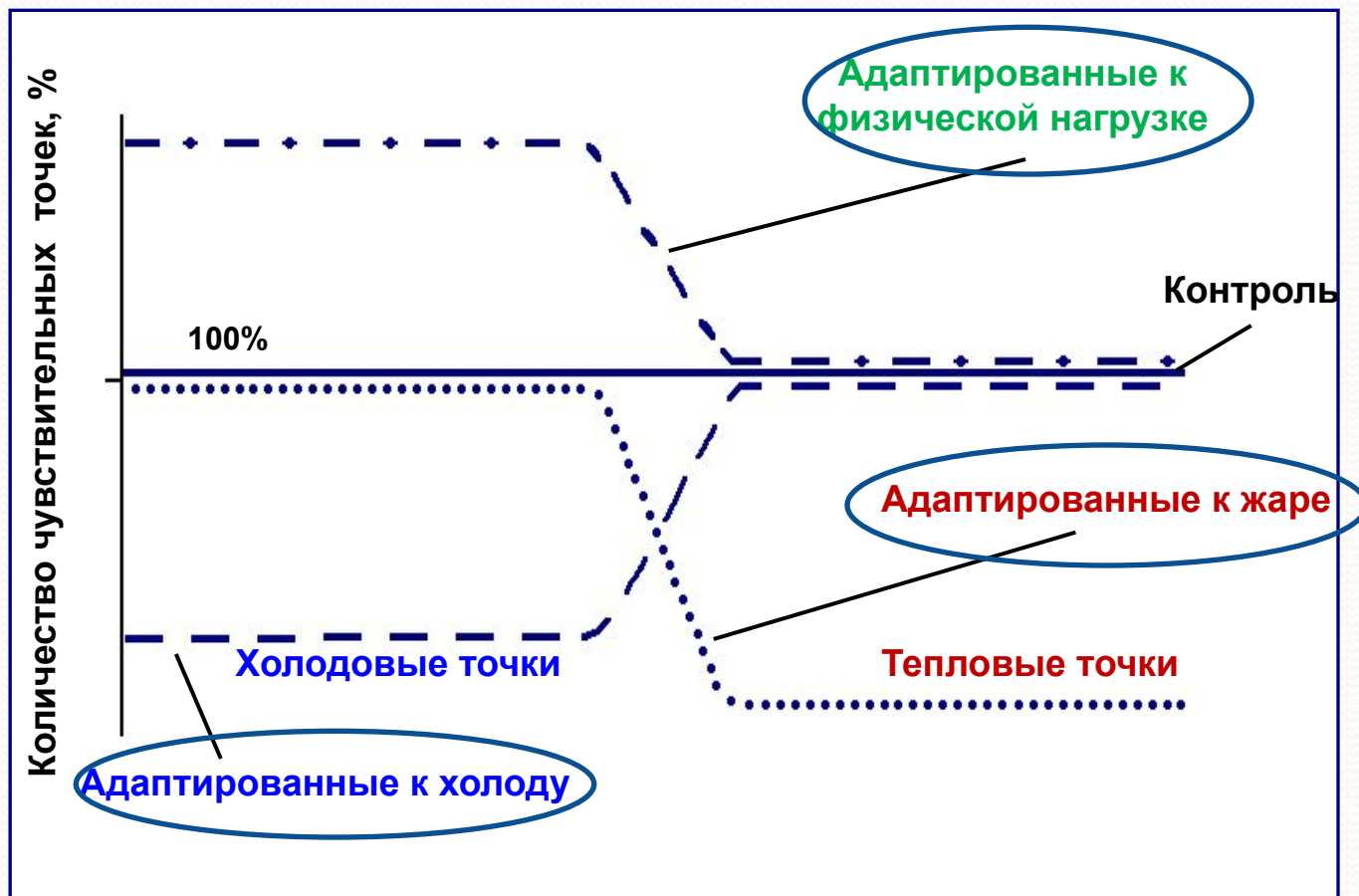
## Распределение холодных и теплых точек кожи человека

Участок кожи	Количество точек на 1 см <sup>2</sup>	
	холодовые	тепловые
Лоб	5-8	-
Нос	8-13	1
Губы	16-19	-
Щеки	8-9	1.7
Грудь	9-10	0.3
Живот	8-12	-
Спина	7-8	-
Плечо	5-6	-
Предплечье	6-7	0.3-0.4
Тыл кисти	7-8	0.5
Ладонь	1-5	0.4
Палец, тыльная сторона	7-9	1.7
Палец, ладонная сторона	2-4	1.6
Бедро	4-5	0.4
Голень	4-6	-
Тыл стопы	5-6	-
Подшва стопы	3-4	-

(Rein, 1894)



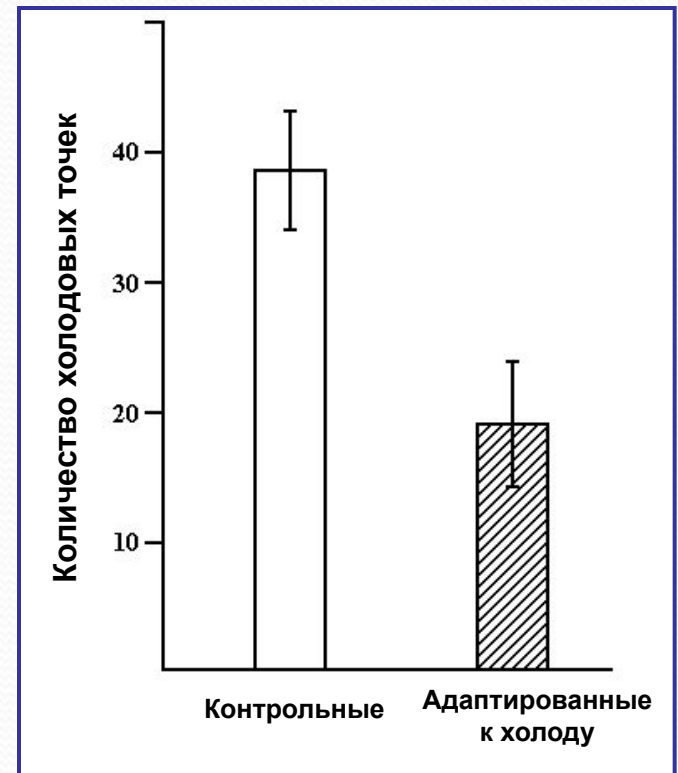
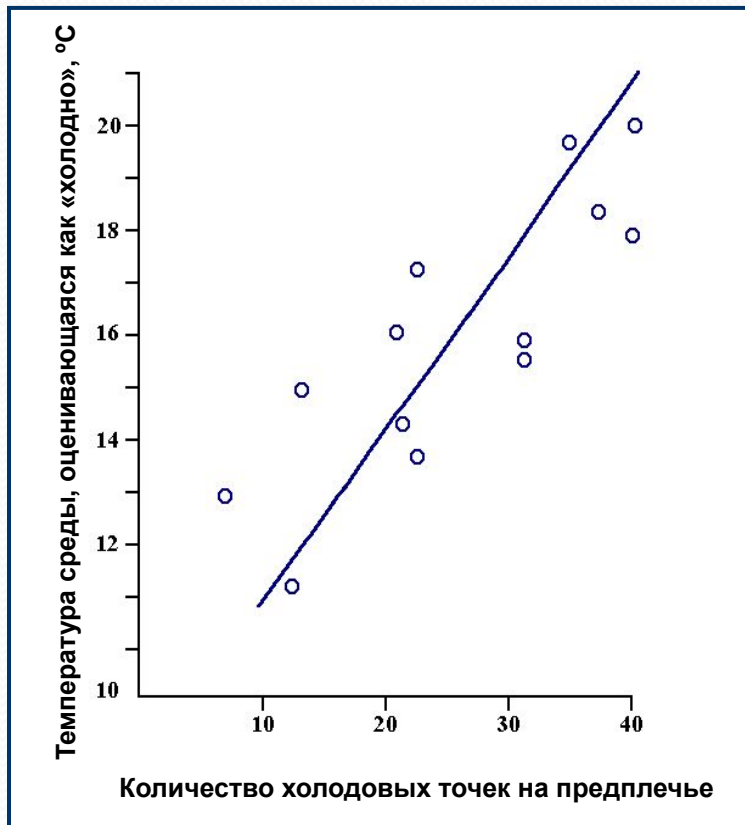
**Как проявляется изменение количества активных терморецепторов в чувствительности и физиологических реакциях?**



Козырева, Якименко, 1978, 1984

Kozyreva, 2006

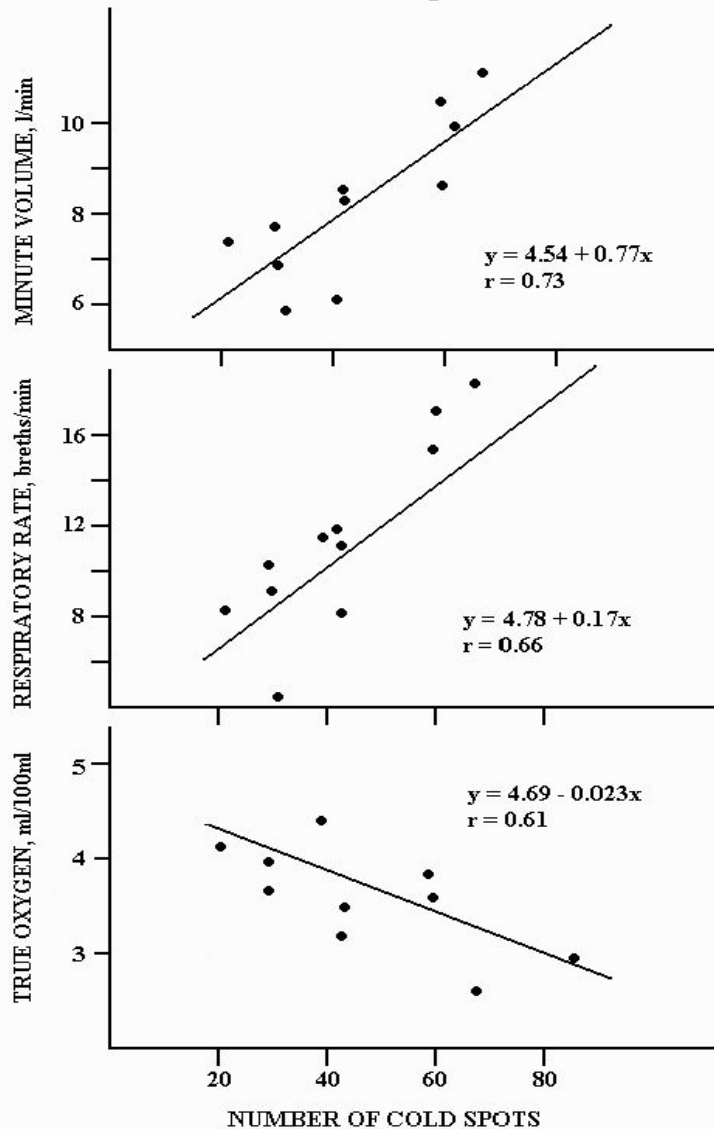
## Чувствительность человека к холоду коррелирует с количеством холодных точек на предплечье



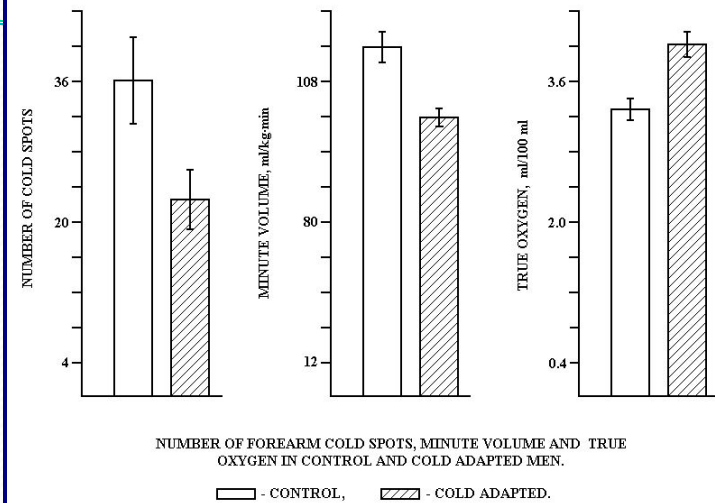
**Адаптация человека к низким температурам снижает чувствительность к холоду**



### Охлаждение предплечья



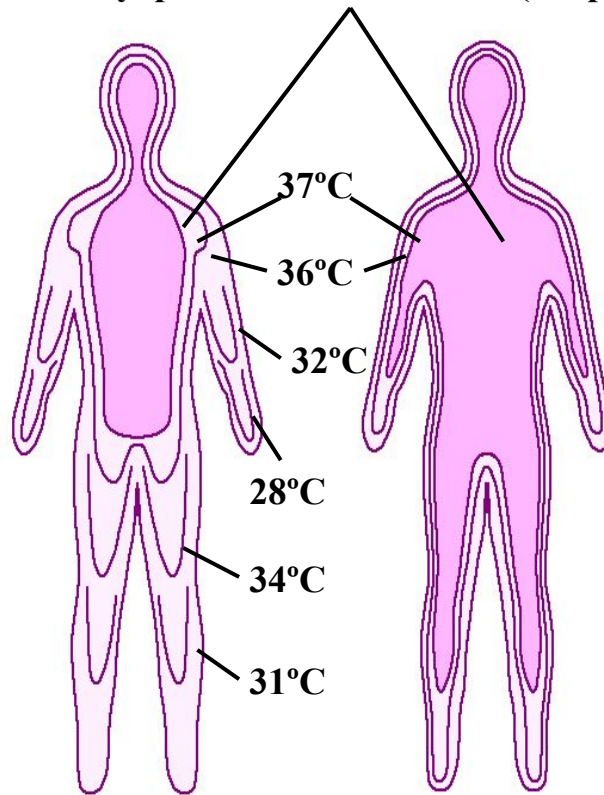
### Длительная адаптация к холоду



При охлаждении изменение параметров дыхания зависит от количества функционирующих холодных рецепторов кожи в области приложения холода.

Длительная адаптация к холоду приводит к снижению количества холодных рецепторов, уменьшению минутного объема дыхания и повышению утилизации кислорода из вдыхаемого воздуха

**Внутренние области тела («ядра»)**



**При 20°C**

**При 35°C**

**Зависимость температуры тела человека от внешней температуры**

**Температуры разных участков тела различаются**

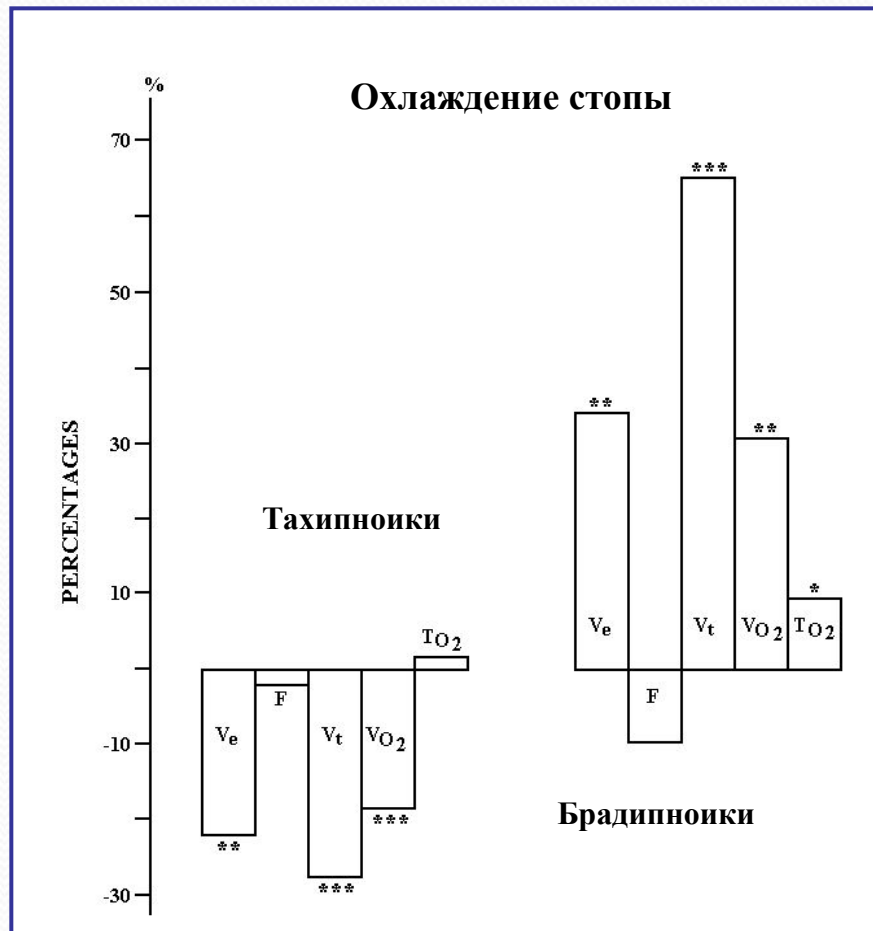
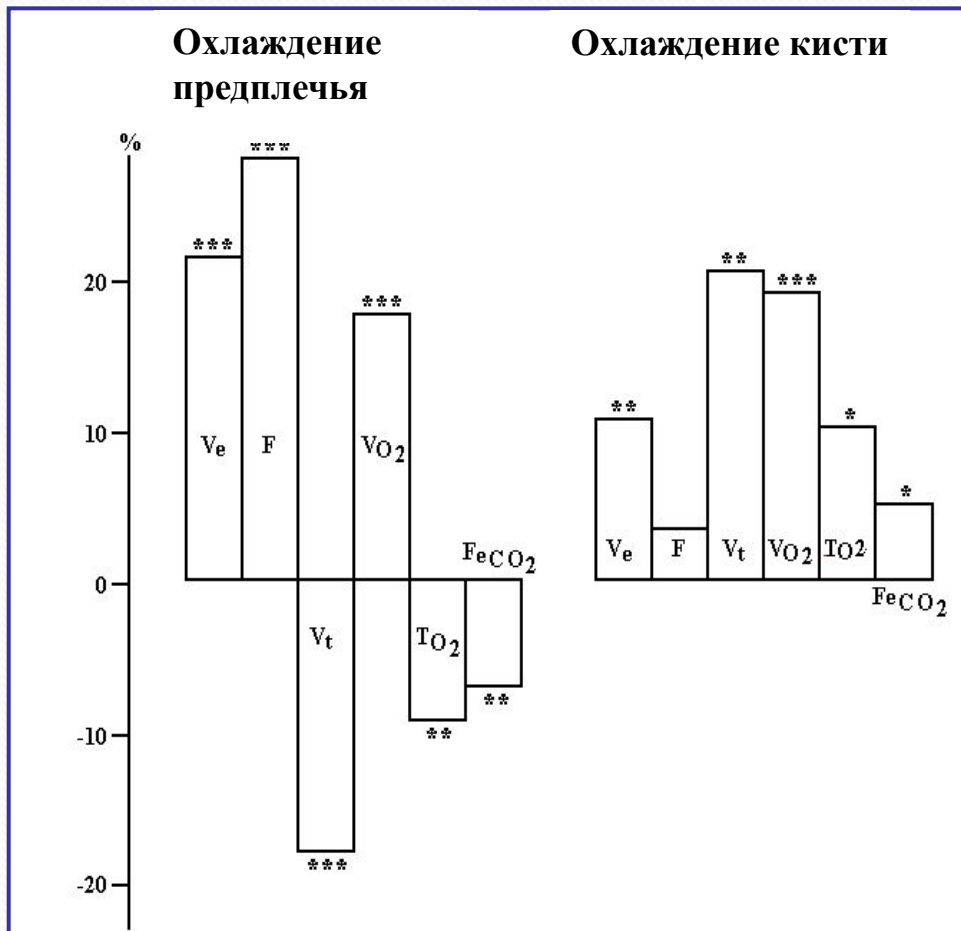
***Термочувствительные кожные афференты разной локализации различаются по следующим характеристикам.***

- ❖ *температурный диапазон функционирования;*
- ❖ *температура максимальной статической и динамической активности (область наибольшей термочувствительности);*
- ❖ *частота импульсации;*
- ❖ *количество функционирующих афферентов на единицу площади.*
- ❖ *соотношение тепло- и холодочувствительных афферентов.*

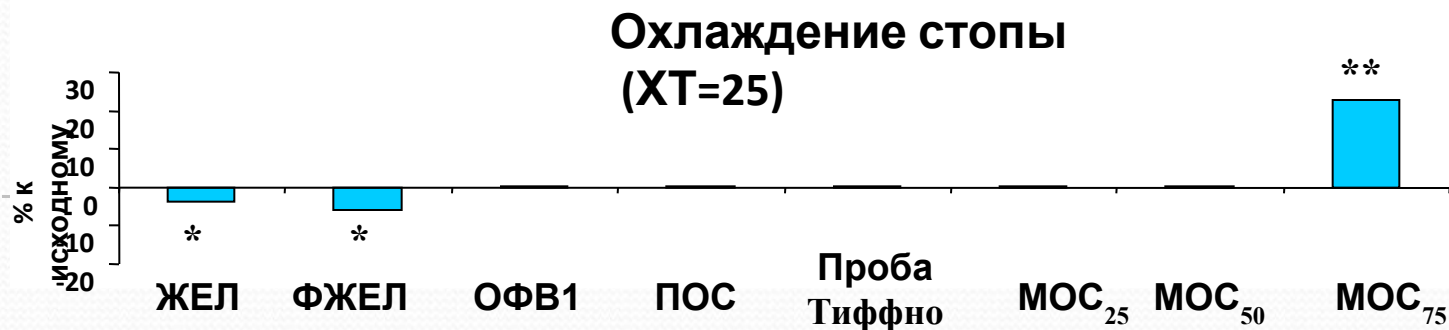
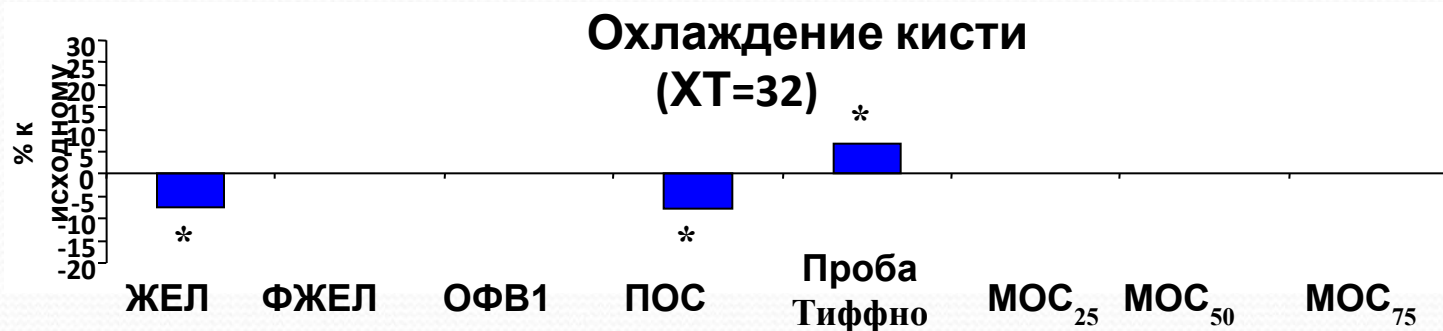
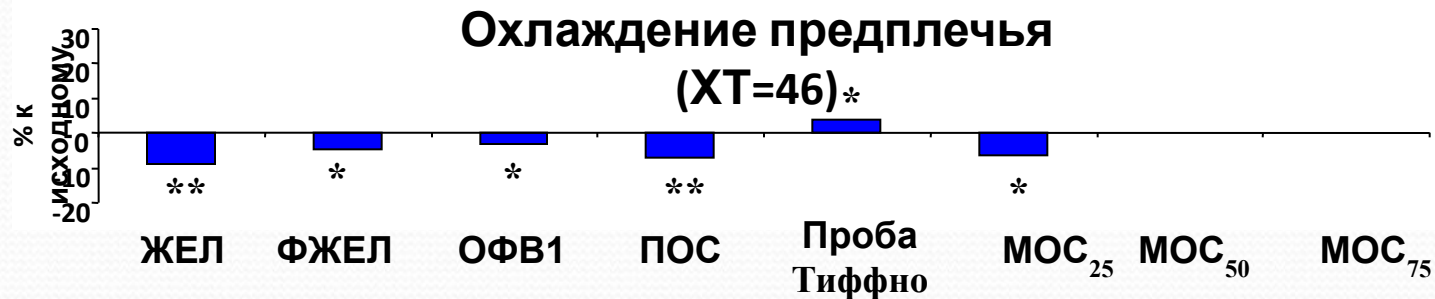


**Каков вклад рецепторов разной локализации в формирование физиологических реакций?**

**Изменения параметров дыхания формируются по-разному в зависимости от локализации охлаждения и зависят от исходных (индивидуальных) параметров дыхания при охлаждении одной и той же области кожи.**



## Изменения спирометрических параметров дыхания формируются по-разному в зависимости от локализации





**Каковы механизмы изменения чувствительности терморецепторов?**

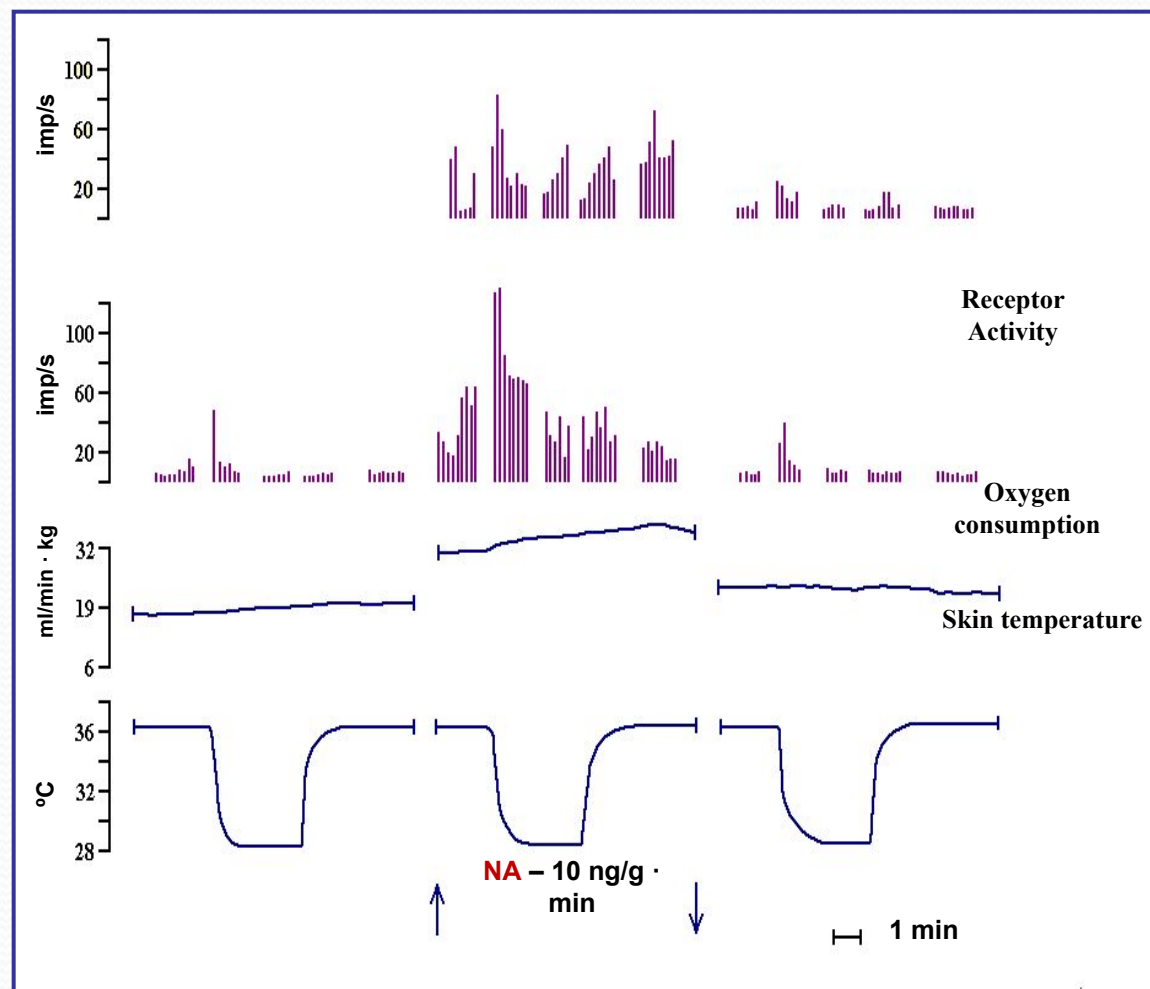
**Проявление модуляции активности терморецепторов биологически активными веществами в физиологических реакциях**

Повышение концентрации **НА**  
вызывает:

1) повышение активности  
низкочастотных кожных холодowych  
рецепторов;



1) снижение порогов  
холодозащитных реакций,.

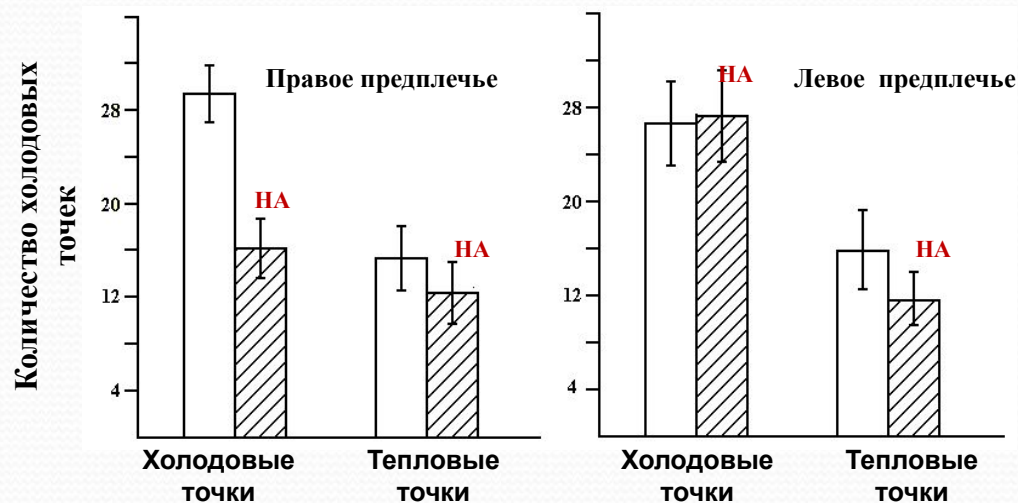
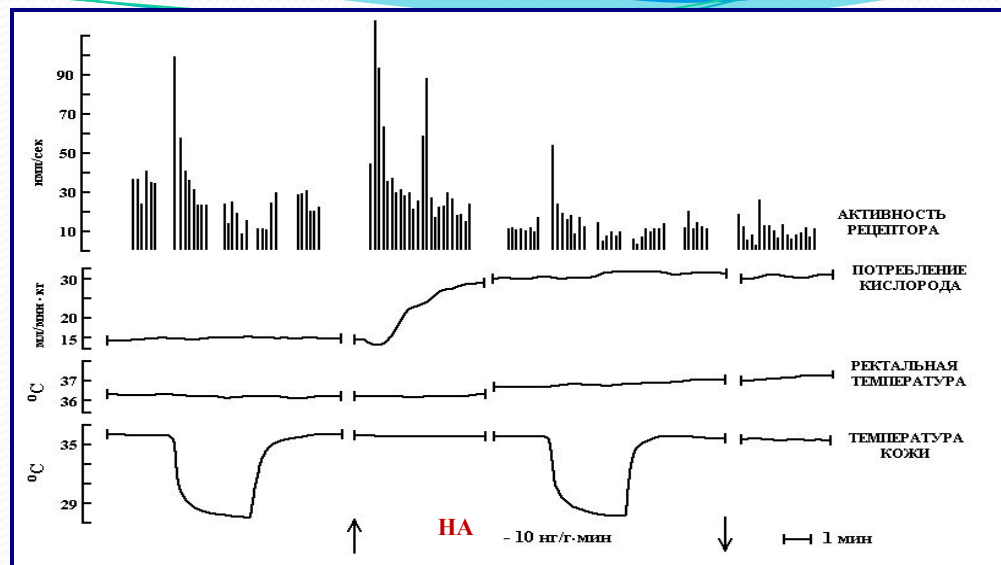


## Повышение концентрации **НА** вызывает:

1) снижение статической и динамической активности высокочастотных холодových рецепторов кожи;

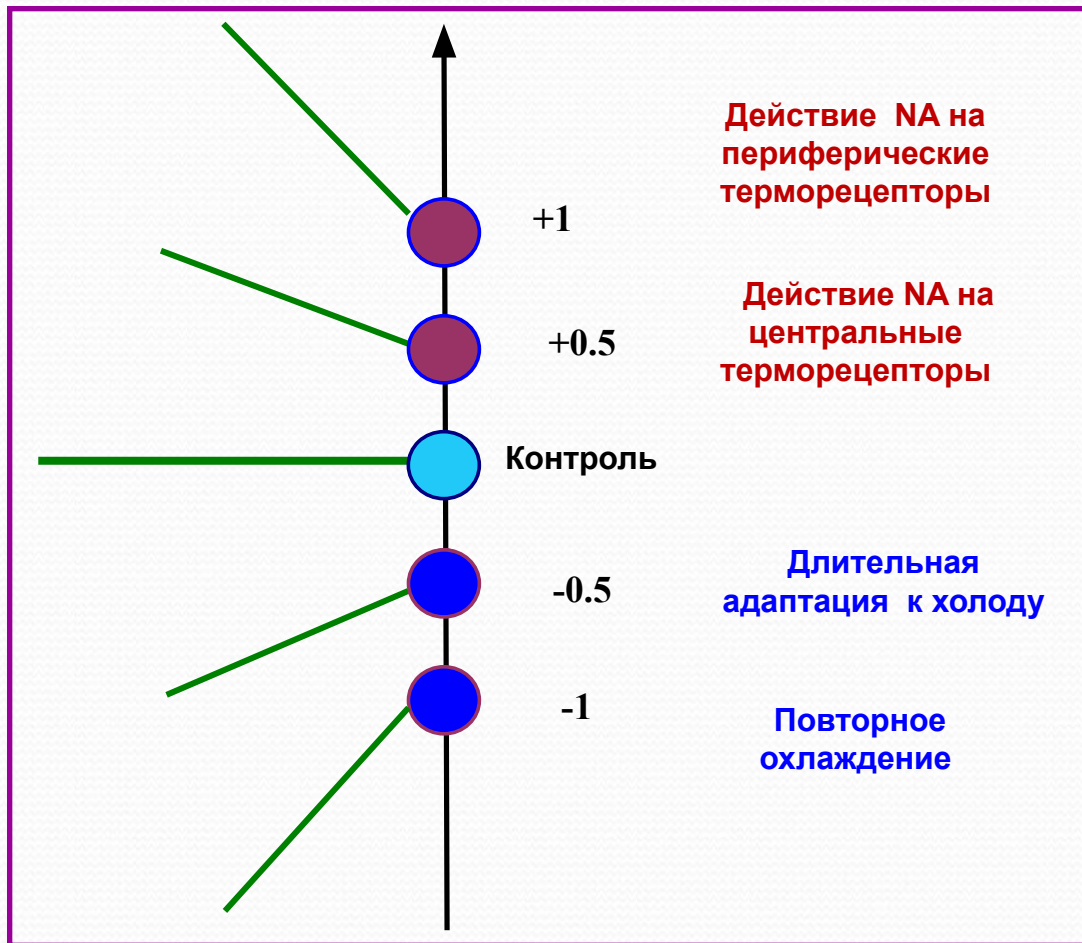


2) уменьшение количества функционирующих холодových рецепторов, обеспечивающих восприятие низких температур.



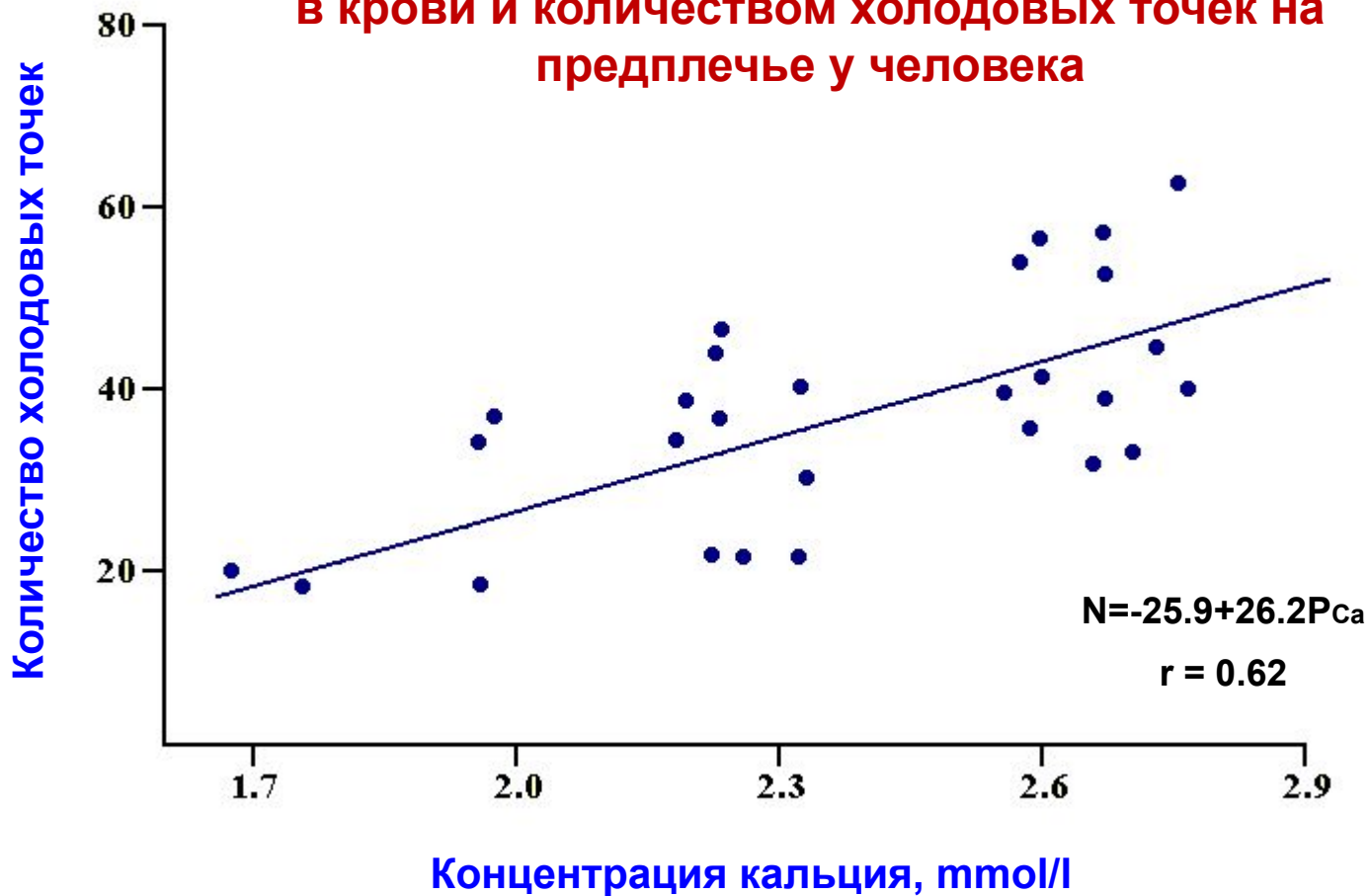
Ионофорез норадреналина в кожу **правого** предплечья (4mA, 20 мин, 25 см<sup>2</sup>) уменьшает количество холодových точек у человека, не оказывая влияния на тепловые



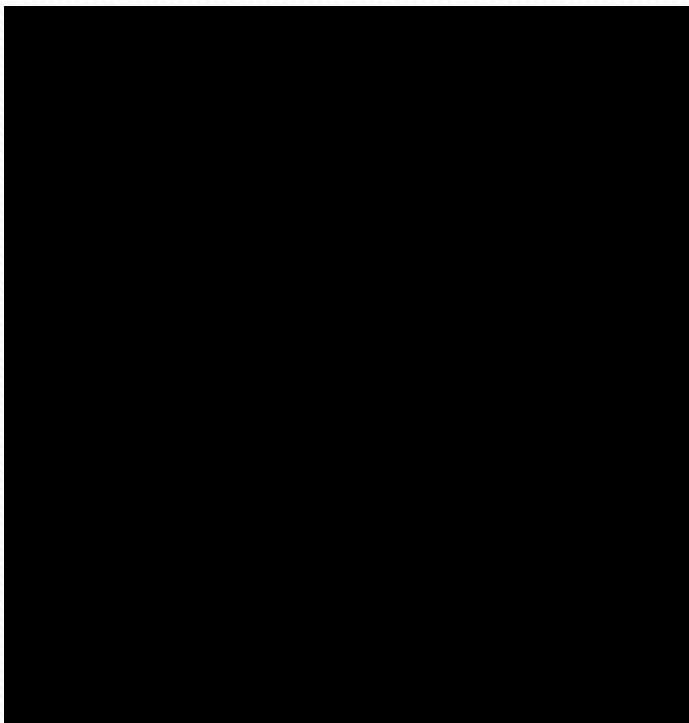


Смещение температурных порогов метаболической реакции при различных воздействиях на организм

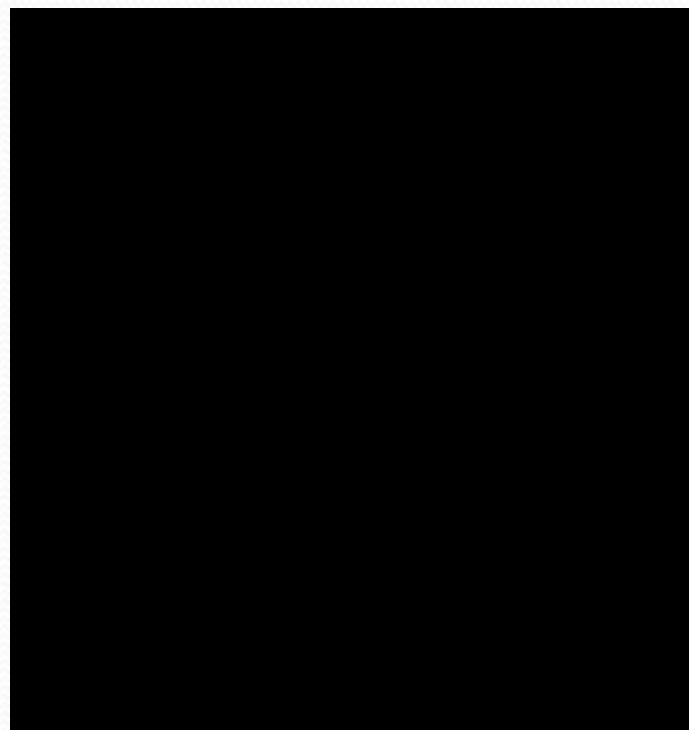
**Корреляция между концентрацией кальция в крови и количеством холодových точек на предплечье у человека**



**Ca(2+) ослабляет угнетающее влияние глубокого охлаждения на антителообразование в селезенке**

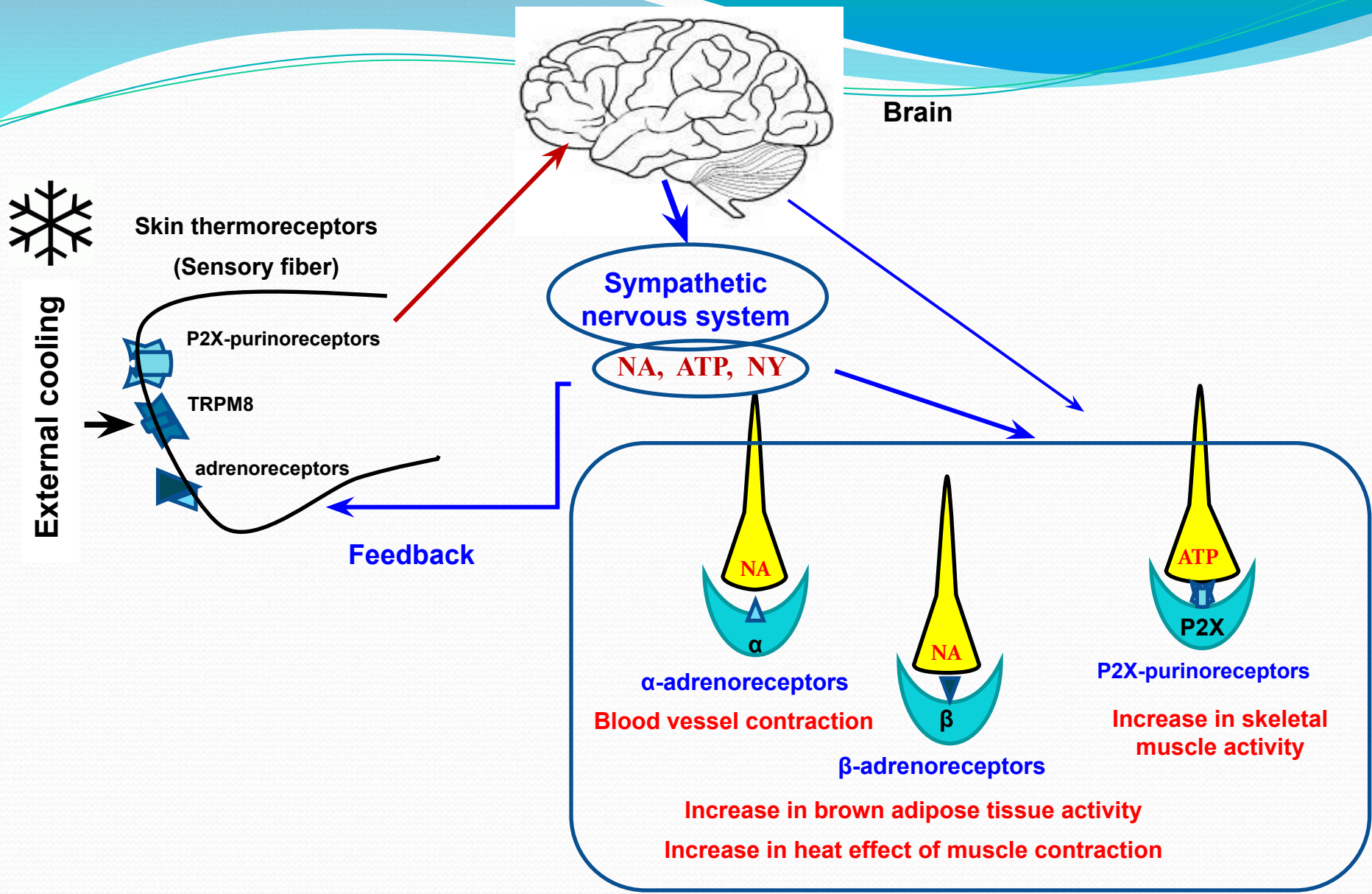


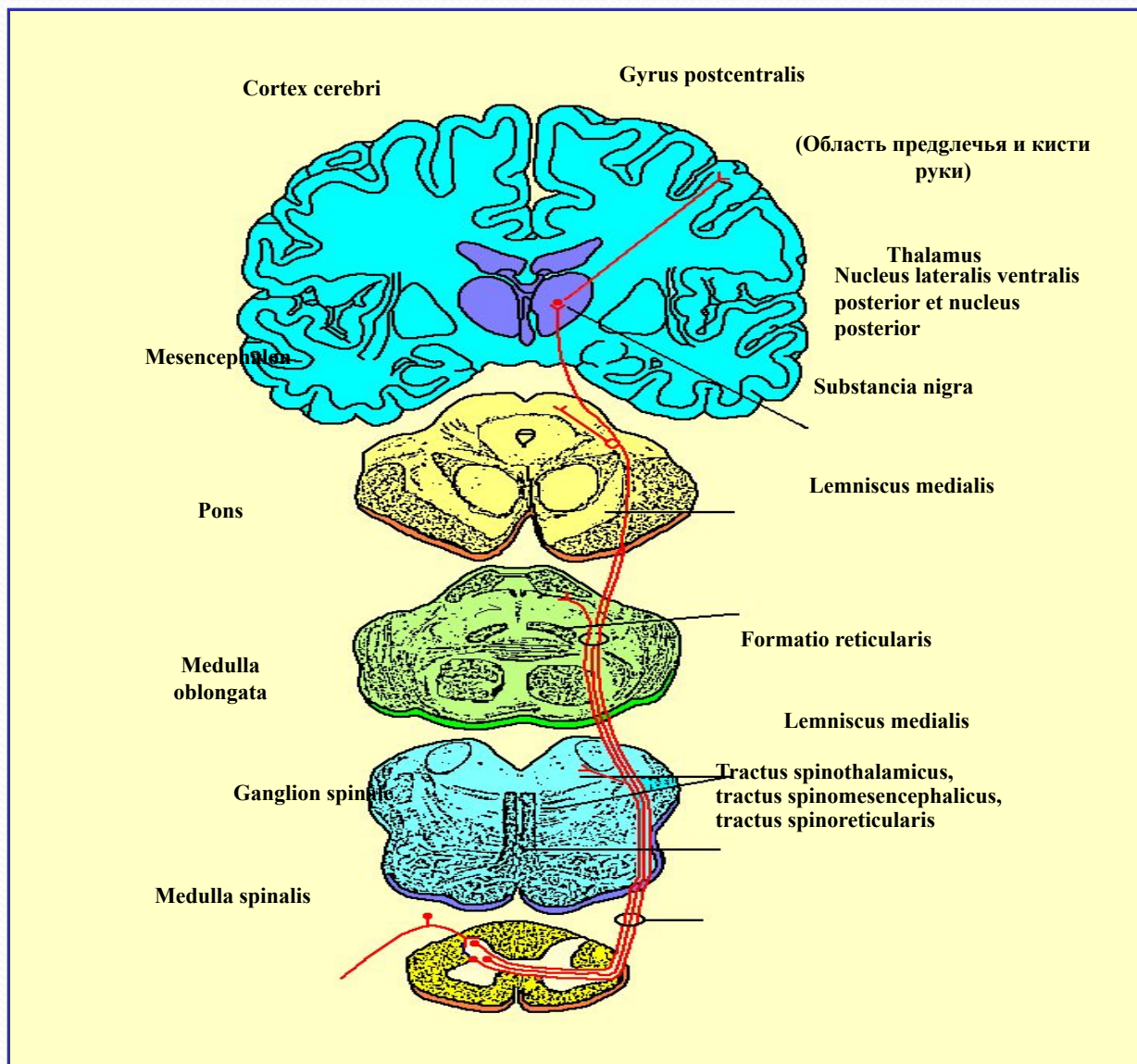
**Контроль**



**Ca(2+)**





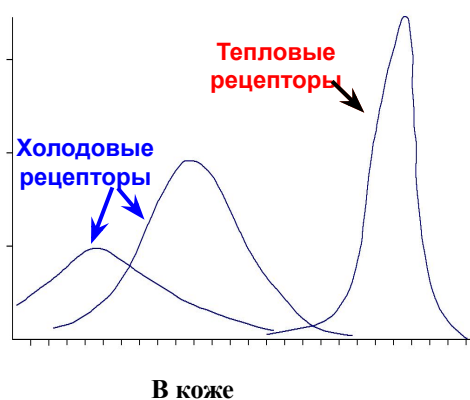


## Антеролатеральная система

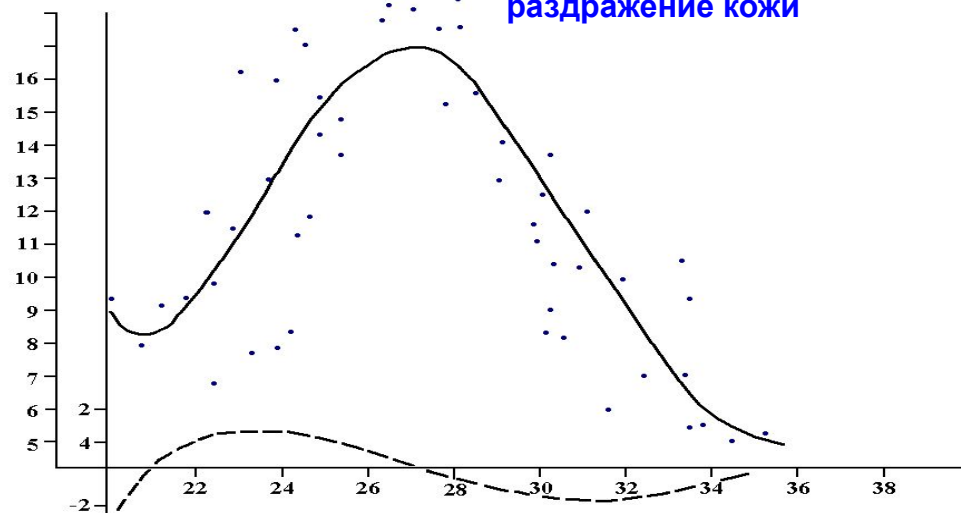


Нейроны коры сохраняют закономерности температурных характеристик периферических афферентов.

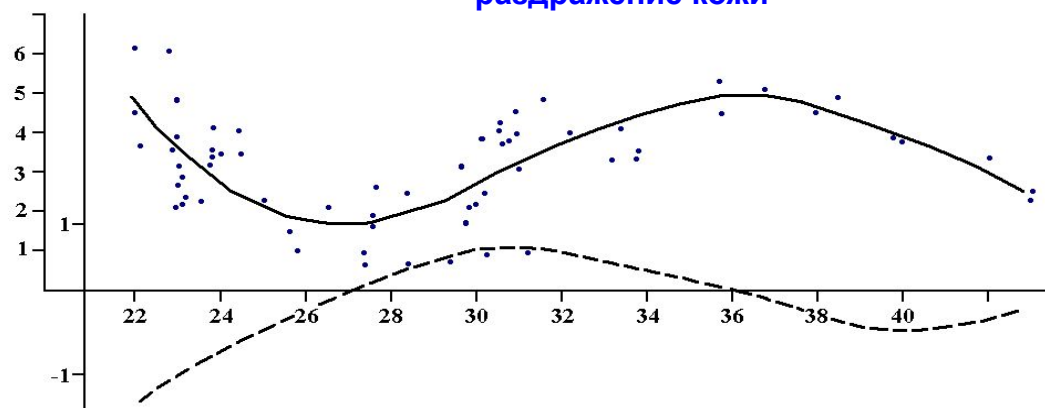
Происходит количественная трансформация периферического сигнала и пространственное суммирование



Активность нейронов коры, реагирующих на холодное раздражение кожи

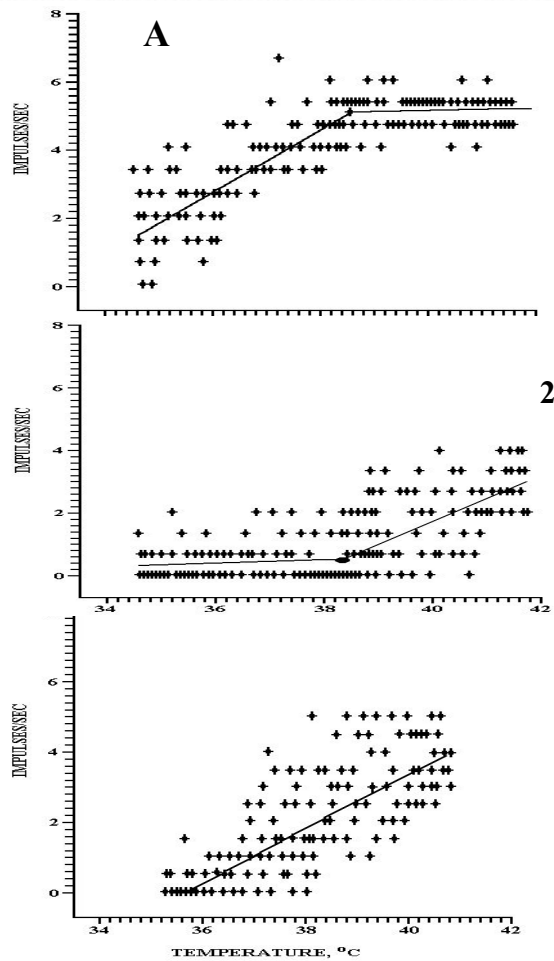


Активность нейронов коры, реагирующих на тепловое раздражение кожи

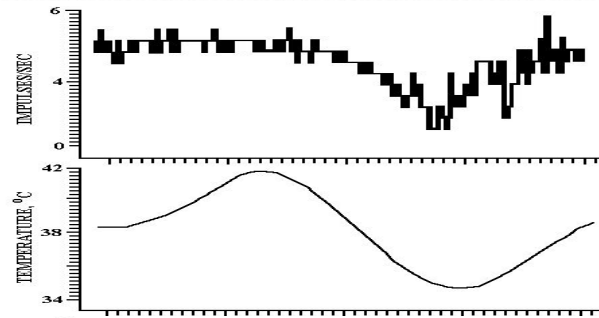


Козырева, Иванов, 1975

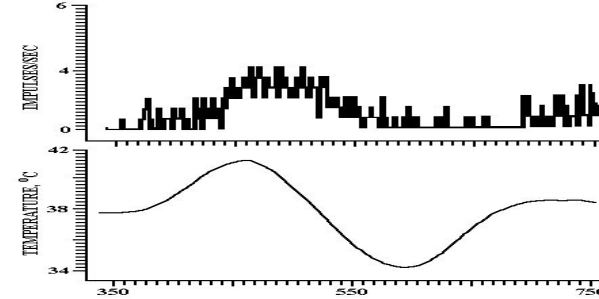




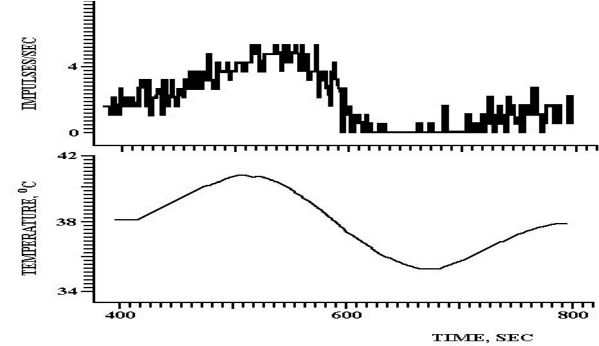
1



2

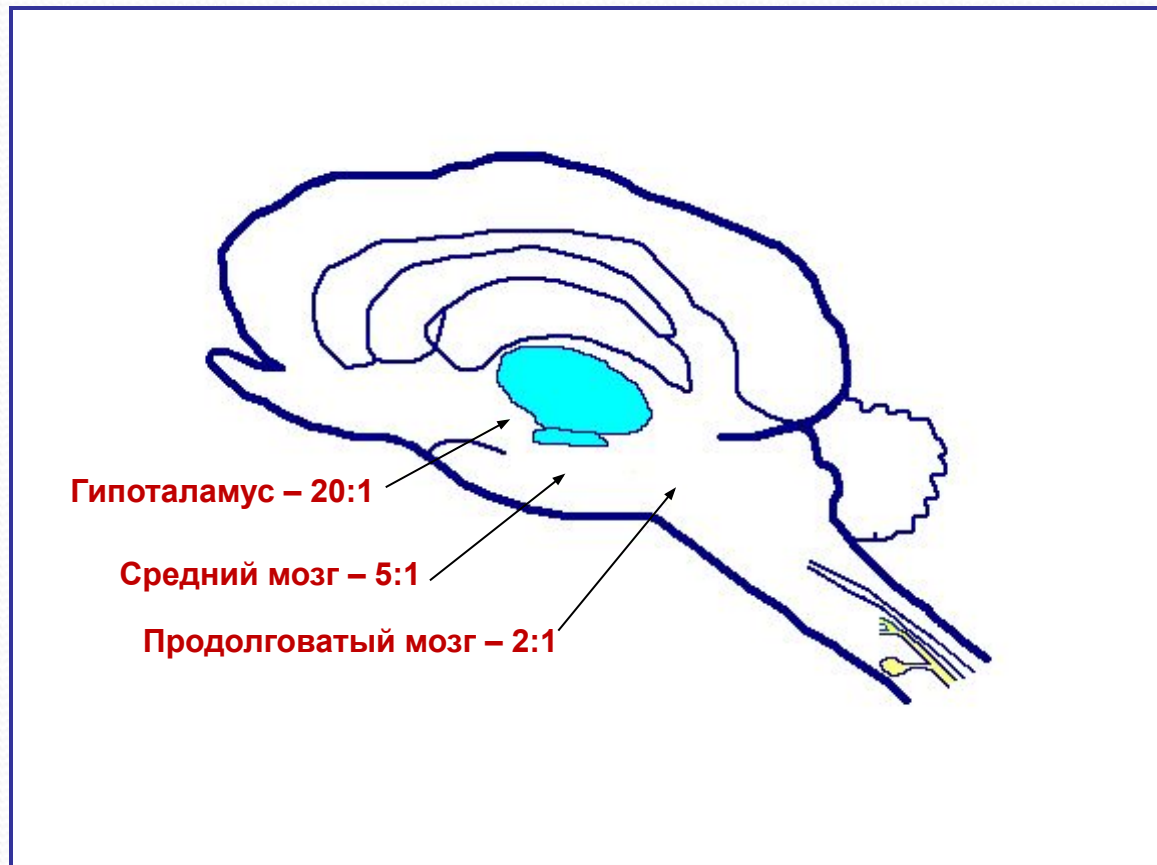


3



## Термочувствительные нейроны гипоталамуса

## Соотношение тепло- и холодочувствительных нейронов в структурах мозга



На периферии значительно преобладают холодочувствительные нервные окончания нейронов спинальных ганглиев



Для запуска эффекторных реакций важны центральные и периферические терморецепторы. Для разных реакций может быть разное соотношение вклада этих рецепторов.

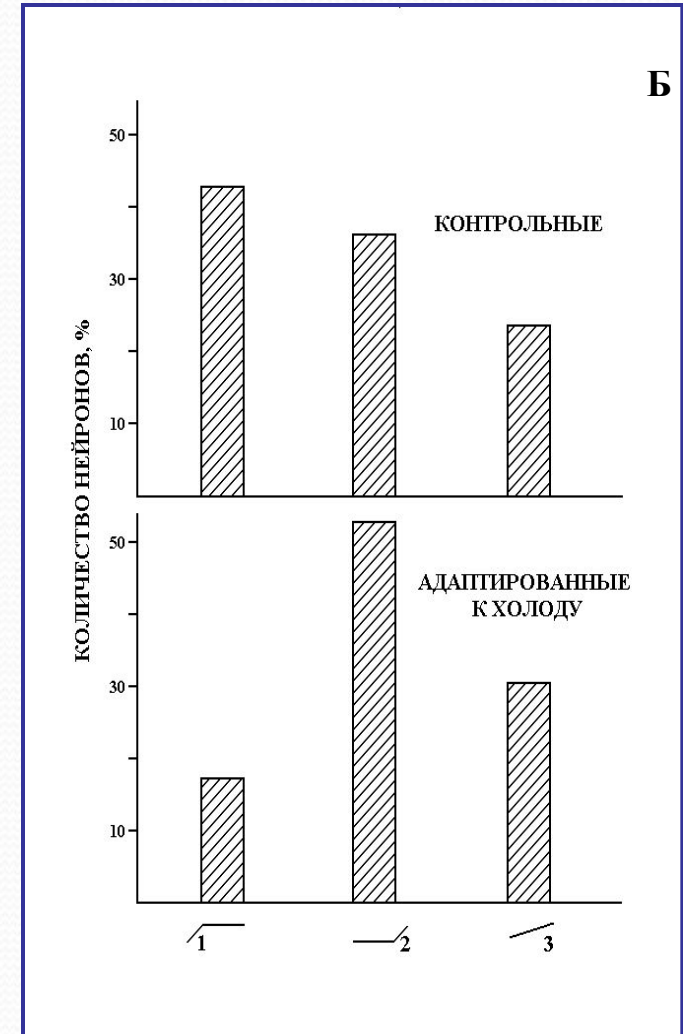
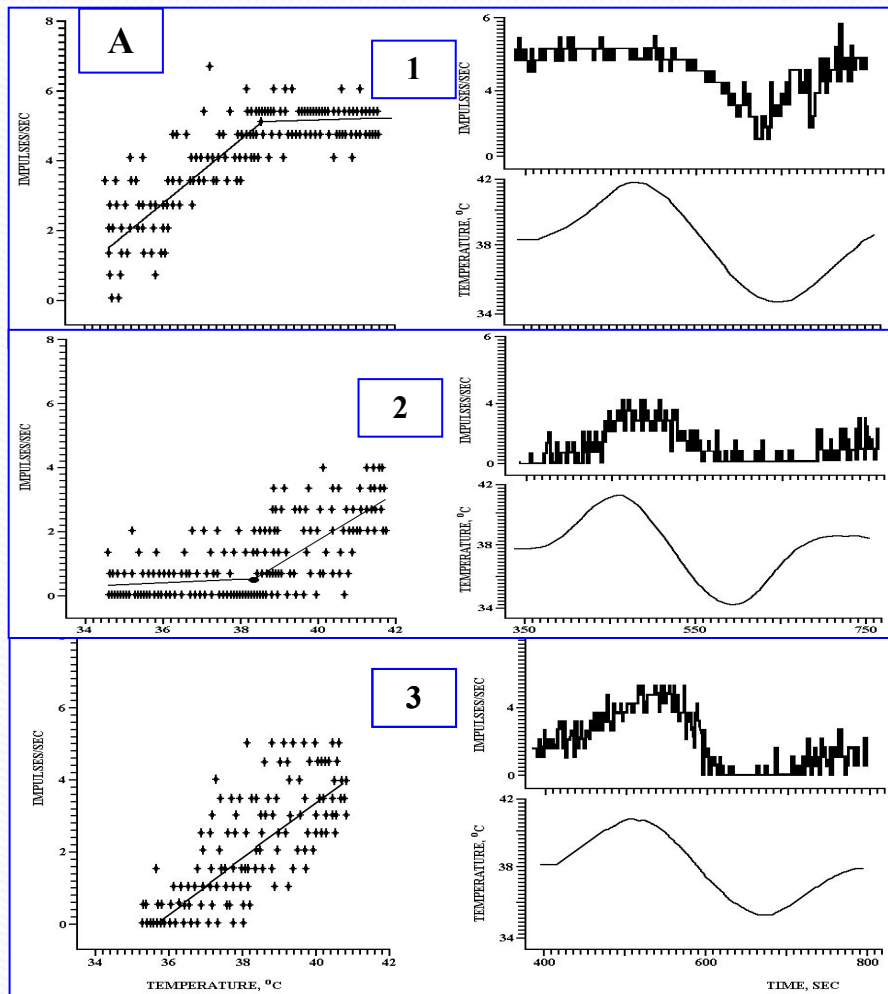


**Запуск полипное у собак происходит:**  
**при температуре гипоталамуса +39°C,**  
**если температура внешней среды**  
**+35°C ;**  
**при температуре гипоталамуса +41°C,**  
**если температура внешней среды**  
**+15°C ;**



**Можно ли изменить температурную чувствительность центральных нейронов?**

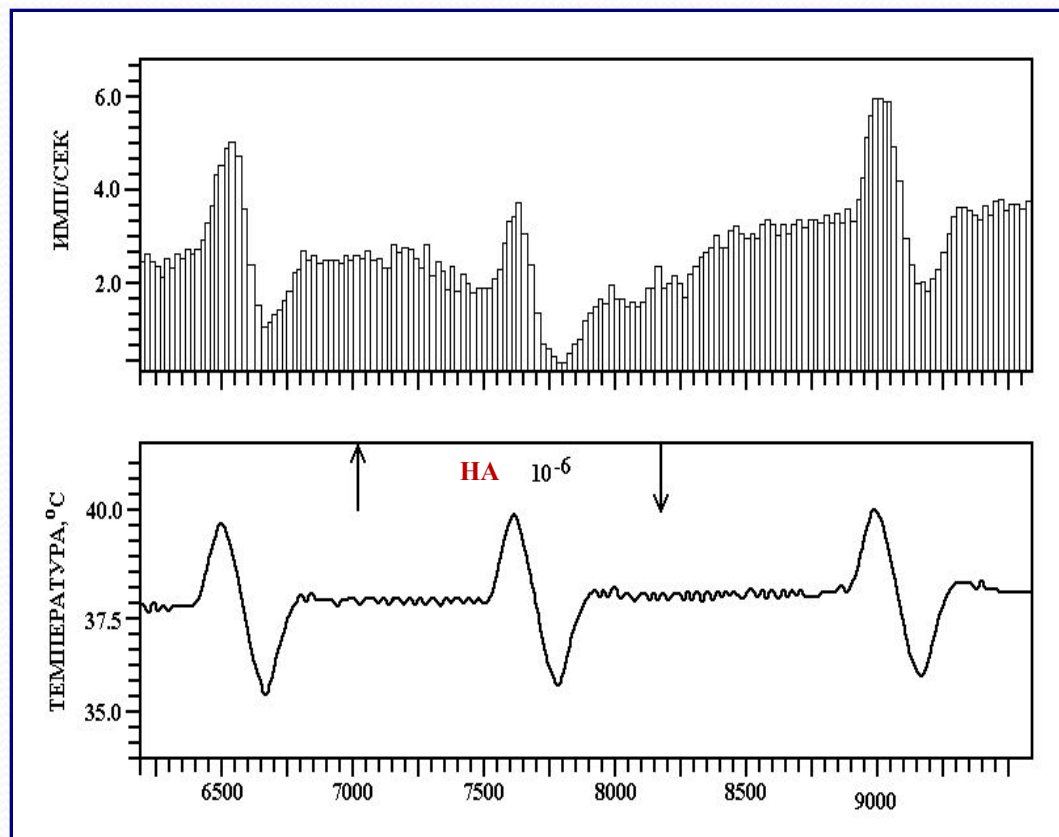
# Адаптация организма к холоду вызывает уменьшение доли нейронов гипоталамуса чувствительных в области низких температур



## Модуляция температурной чувствительности нейронов гипоталамуса норадреналином

Повышение концентрации **НА** приводит к повышению чувствительности нейронов гипоталамуса в области низких температур и снижению ее в области высоких температур.

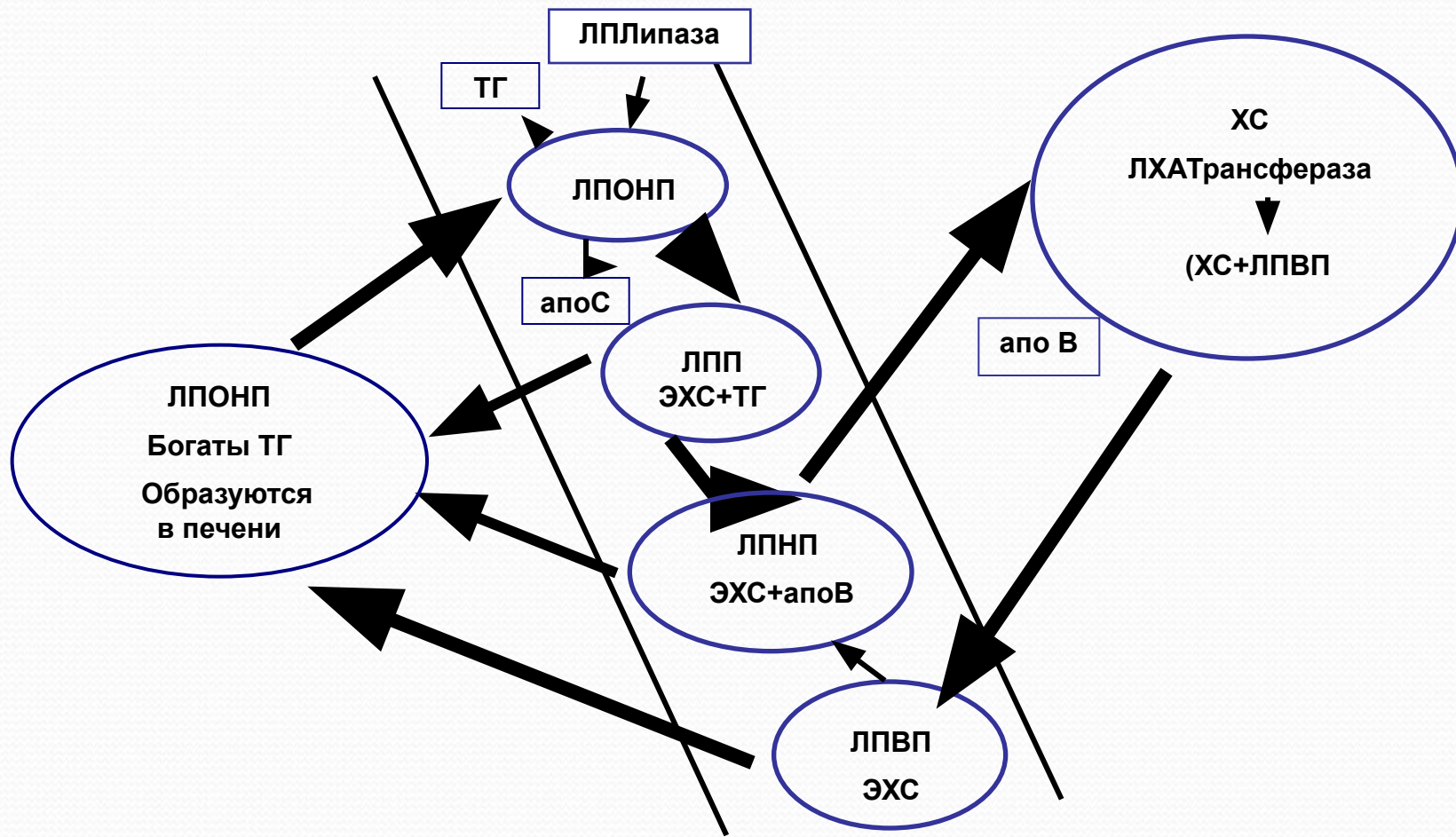
При избирательном действии **НА** на центральные терморецепторы пороги холодозащитных реакций снижаются, что противоположно тем сдвигам, которые наблюдаются при адаптации организма к холоду.







# КАПИЛЛЯР



Стресс → Катехоламины → Активация липолиза ТГ →

СЖК (НЭЖК)

ЭХС (присоединение к гидроксильной группе ХС)  
ФЛ (соединен. с многоатомными спиртами глицерина)

Печень

(ТГ+ЭХС+апоВ+апоС)

ЛПОНП

Мышцы (другие ткани)

Окисление СЖК

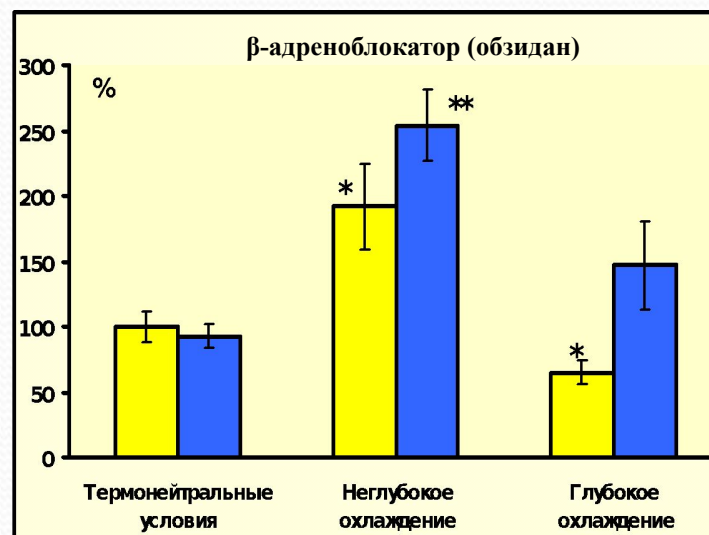
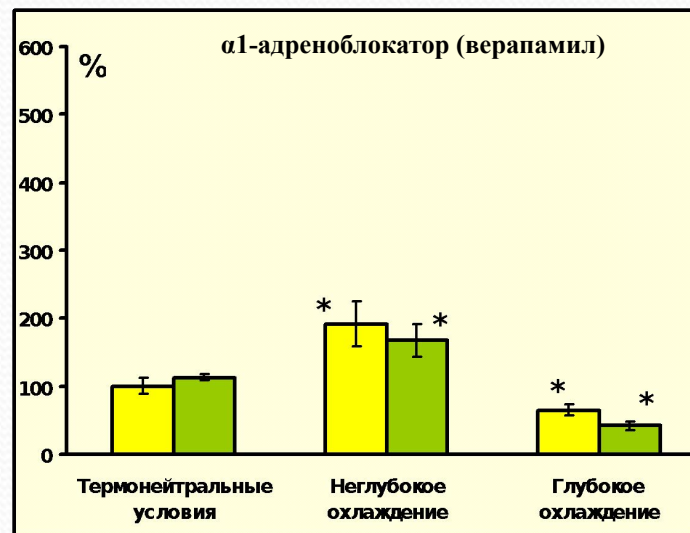
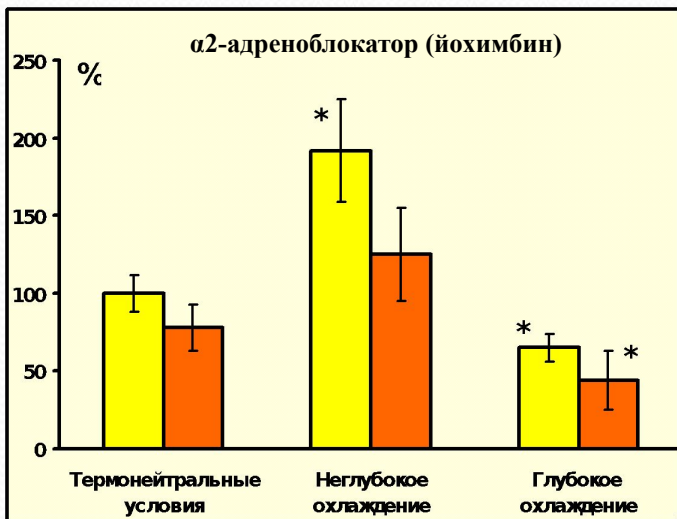
Ацил-Ко-А

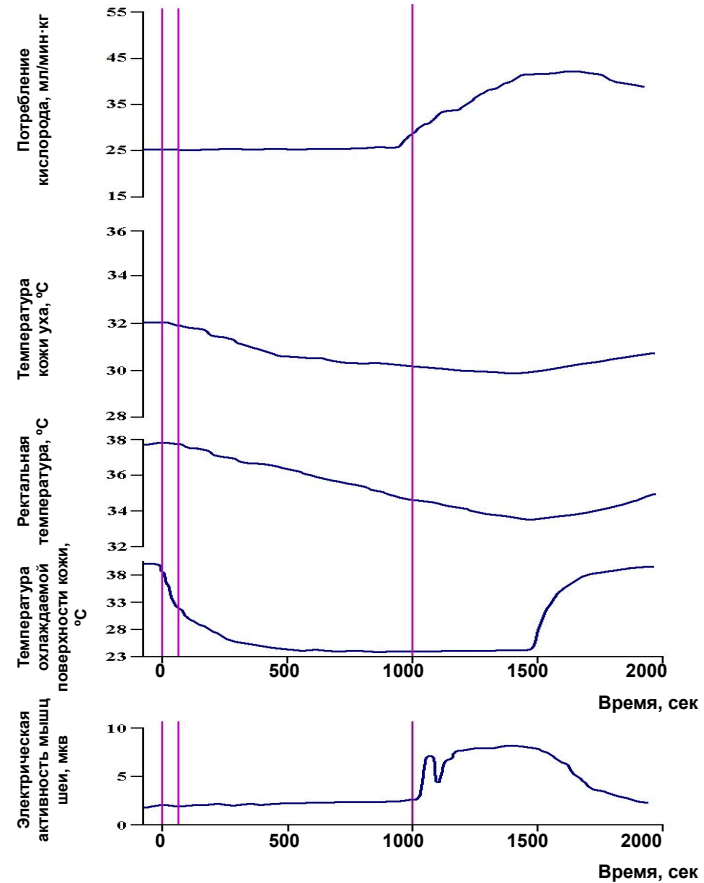
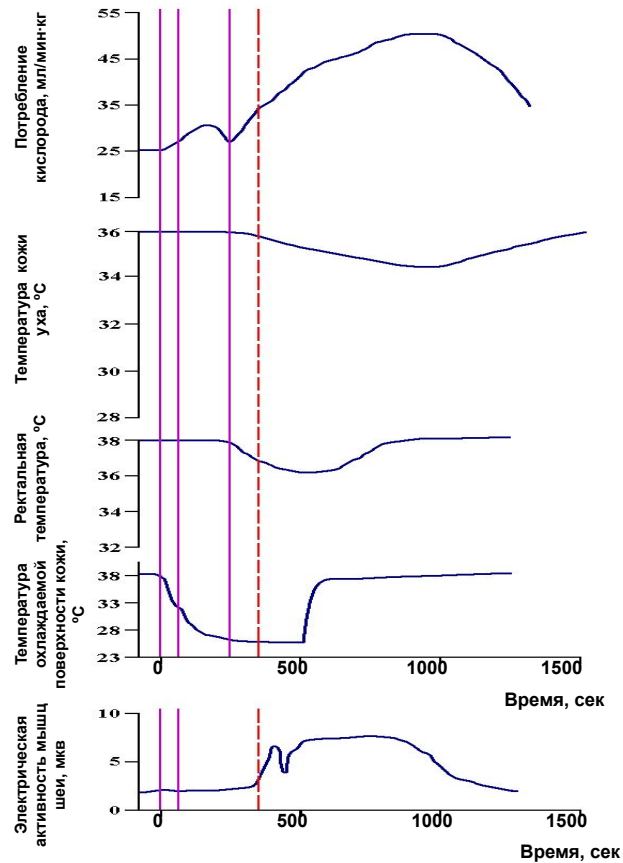
Цикл трикарбоновых кислот

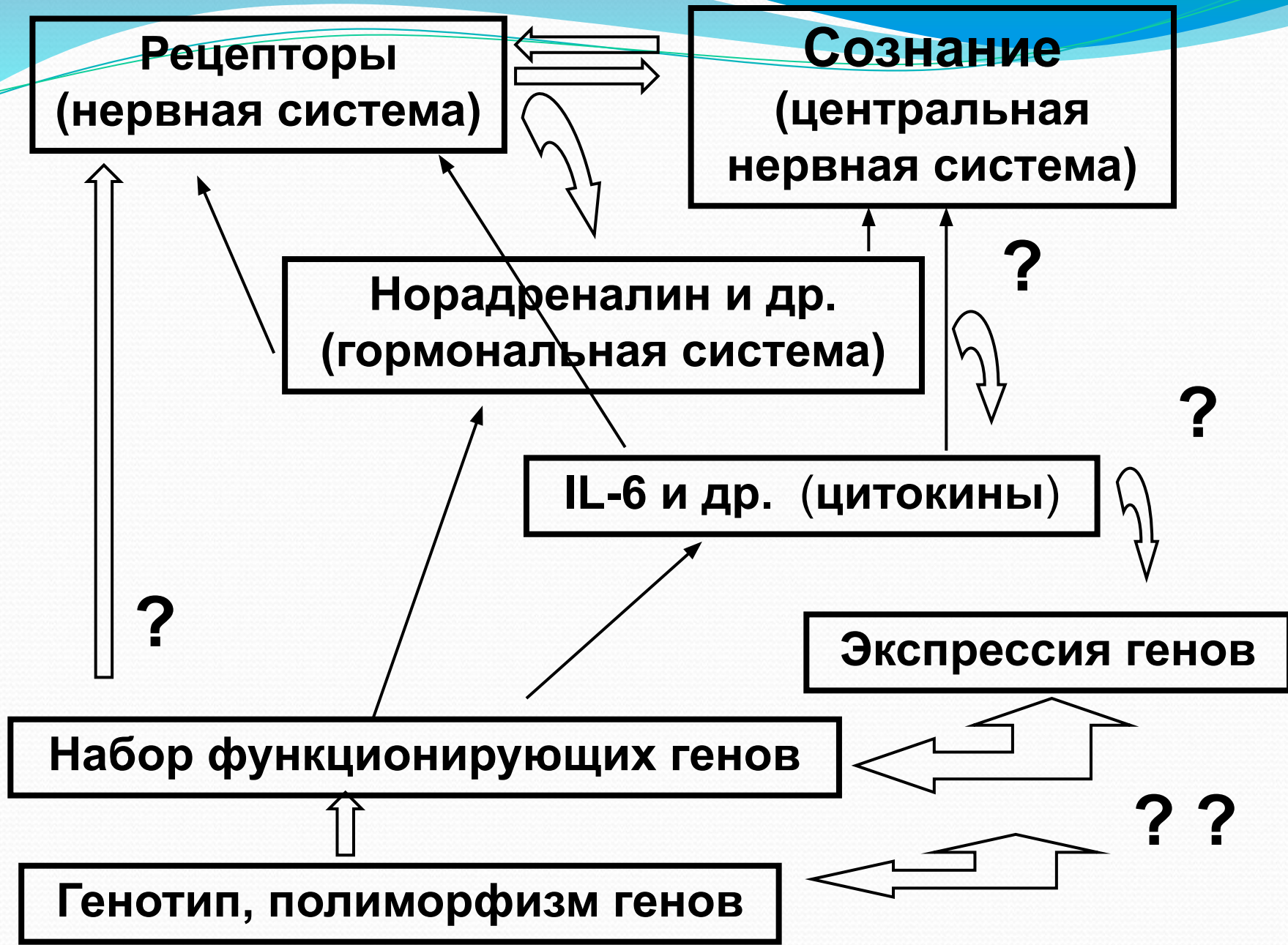
$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$



## Влияние адrenoблокаторов на антителообразование в селезенке при быстром охлаждении разной глубины

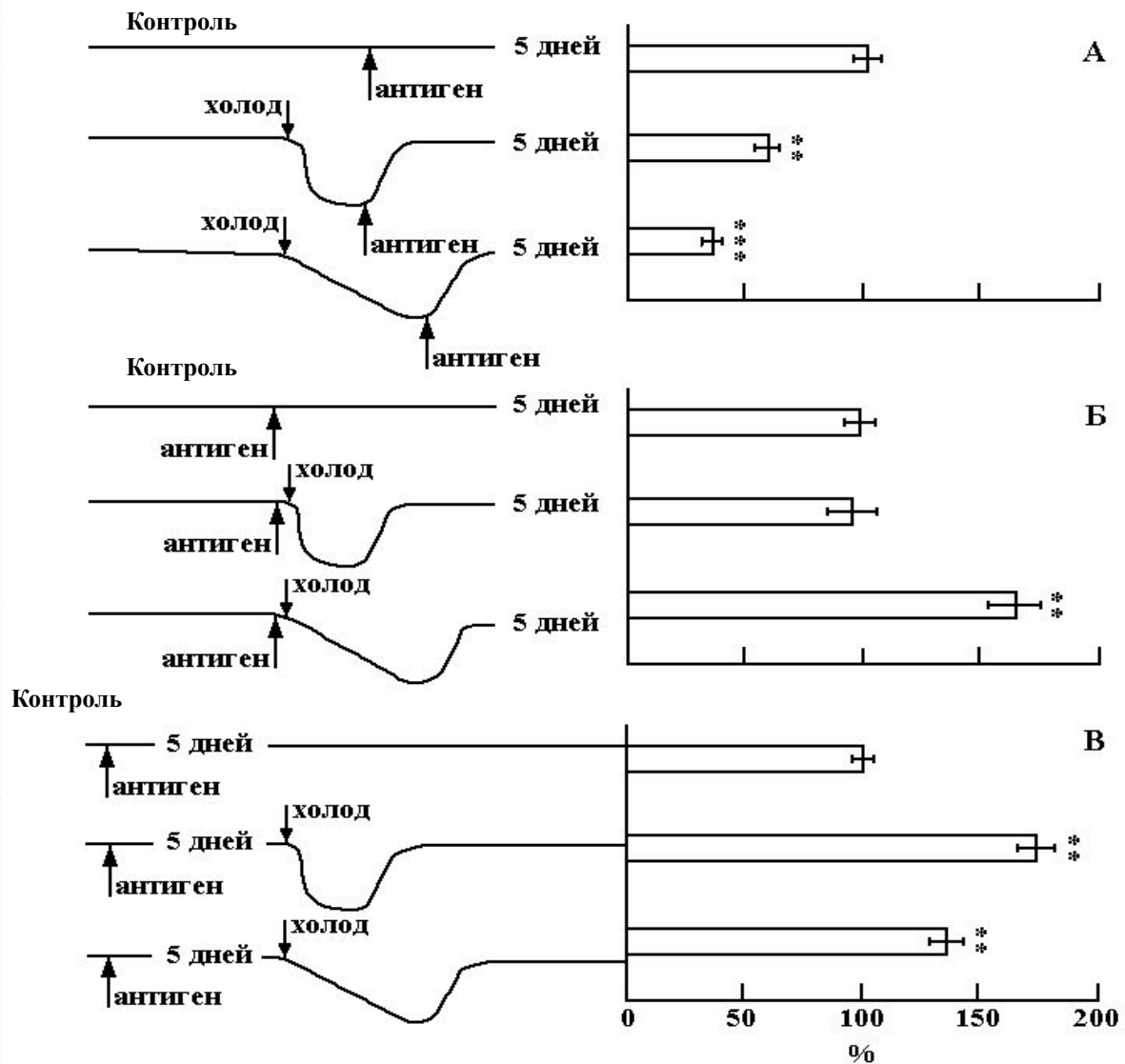








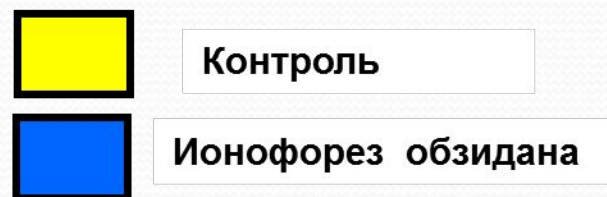
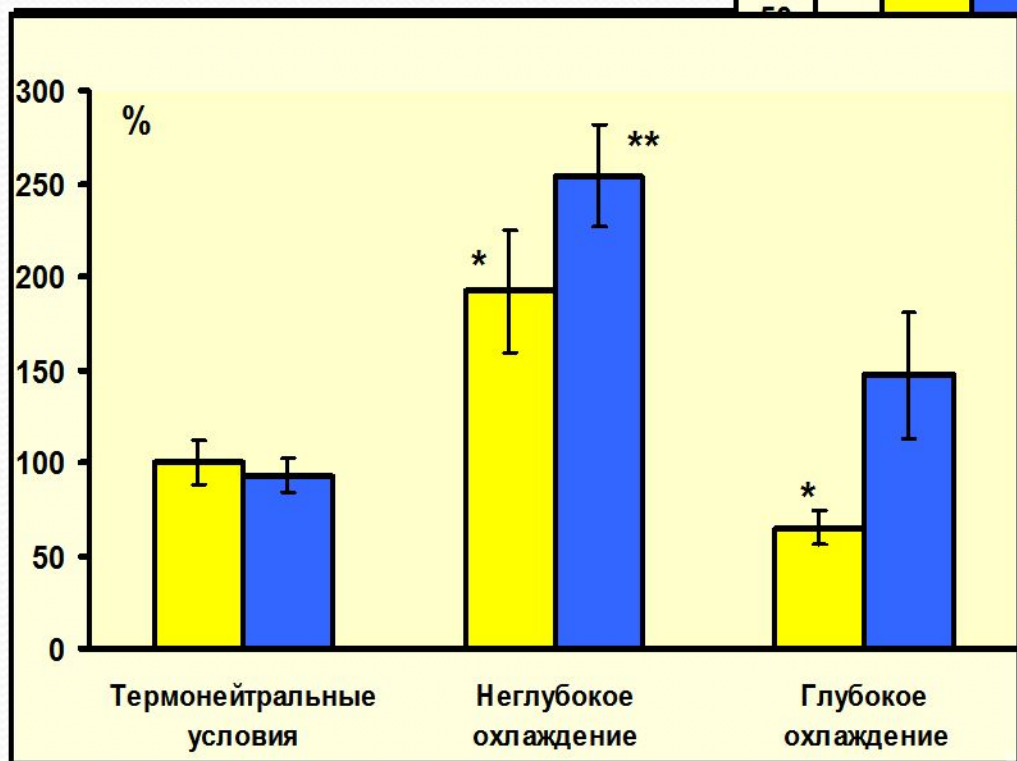
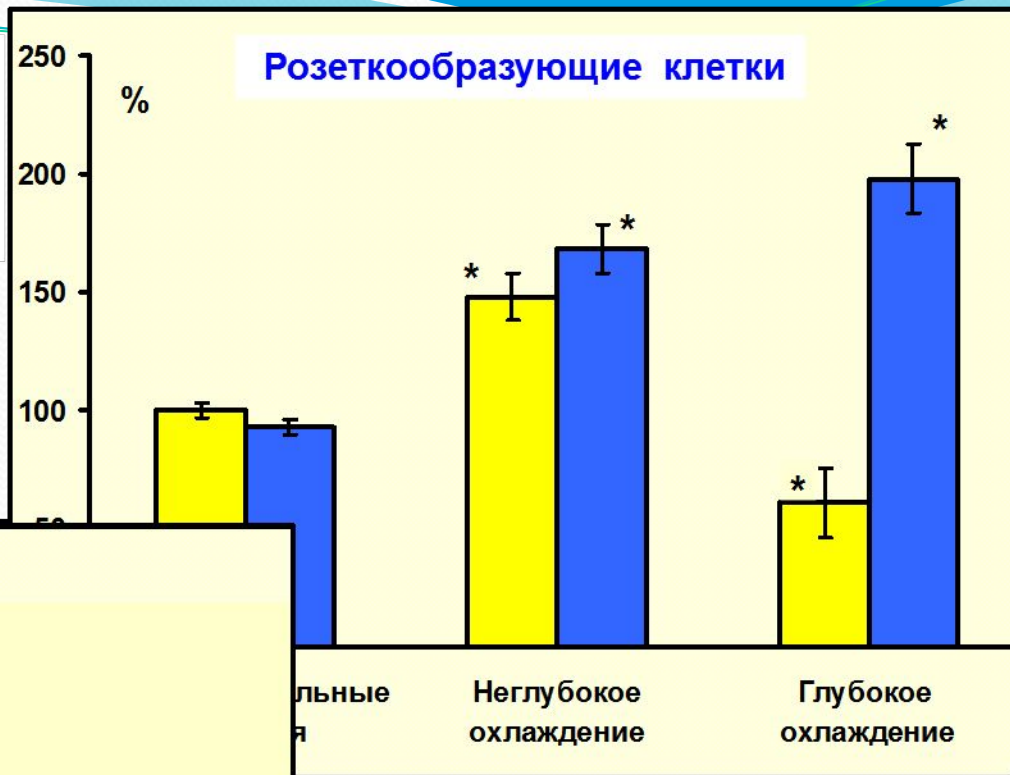
## Розеткообразующие клетки селезенки



## Зависимость интенсивности потребления кислорода от массы живого организма

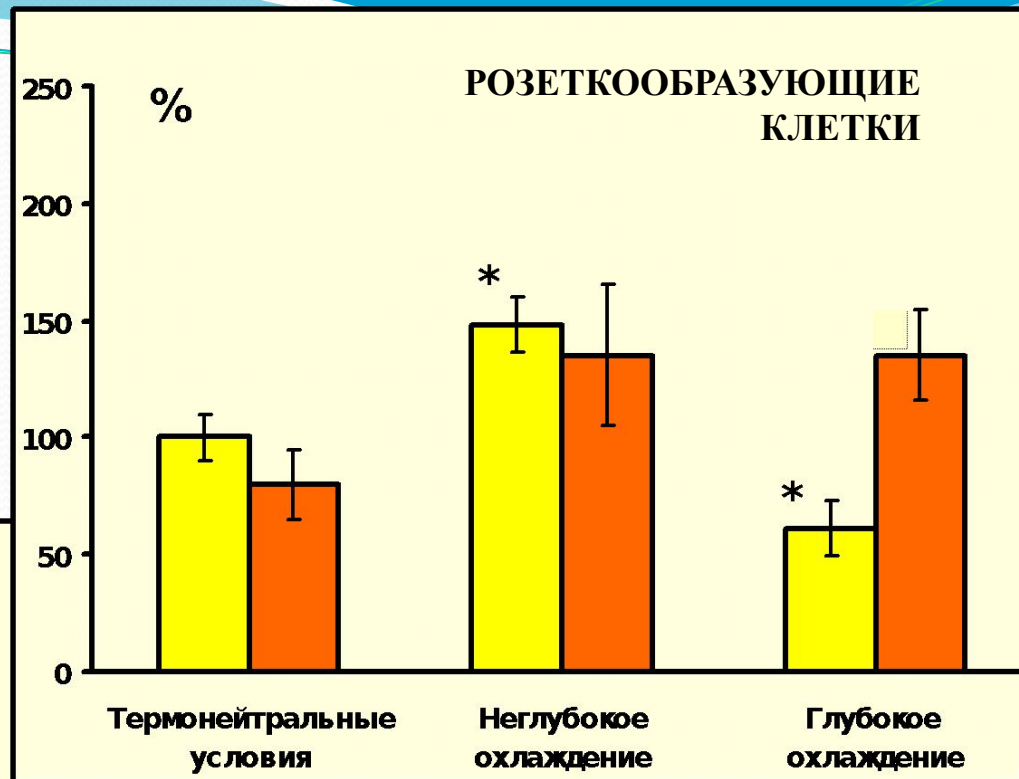
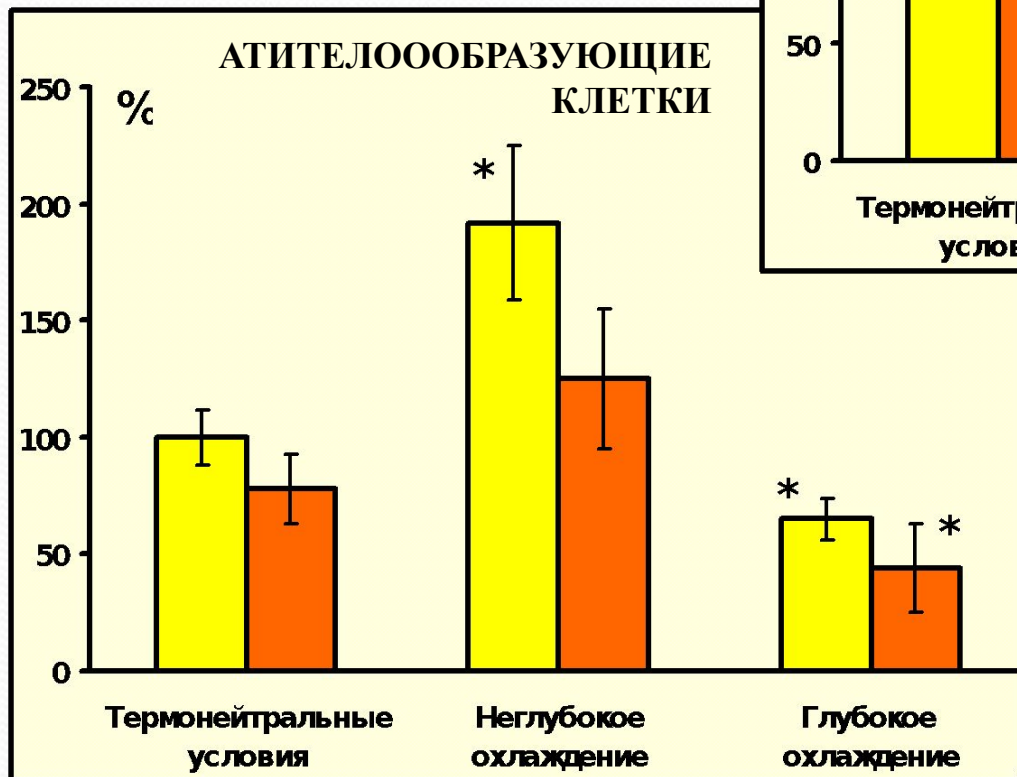


**Влияние обзидана на  
антителообразующие и  
розеткообразующие клетки  
селезенки**

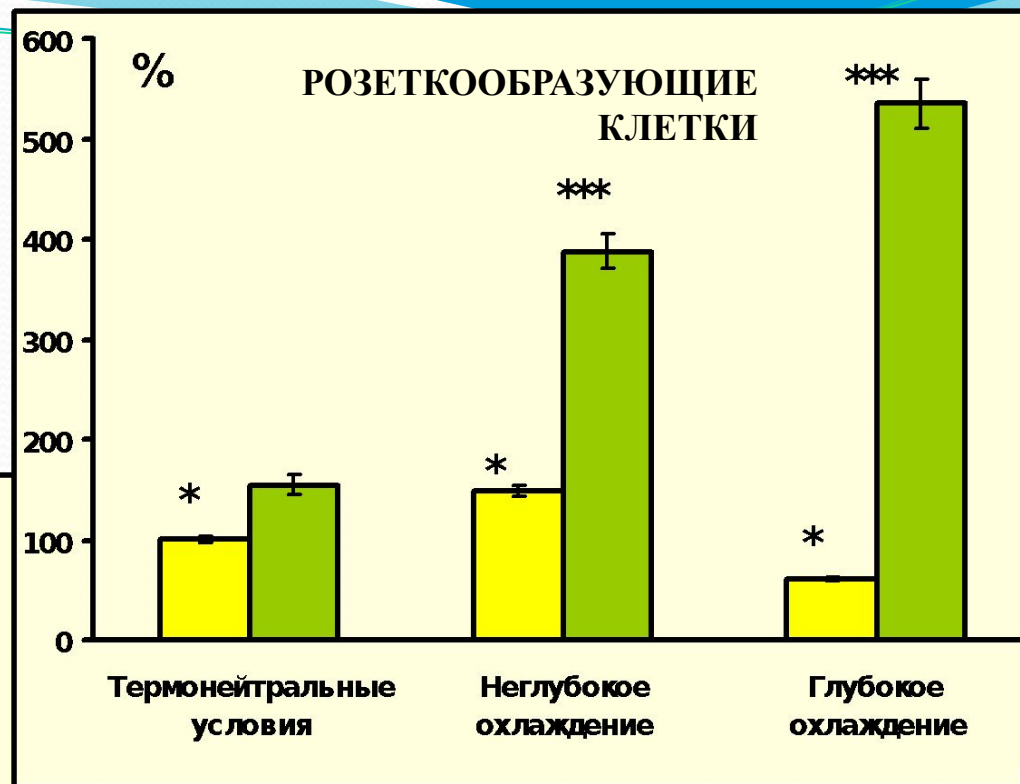
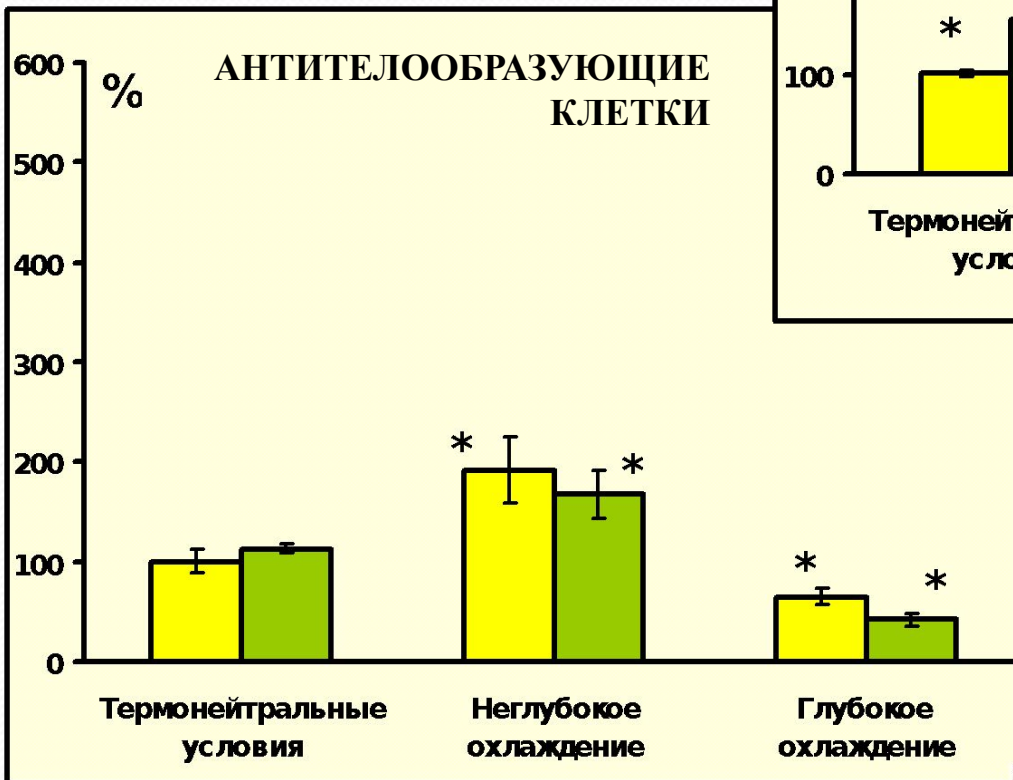


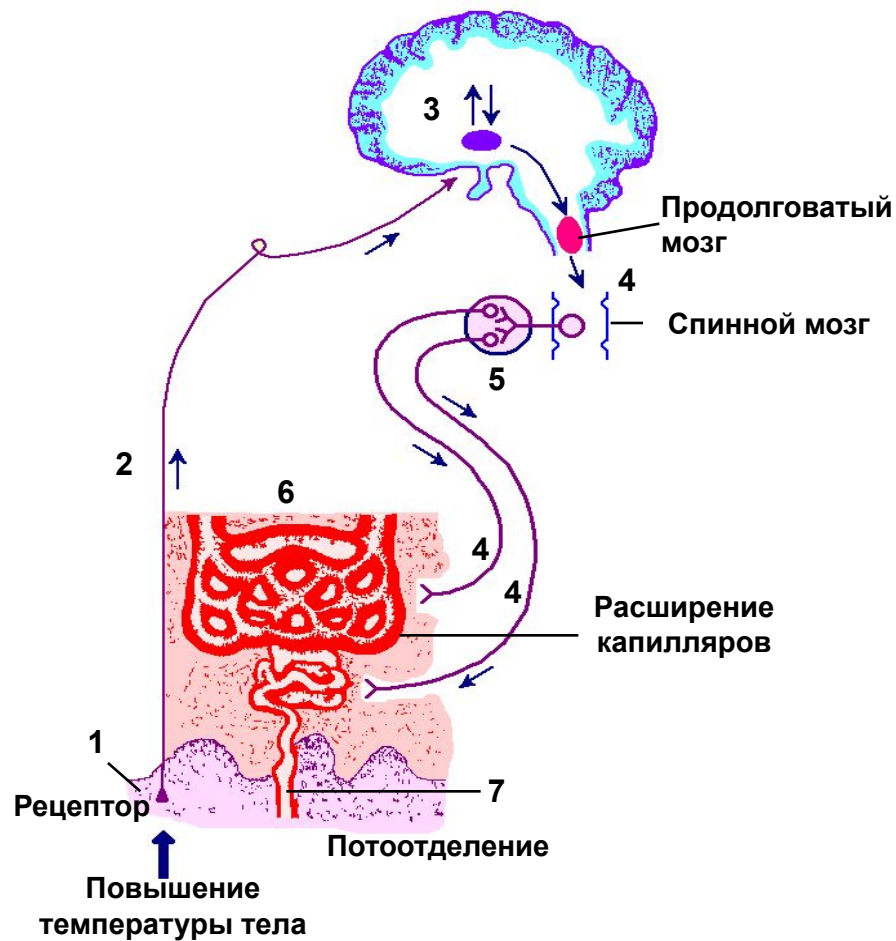


# ВЛИЯНИЕ ЙОХИМБИНА ( $\alpha$ 2-АДРЕНОБЛОКАТОРА) НА ИМУННЫЙ ОТВЕТ КЛЕТОК СЕЛЕЗЕНКИ



# ВЛИЯНИЕ ВЕРОПАМИЛА ( $\alpha$ 1-АДРЕНОБЛОКАТОРА) НА ИМУННЫЙ ОТВЕТ КЛЕТОК СЕЛЕЗЕНКИ





1 – кожа; 2 – афферентные пути; 3 – центры в гипоталамусе; 4 – эфферентные пути; 5 – ганглий; 6 – кровеносные капилляры; 7 – потовые железы.



