



Температурная рецепция

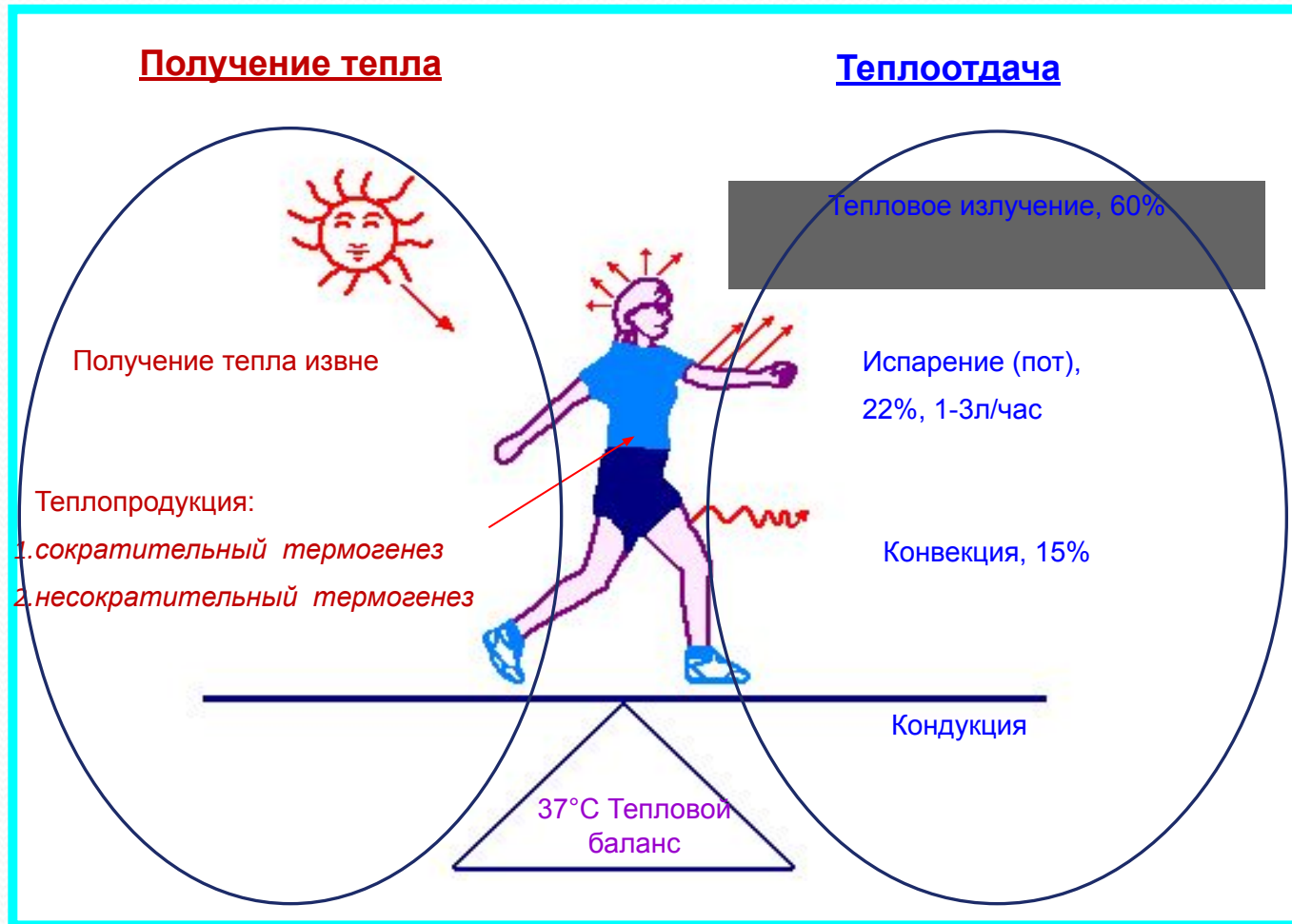


Постоянство внутренней среды – есть условие свободной жизни

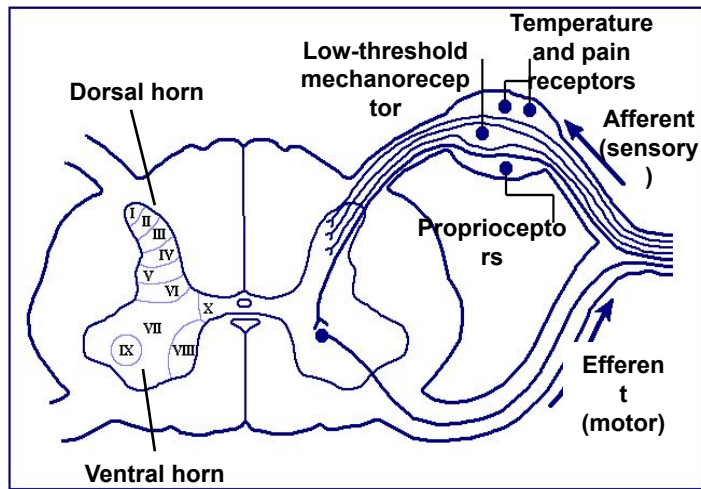
Два способа сохранения постоянства внутренней среды живого организма

- 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).***

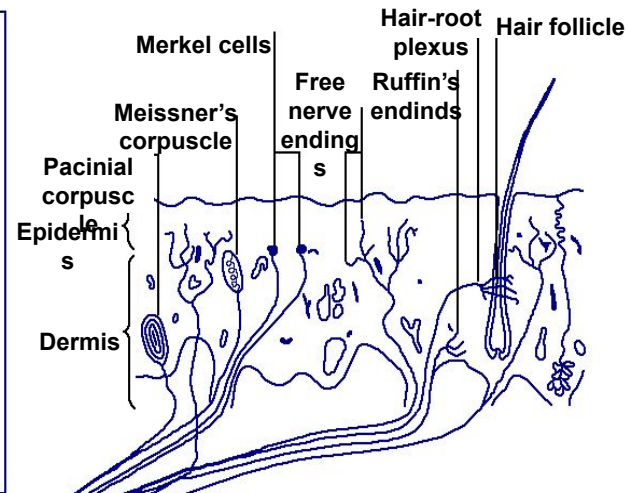
Поддержание температурного гомеостаза



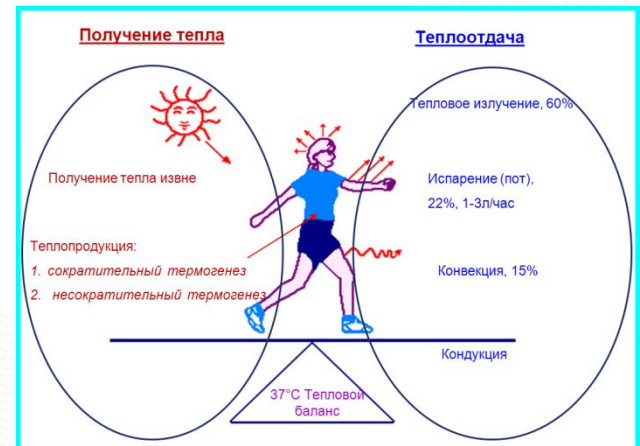
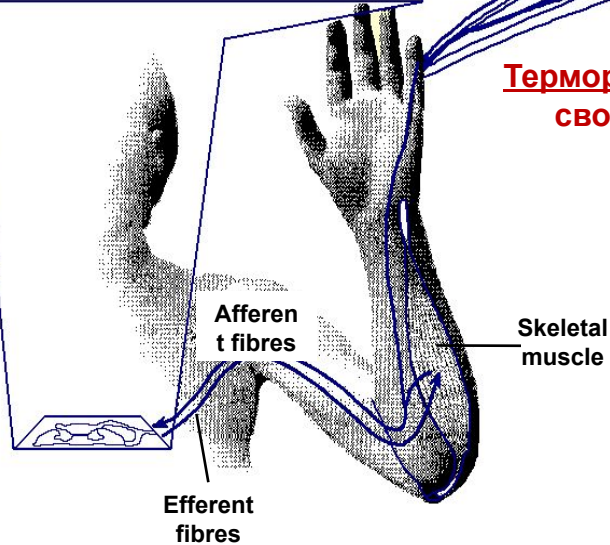
A Spinal cord and dorsal root ganglion

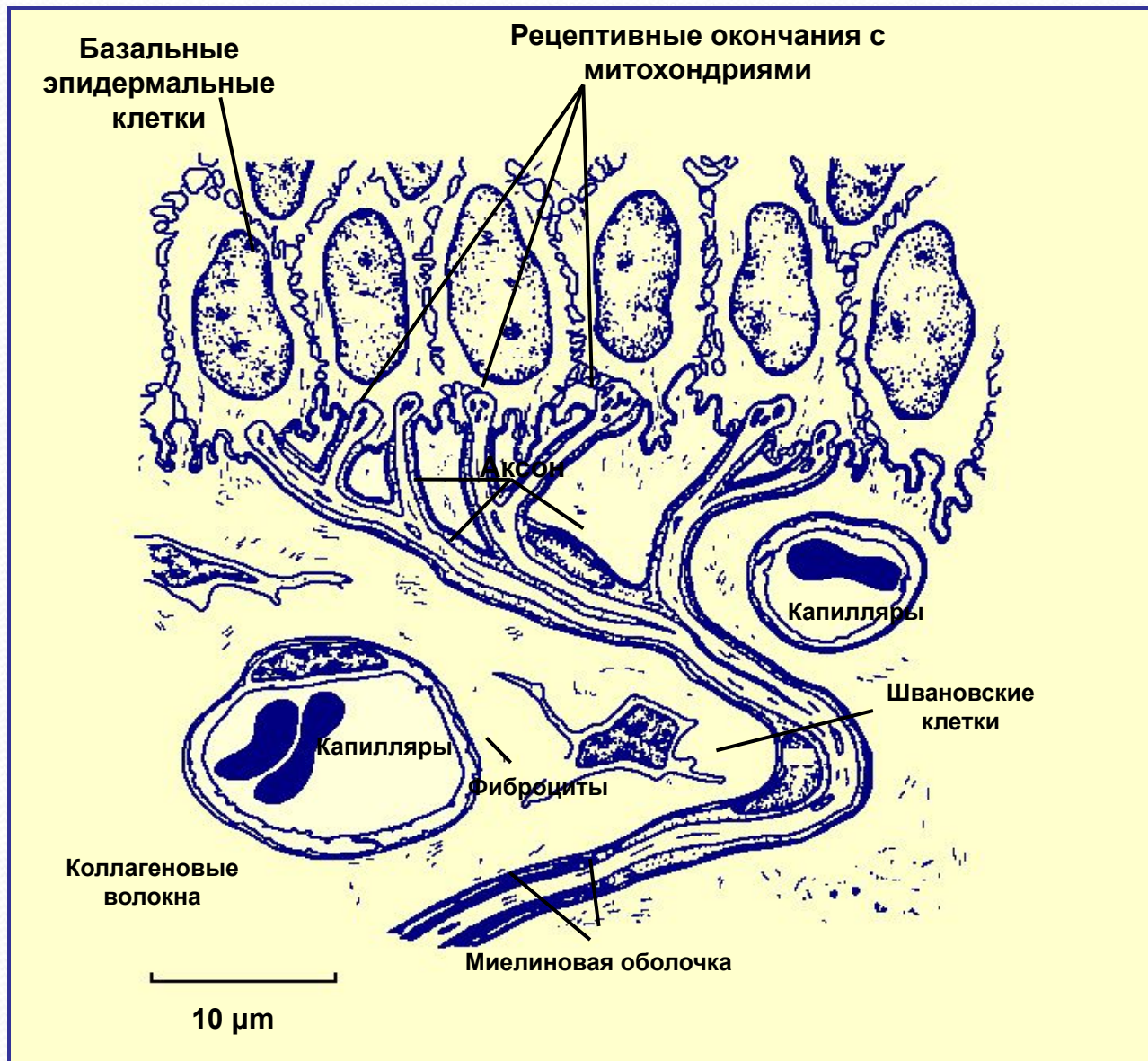


B Skin



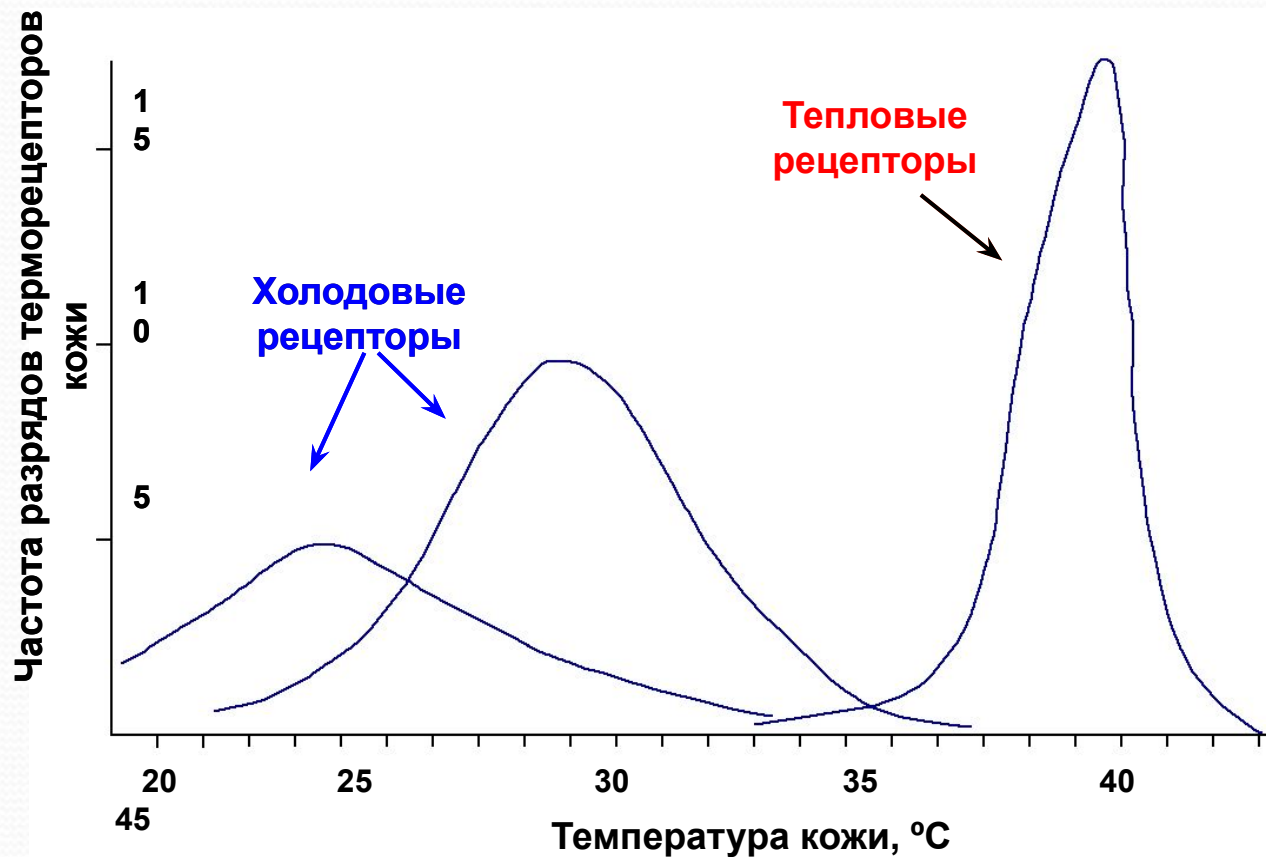
Терморецепторы кожи (холодовые и тепловые) – свободные нервные окончания нейронов заднекорешковых ганглиев





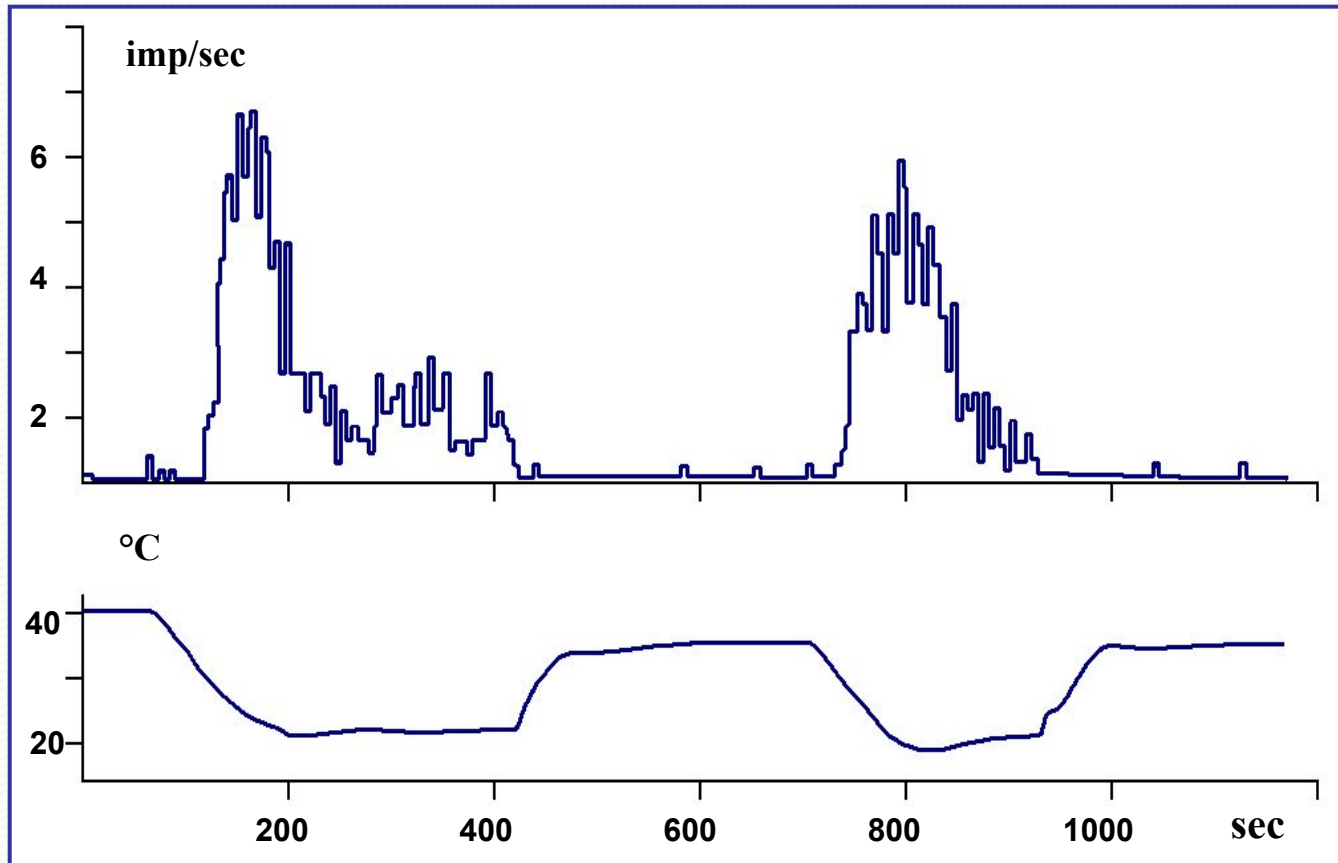
(Hensel, 1973)

Статическая импульсная активность терморецепторов в зависимости от температуры



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

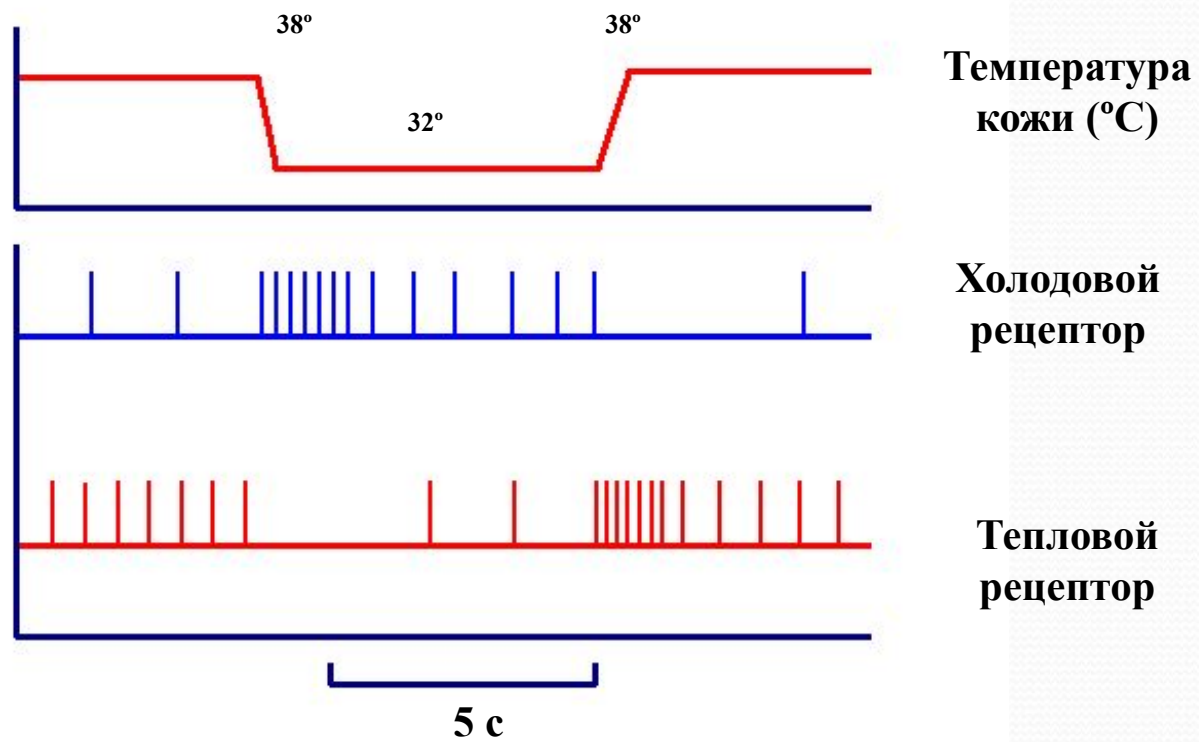
Динамическая реакция холодного рецептора кожи in vitro



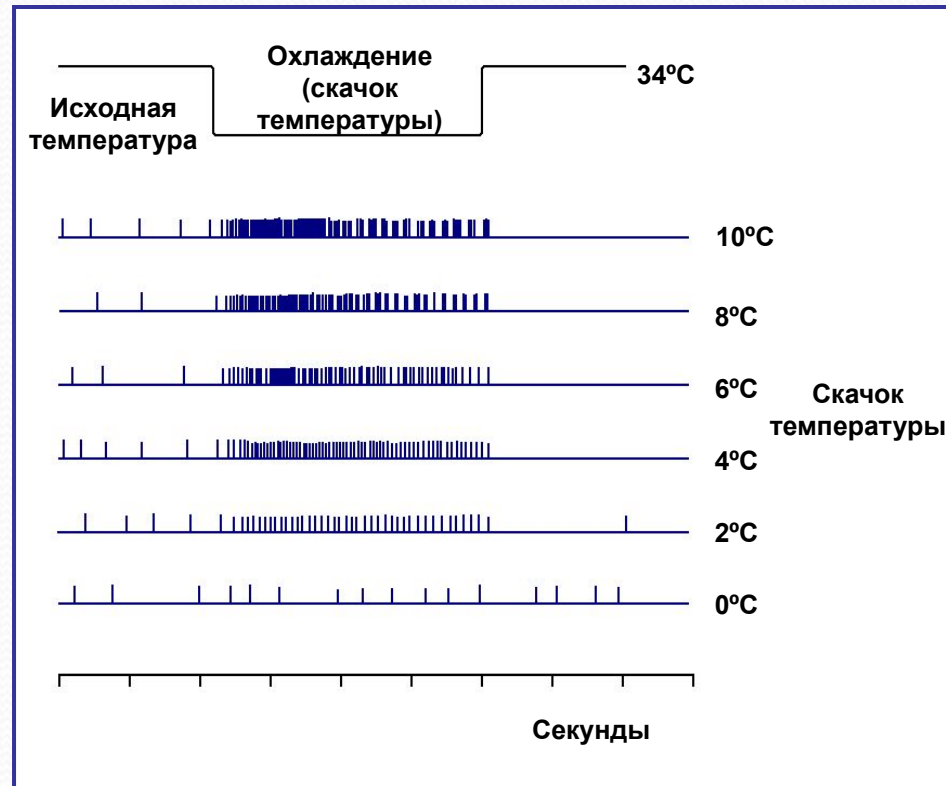
Нервно-кожный препарат (кожа мошонки крыс) в перфузируемом физиологическом растворе

Kozyreva, Pierau, 1999

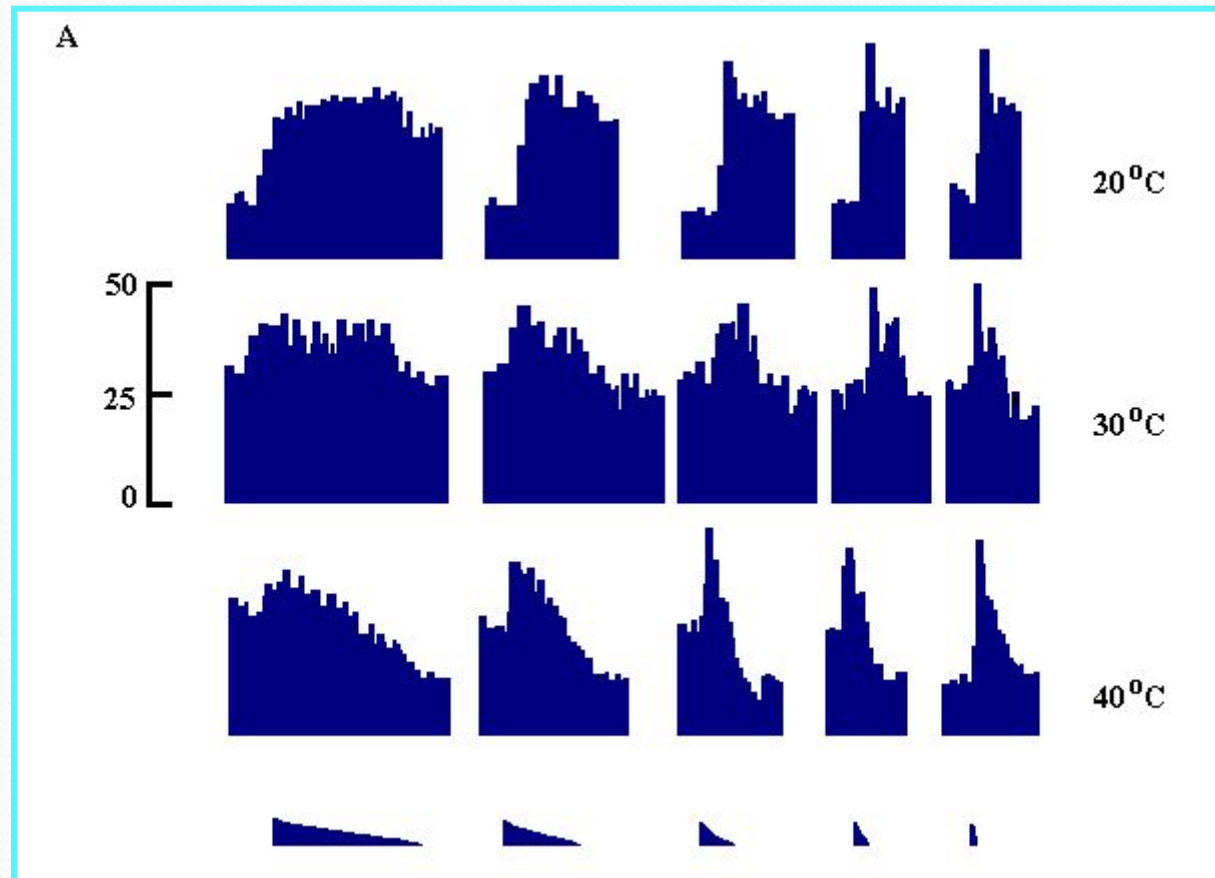
Реакция терморцепторов на изменение температуры



Величина динамической реакции зависит от скорости изменения температуры



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



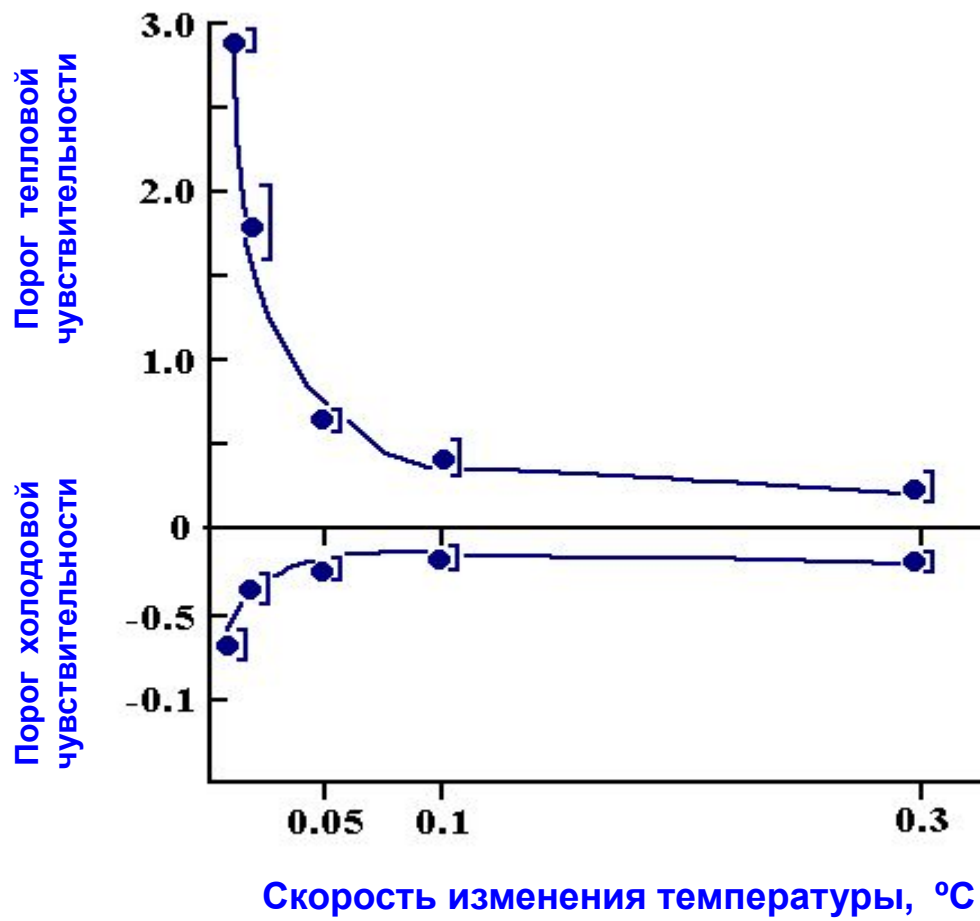
Пиковая величина динамической активности зависит от скорости охлаждения, тогда как интегральная величина активности зависит от исходной температуры

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[^] impulses/sec. (Davies et al., 1983)

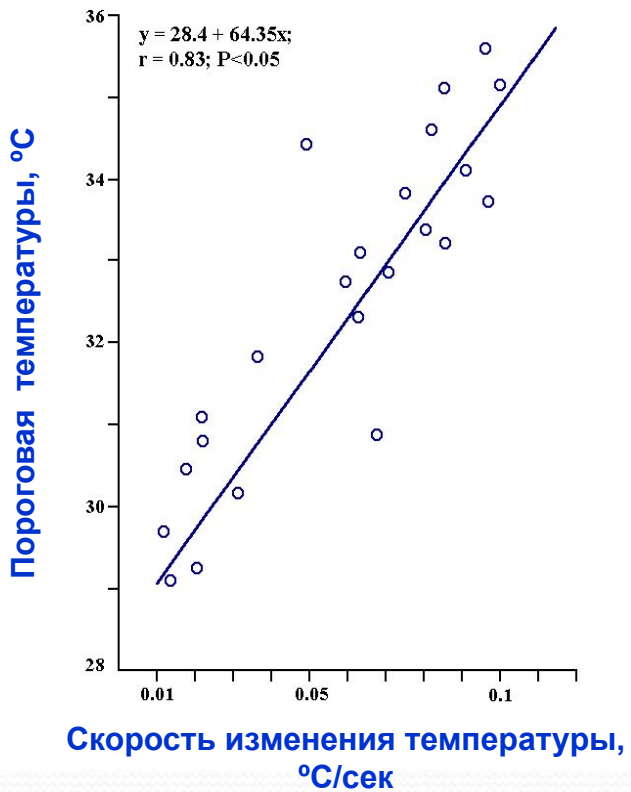
Общие свойства терморецепторов кожи

- ❖ 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.

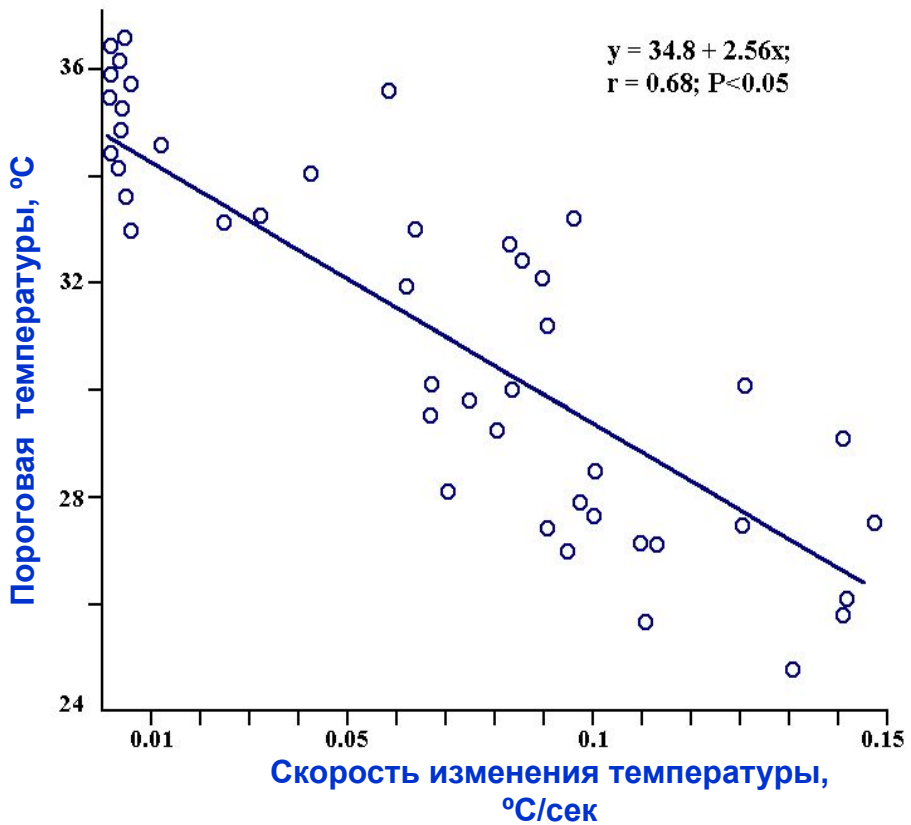
**Как проявляются свойства
терморецепторов в ощущениях и
физиологических реакциях?**

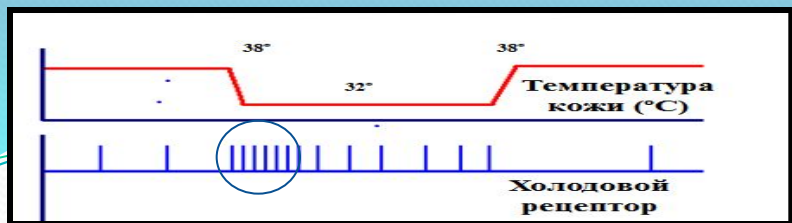


Холодовой термогенез – повышение потребления кислорода

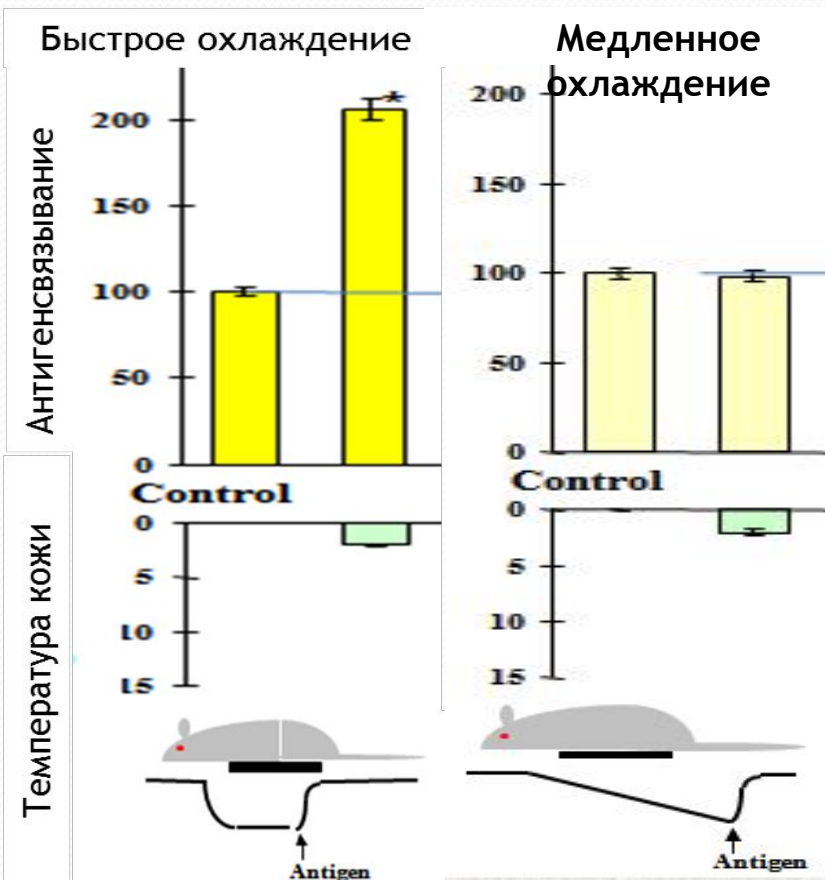


Констрикторная реакция кожных сосудов – снижение теплоотдачи

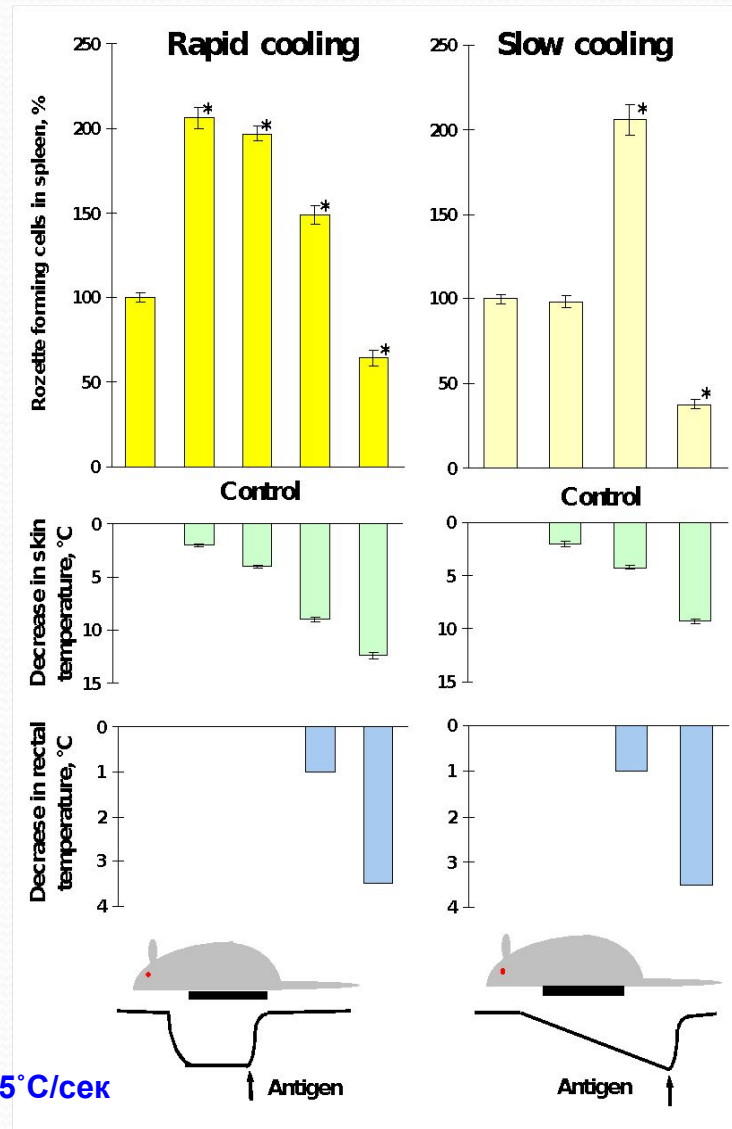


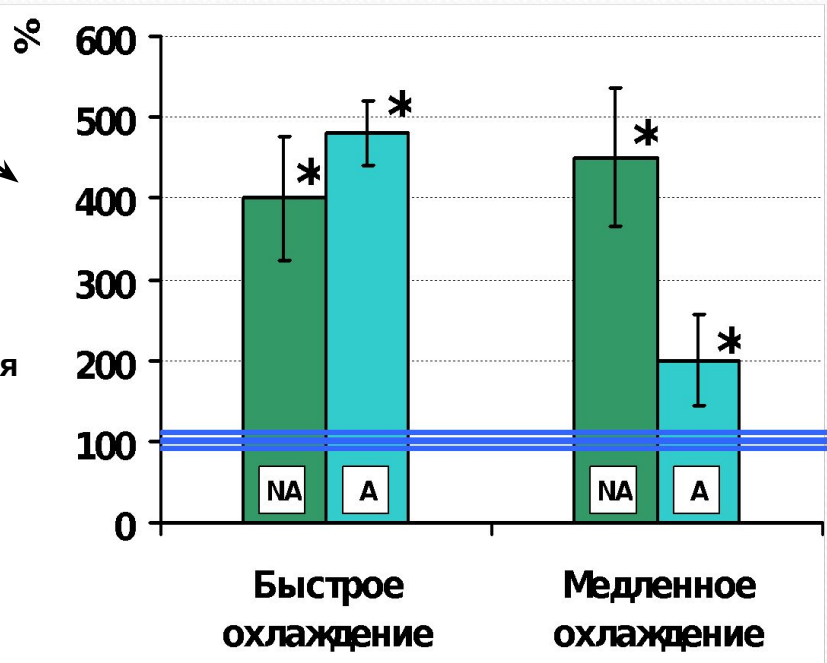
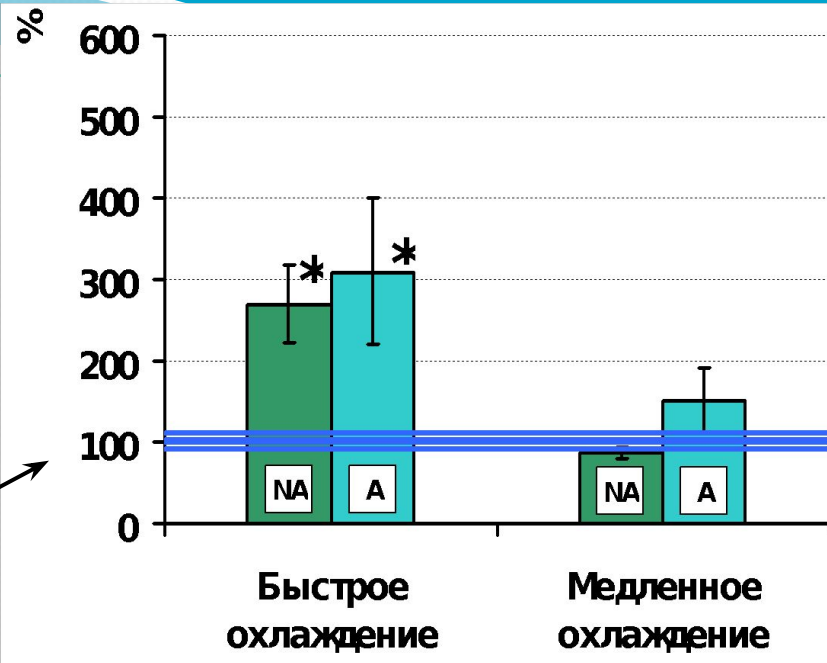
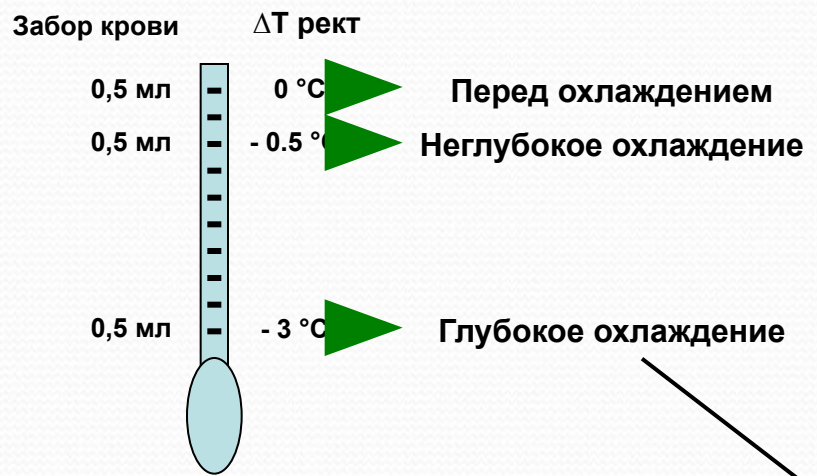
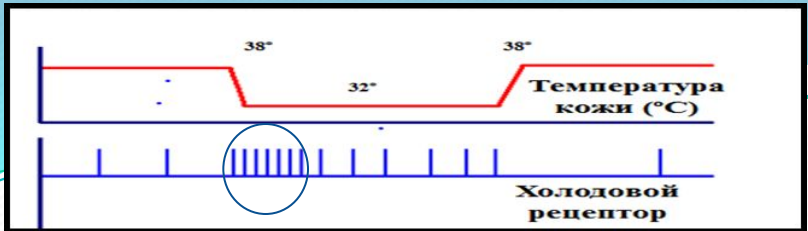


Присутствие динамической активности холодových рецепторов кожи может значительно изменить модулирующий эффект охлаждения на иммунный ответ



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



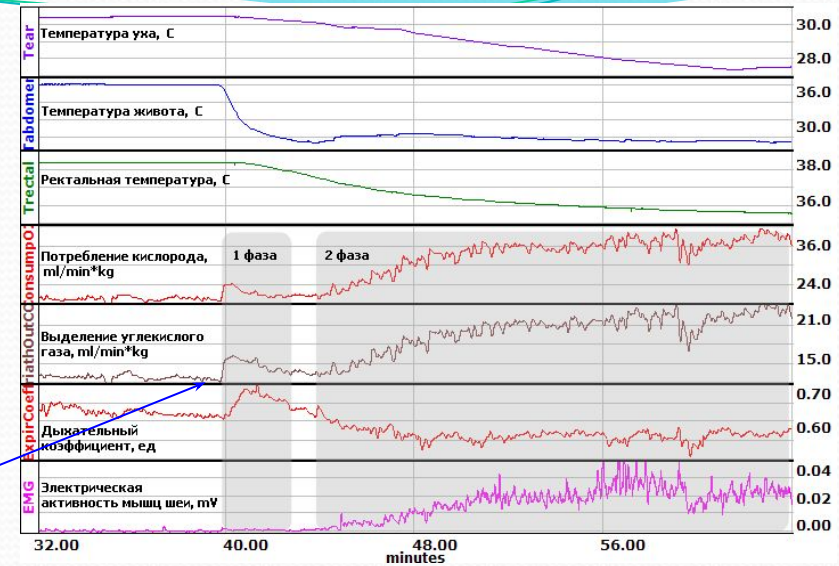
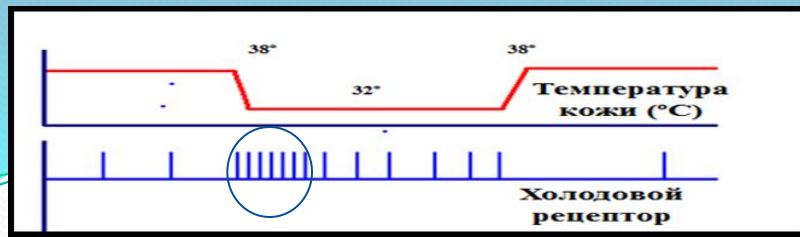


Концентрация катехоламинов до охлаждения

NA Норадреналин

A Адреналин

Быстрое охлаждение

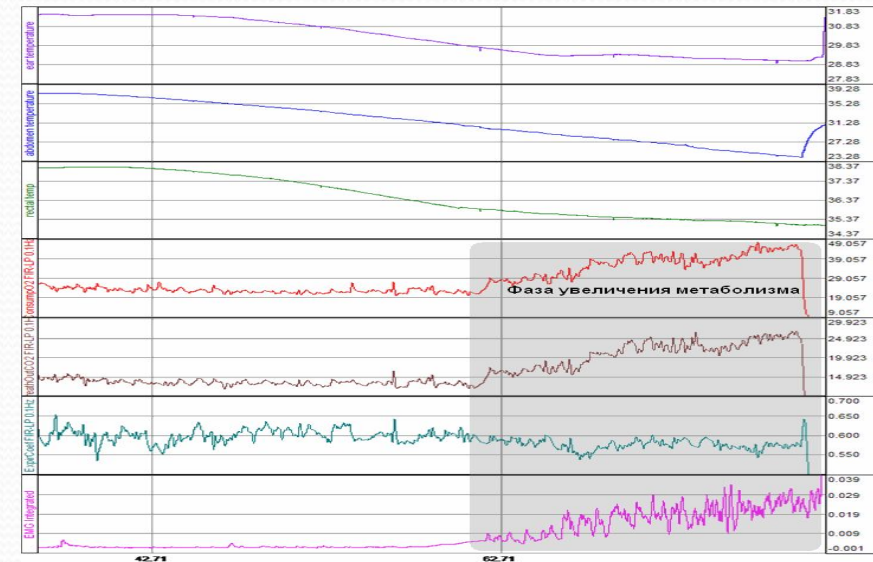


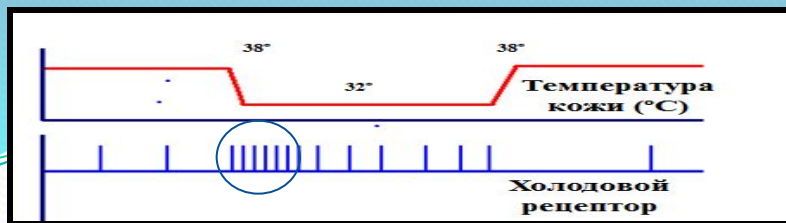
Появление дополнительной срочной 1 фазы метаболической реакции

Уменьшение латентного периода термозащитных реакций.

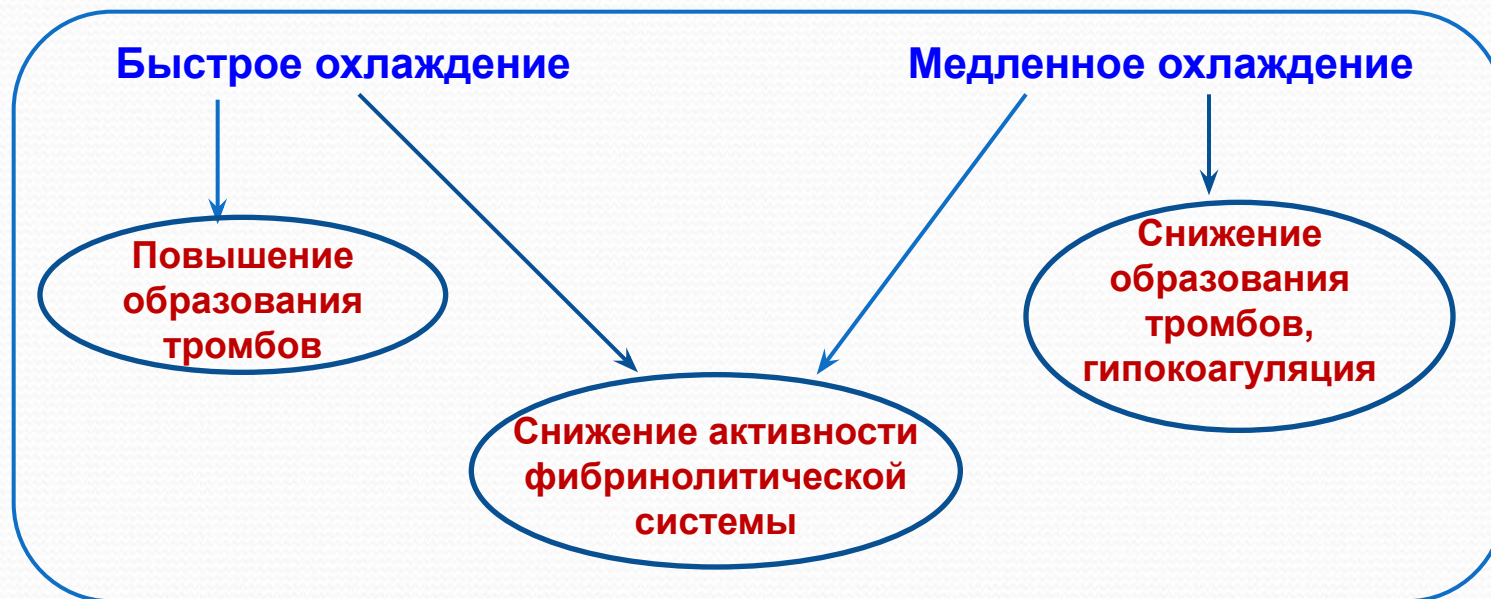
Уменьшение температурного порога холодозащитных реакций

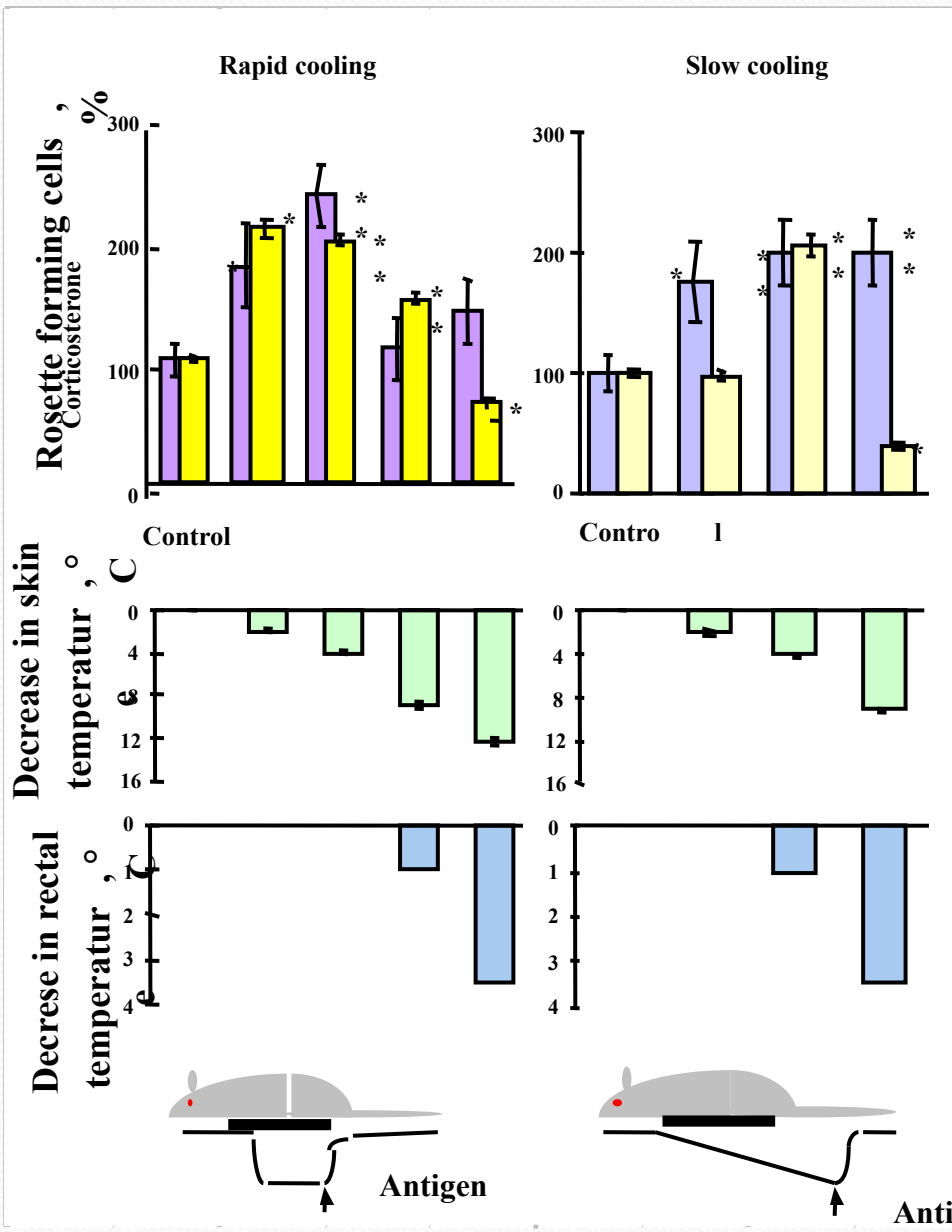
Медленное охлаждение





Гемостаз при глубоком охлаждении

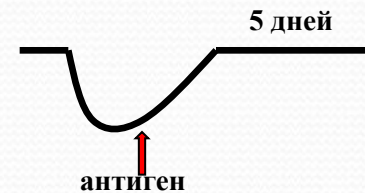
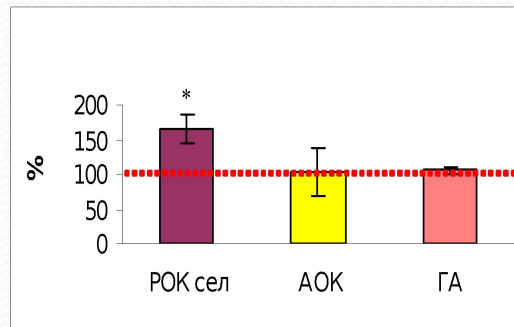
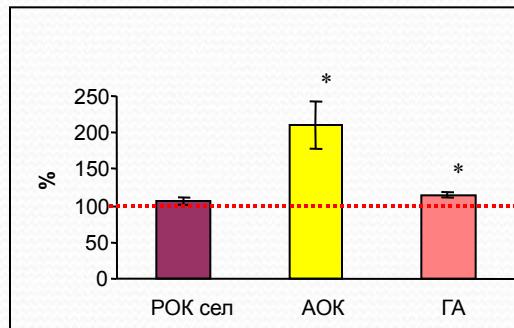
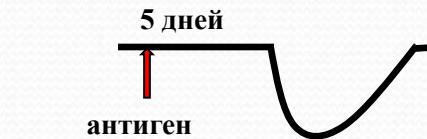
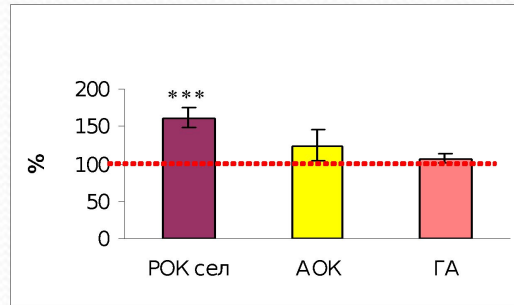


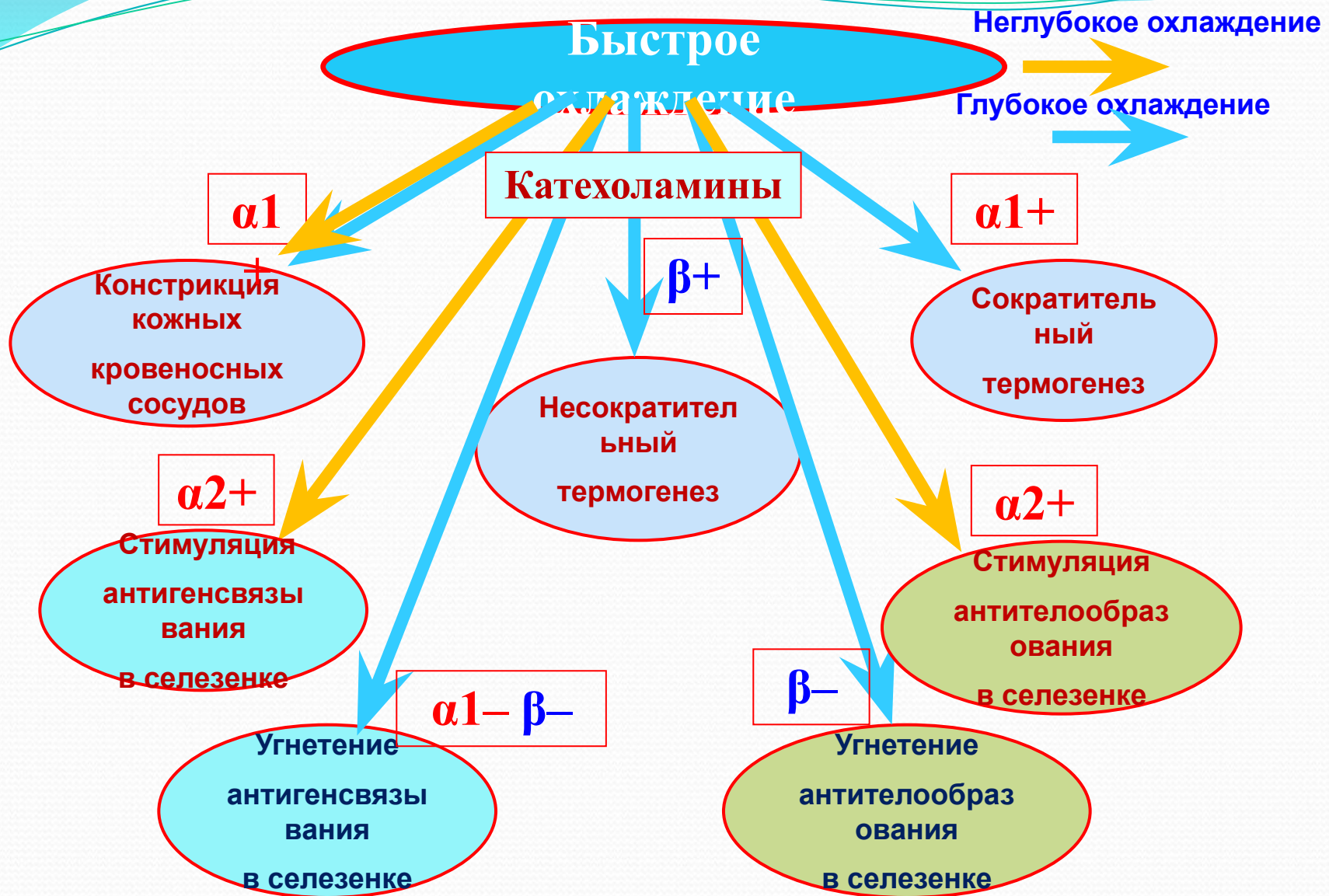


ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОРТИКОСТЕРОНА В КРОВИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ НЕ ВСЕГДА КОРРЕЛИРУЕТ С ИЗМЕНЕНИЯМИ ИММУННОГО ОТВЕТА НА АНТИГЕН

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

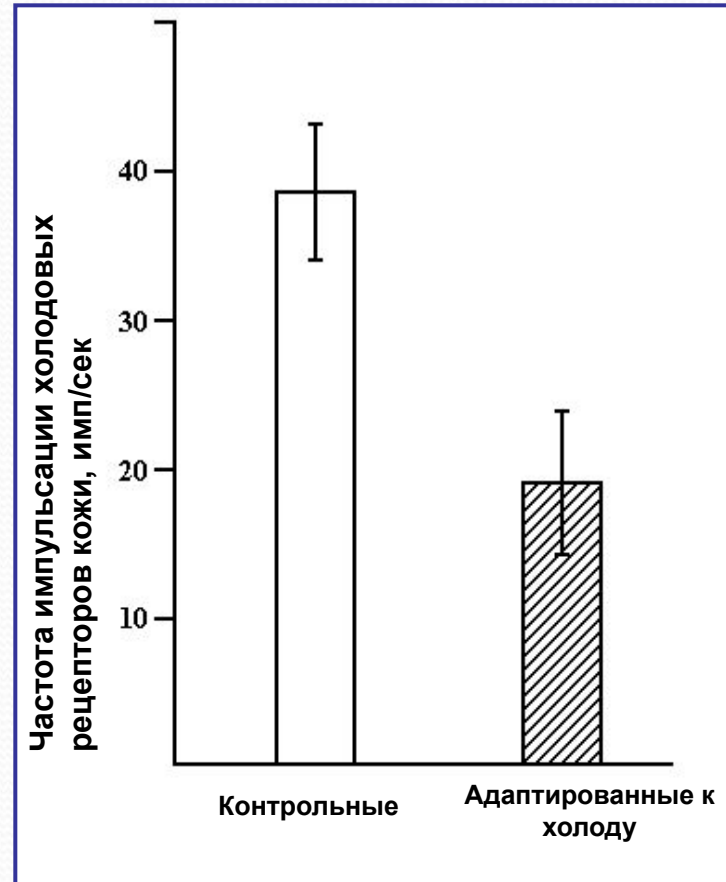




- Температурный афферентный сигнал изменяет работу различных физиологических систем, даже тех, которые не вовлечены напрямую в поддержания температуры тела.
- Характер афферентного сигнала (присутствие или отсутствие динамической активности терморецепторов) четко отражается в работе различных физиологических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

**Могут ли изменяться параметры
активности терморецепторов?**

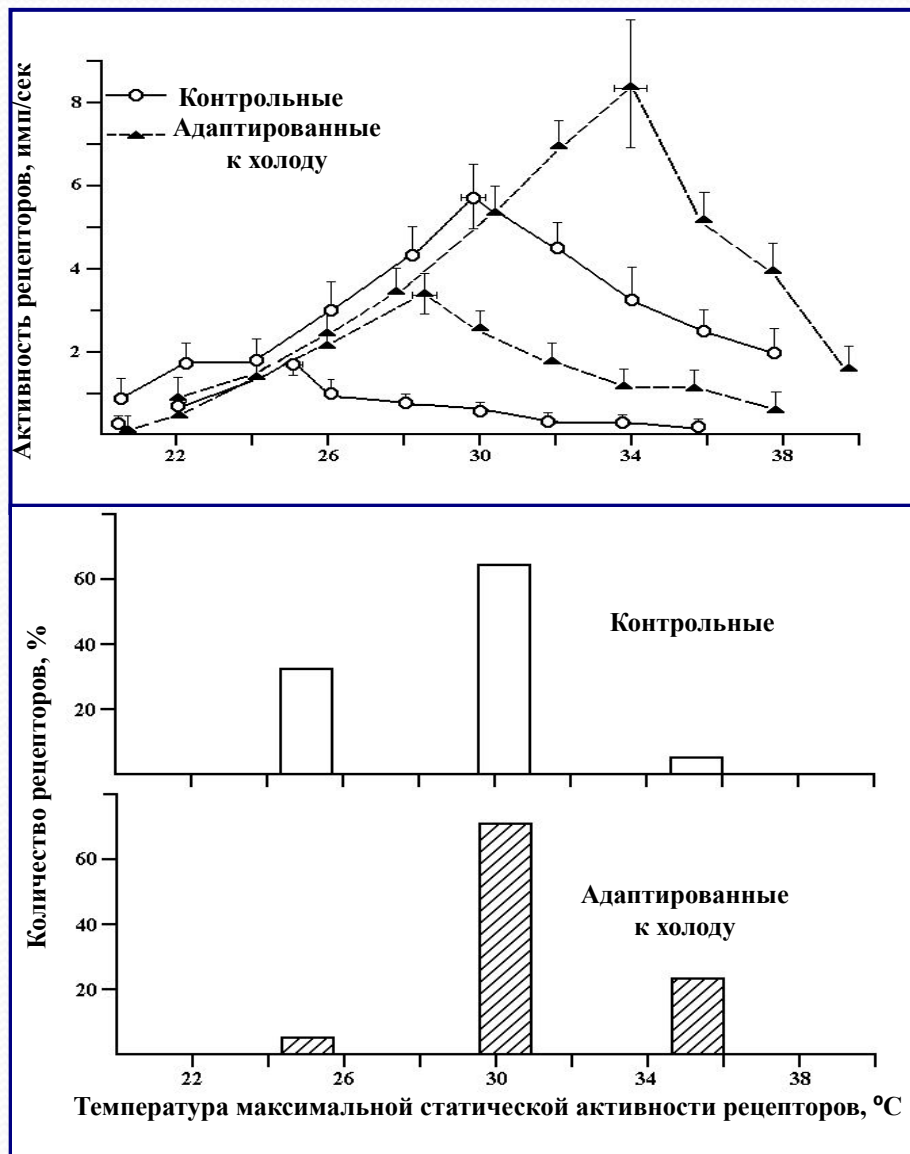
Адаптация организма к холоду



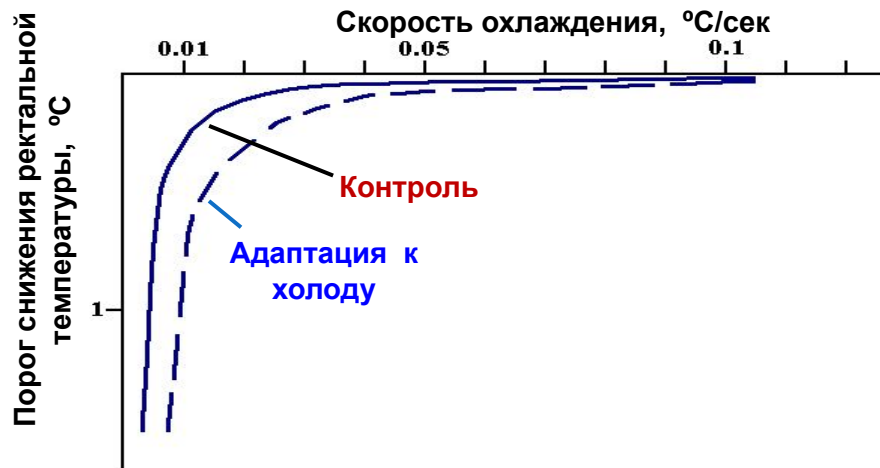
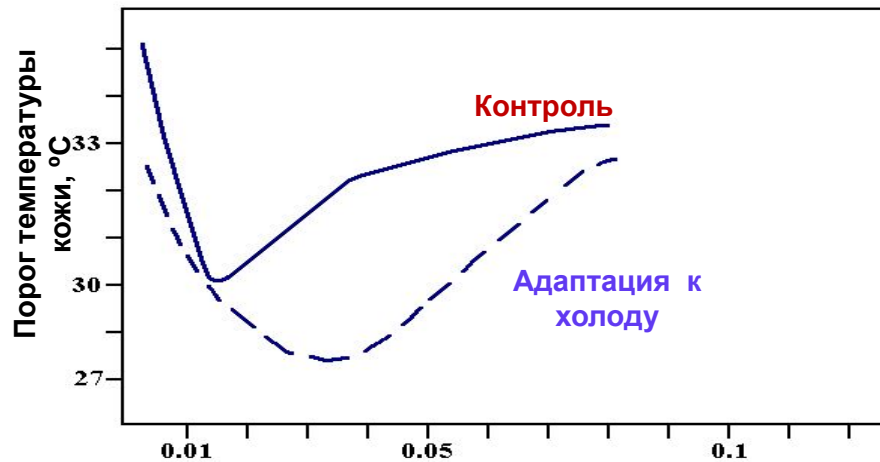
После длительной адаптации организма к холоду динамическая активность большей части холодовых рецепторов кожи значительно снижается

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[°] – абсолютная температура

dT[°]/dt – скорость изменения температуры

ρ – плотность расположения рецепторов

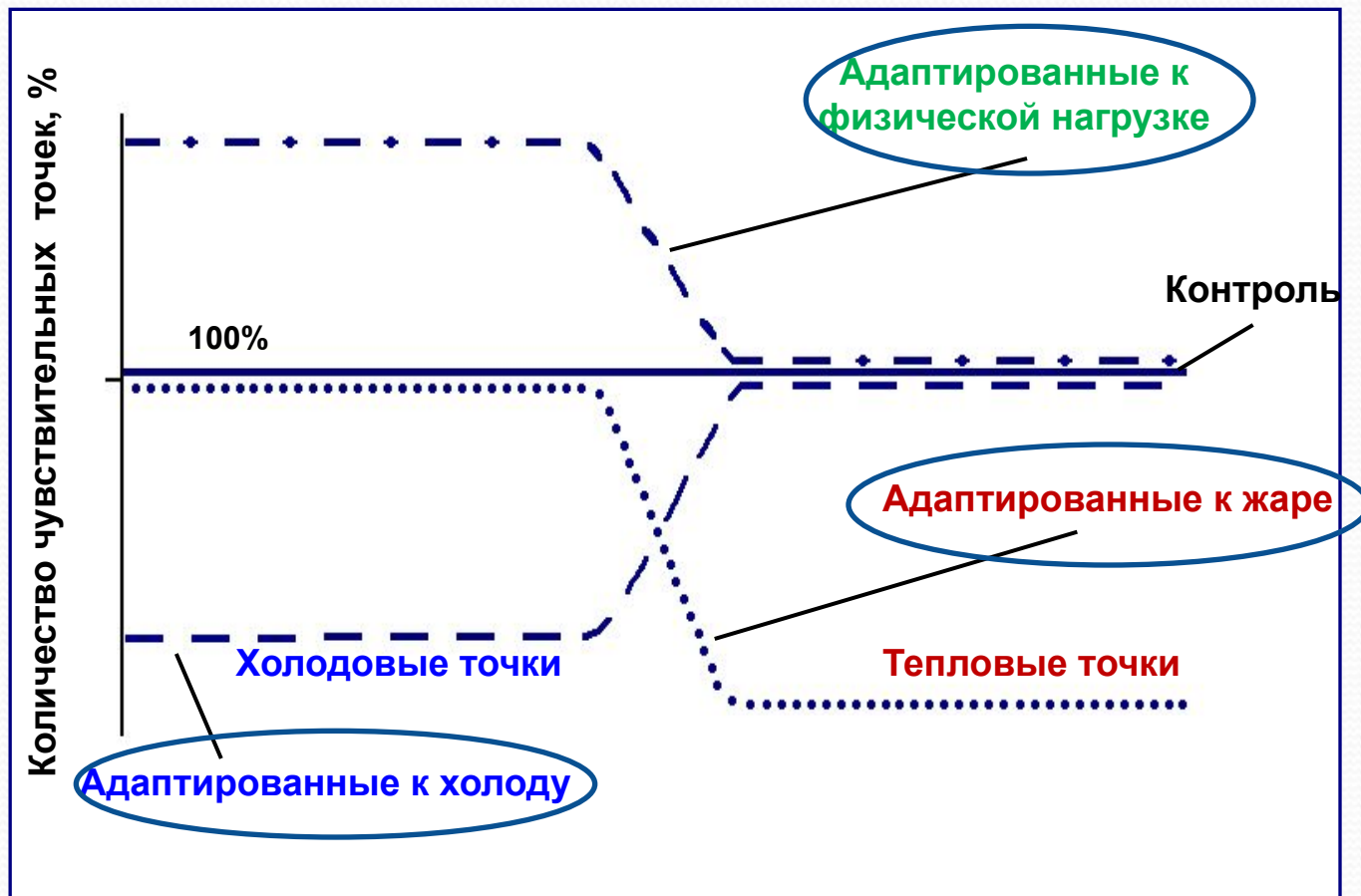
S – площадь раздражения

Распределение холодных и теплых точек кожи человека

Участок кожи	Количество точек на 1 см ²	
	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)

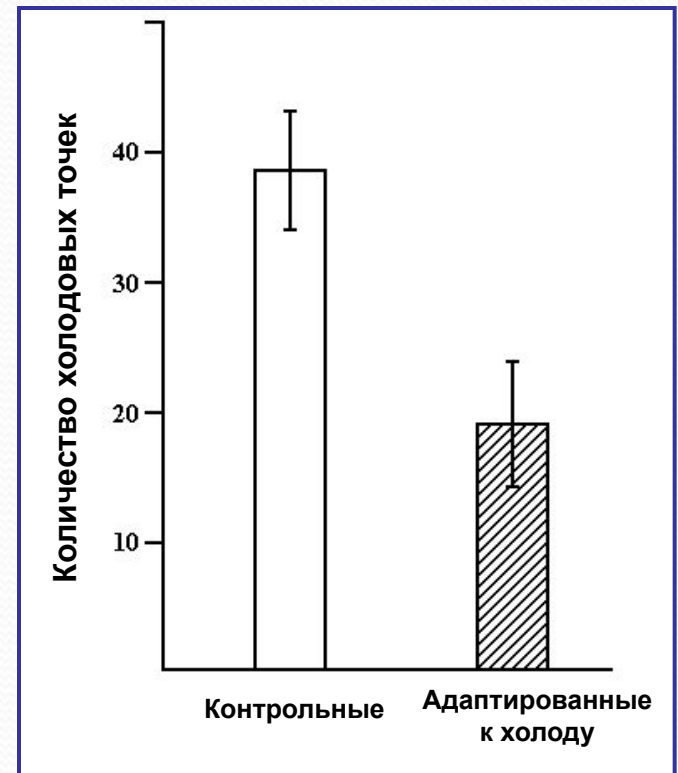
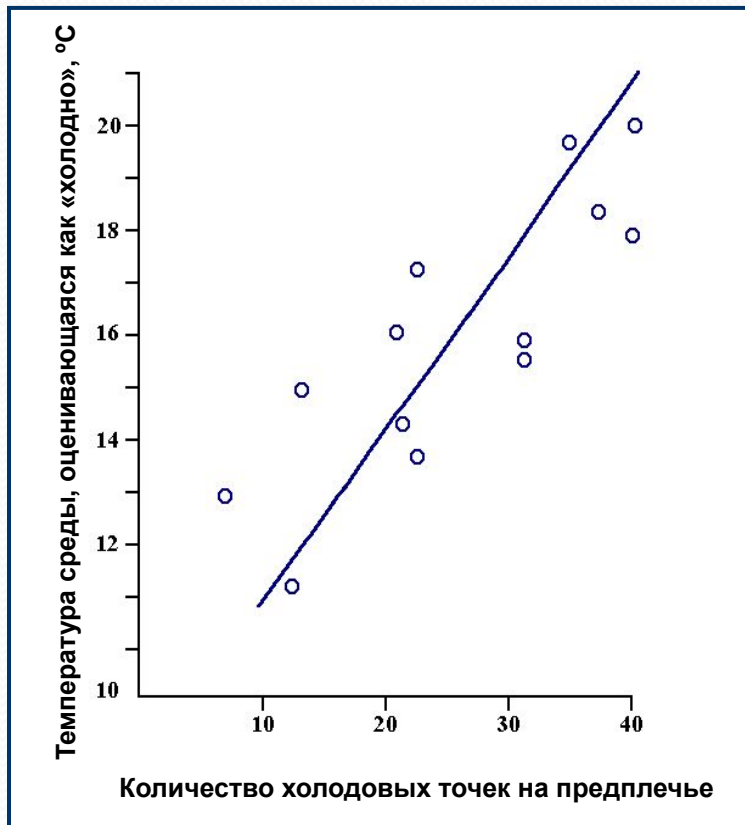
Как проявляется изменение количества активных терморецепторов в чувствительности и физиологических реакциях?



Козырева, Якименко, 1978, 1984

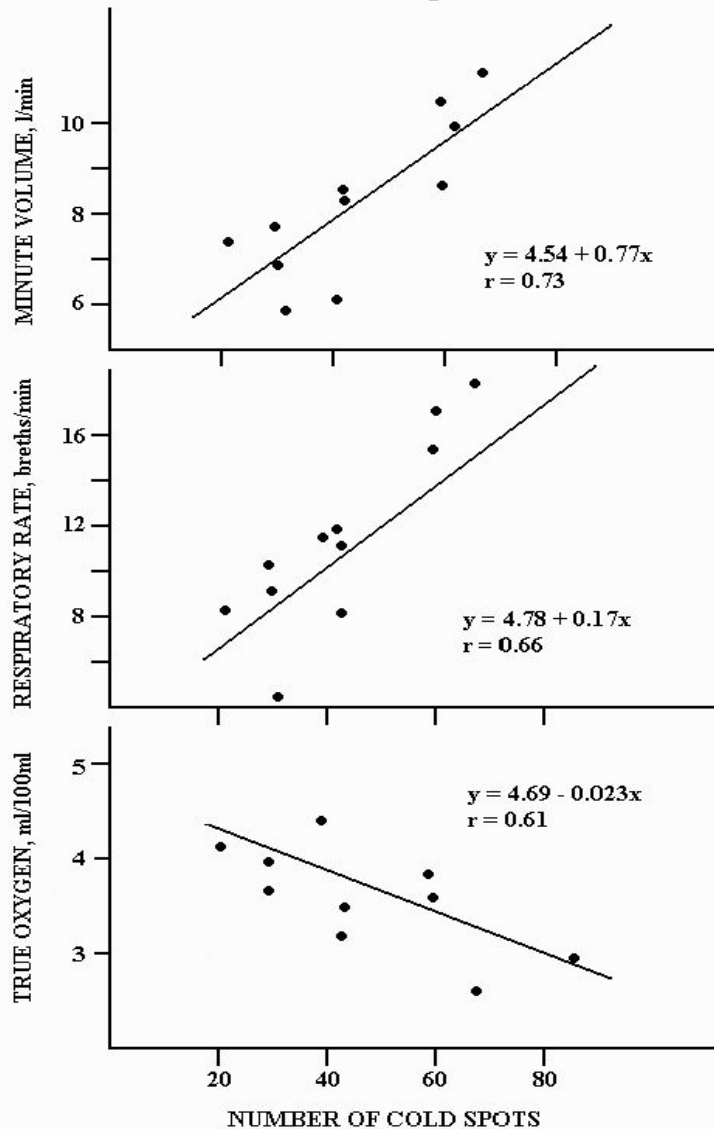
Kozyreva, 2006

Чувствительность человека к холоду коррелирует с количеством холодных точек на предплечье

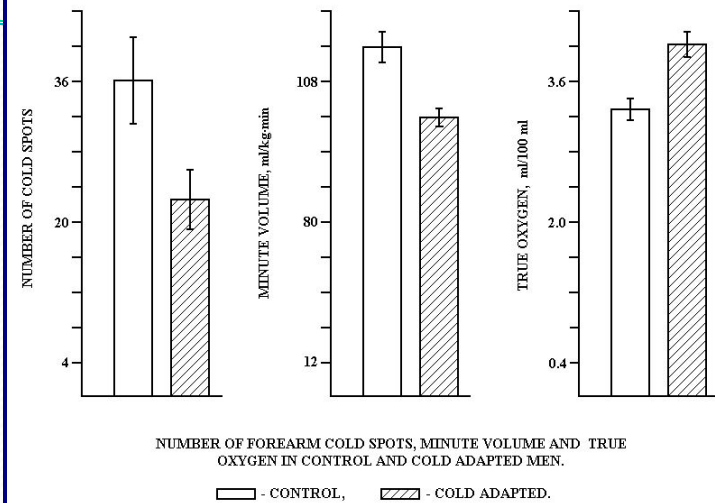


Адаптация человека к низким температурам снижает чувствительность к холоду

Охлаждение предплечья



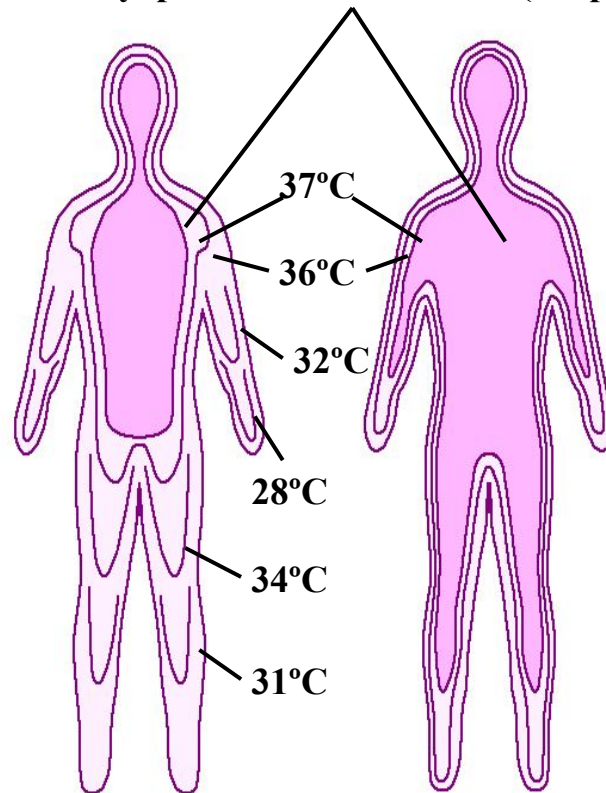
Длительная адаптация к холоду



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

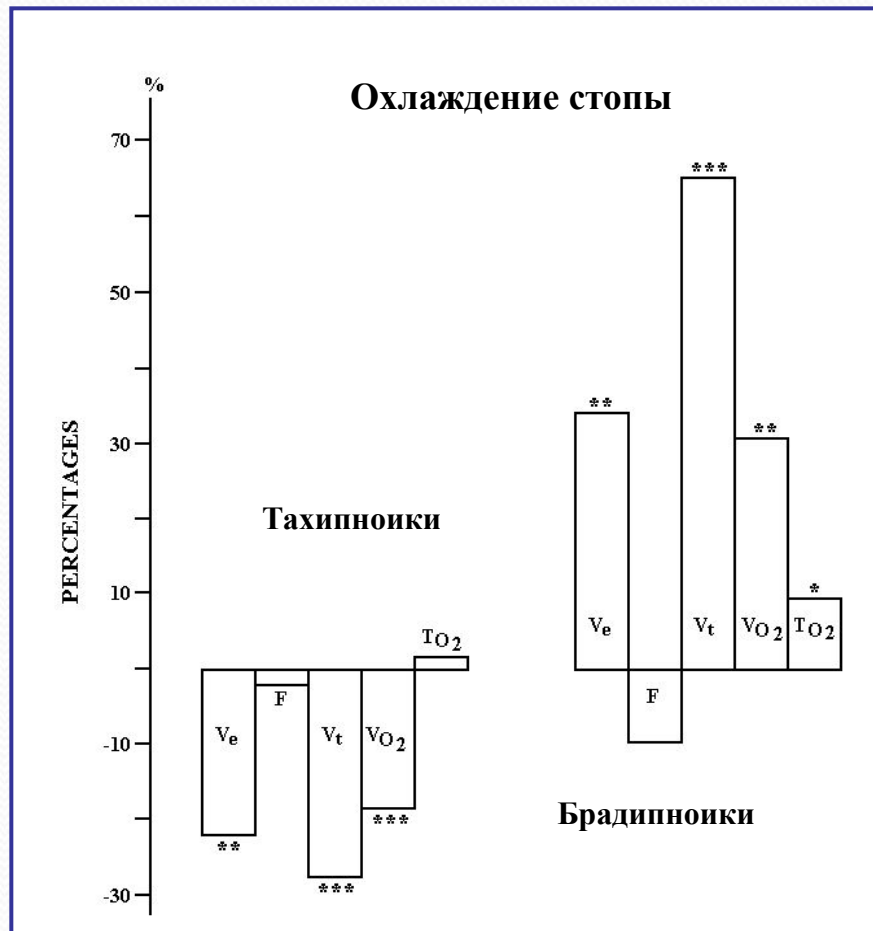
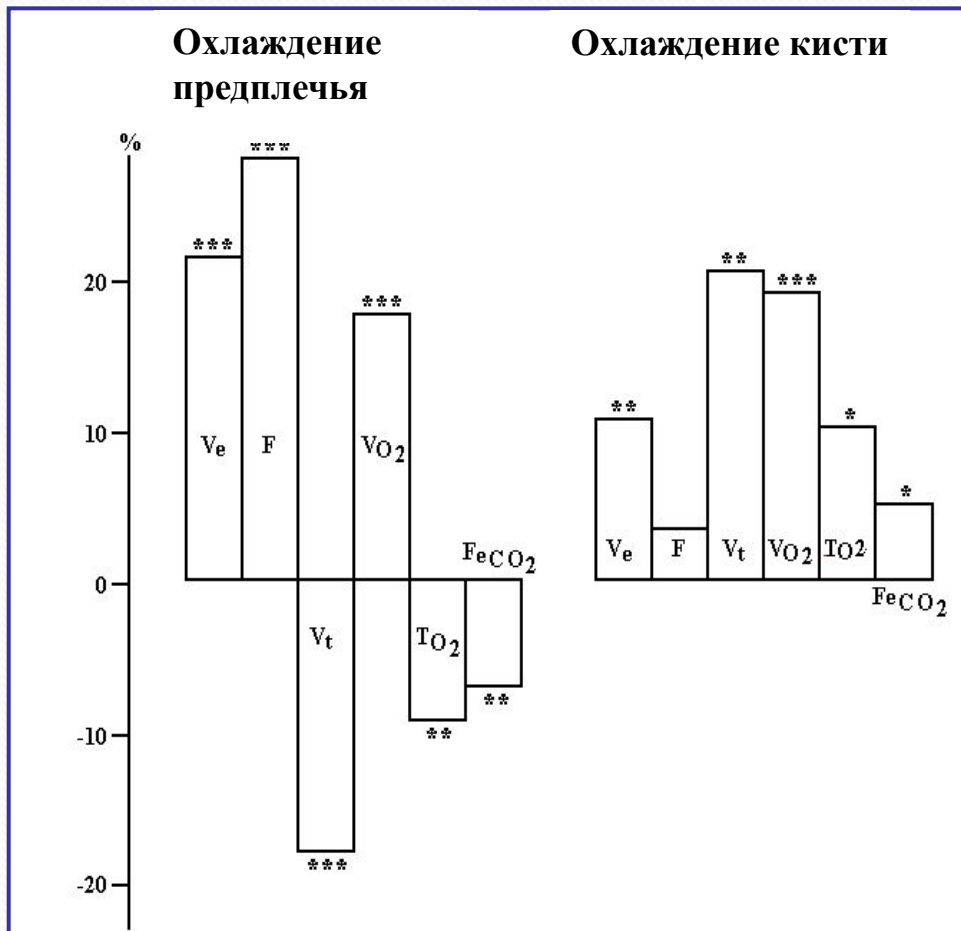
Температуры разных участков тела различаются

Термочувствительные кожные афференты разной локализации различаются по следующим характеристикам.

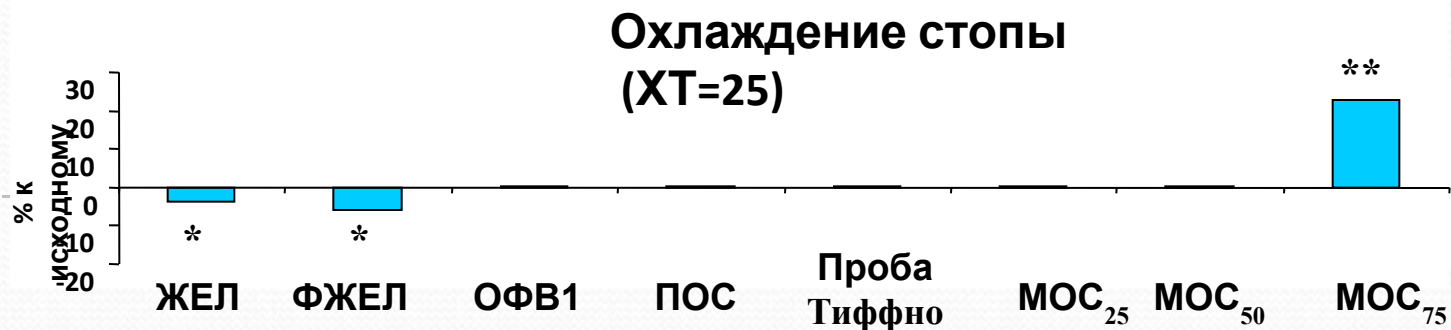
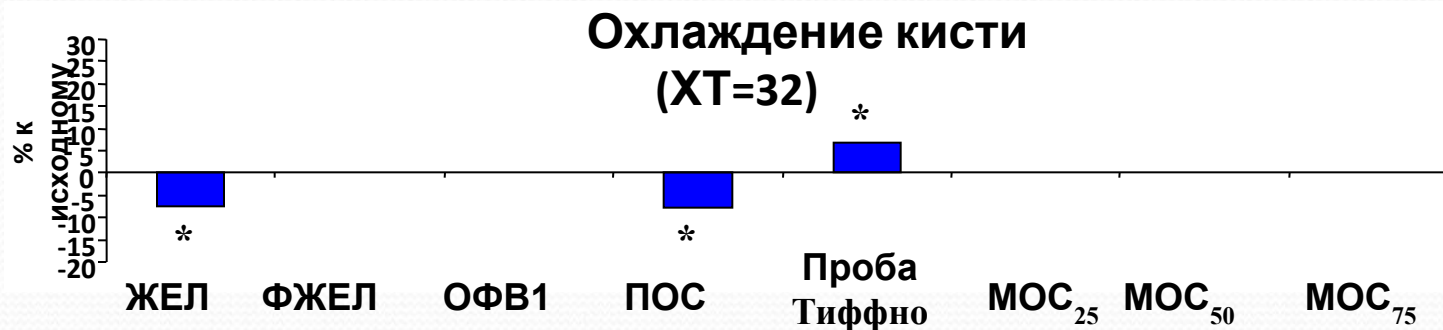
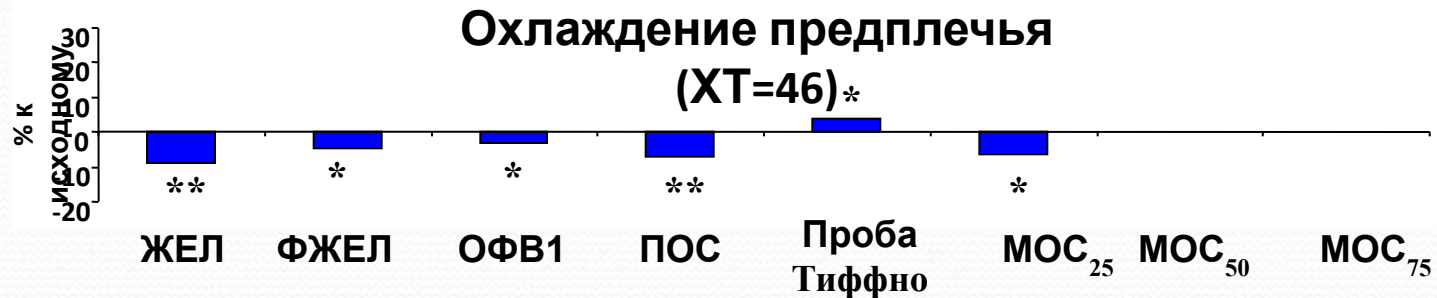
- ❖ *температурный диапазон функционирования;*
- ❖ *температура максимальной статической и динамической активности (область наибольшей термочувствительности);*
- ❖ *частота импульсации;*
- ❖ *количество функционирующих афферентов на единицу площади.*
- ❖ *соотношение тепло- и холодочувствительных афферентов.*

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?

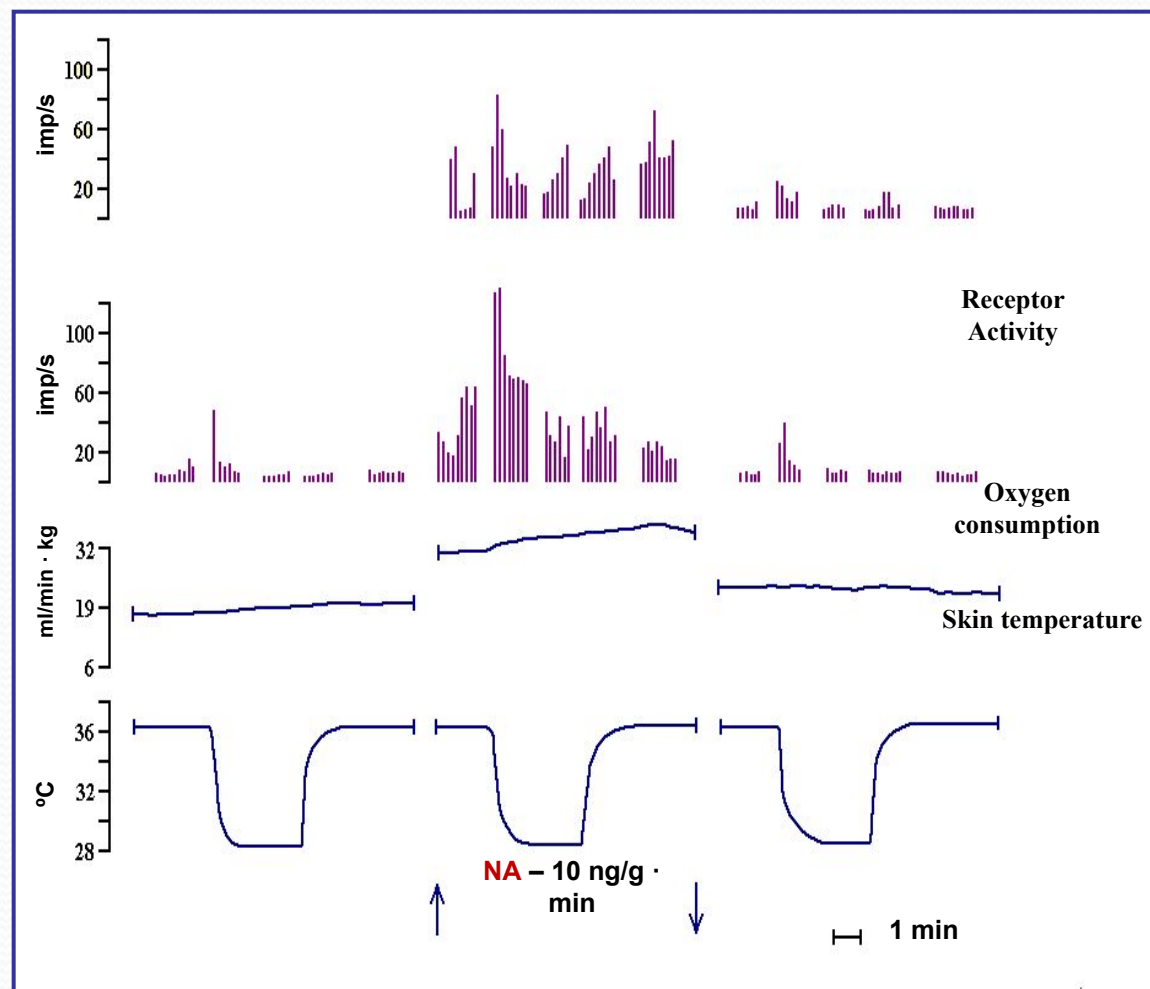
Проявление модуляции активности терморецепторов биологически активными веществами в физиологических реакциях

Повышение концентрации **НА**
вызывает:

1) повышение активности
низкочастотных кожных холодowych
рецепторов;



1) снижение порогов
холодозащитных реакций,.

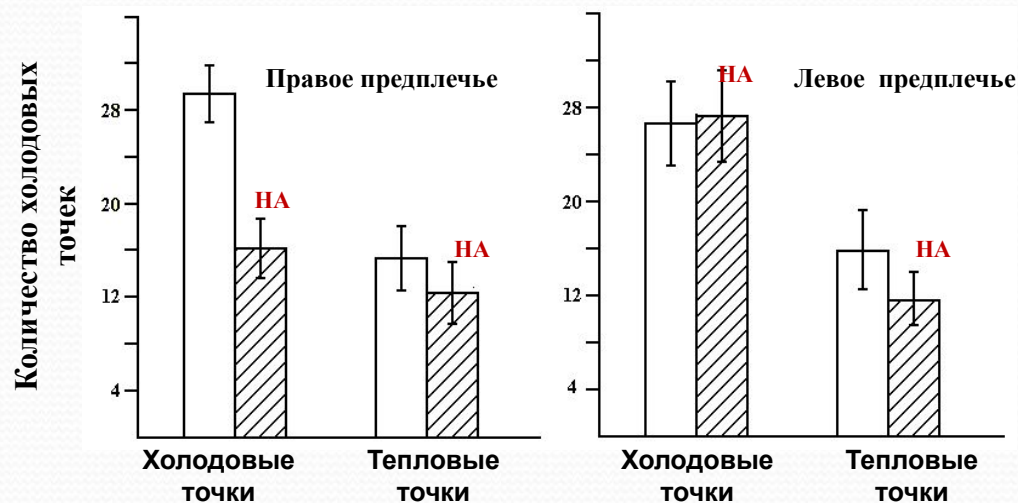
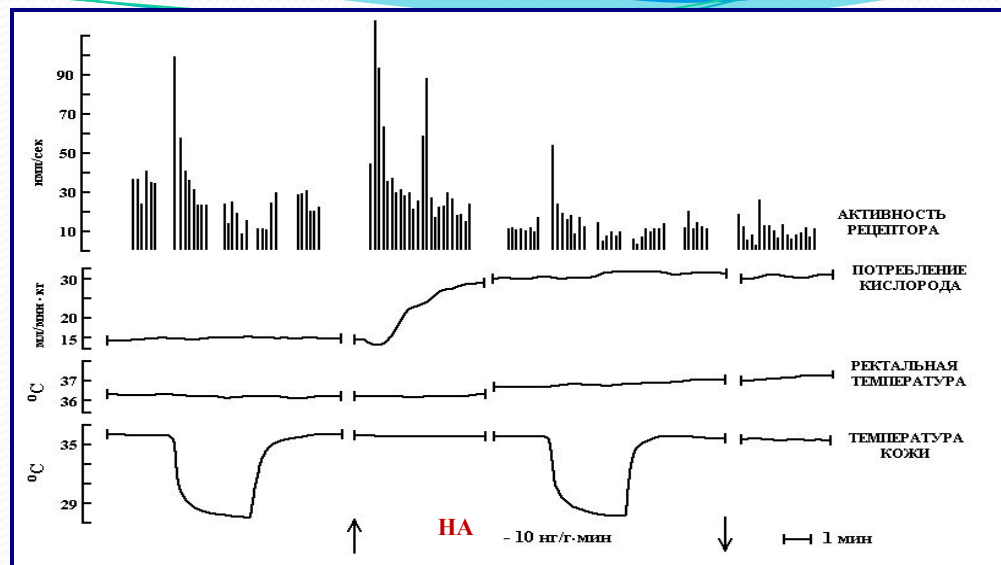


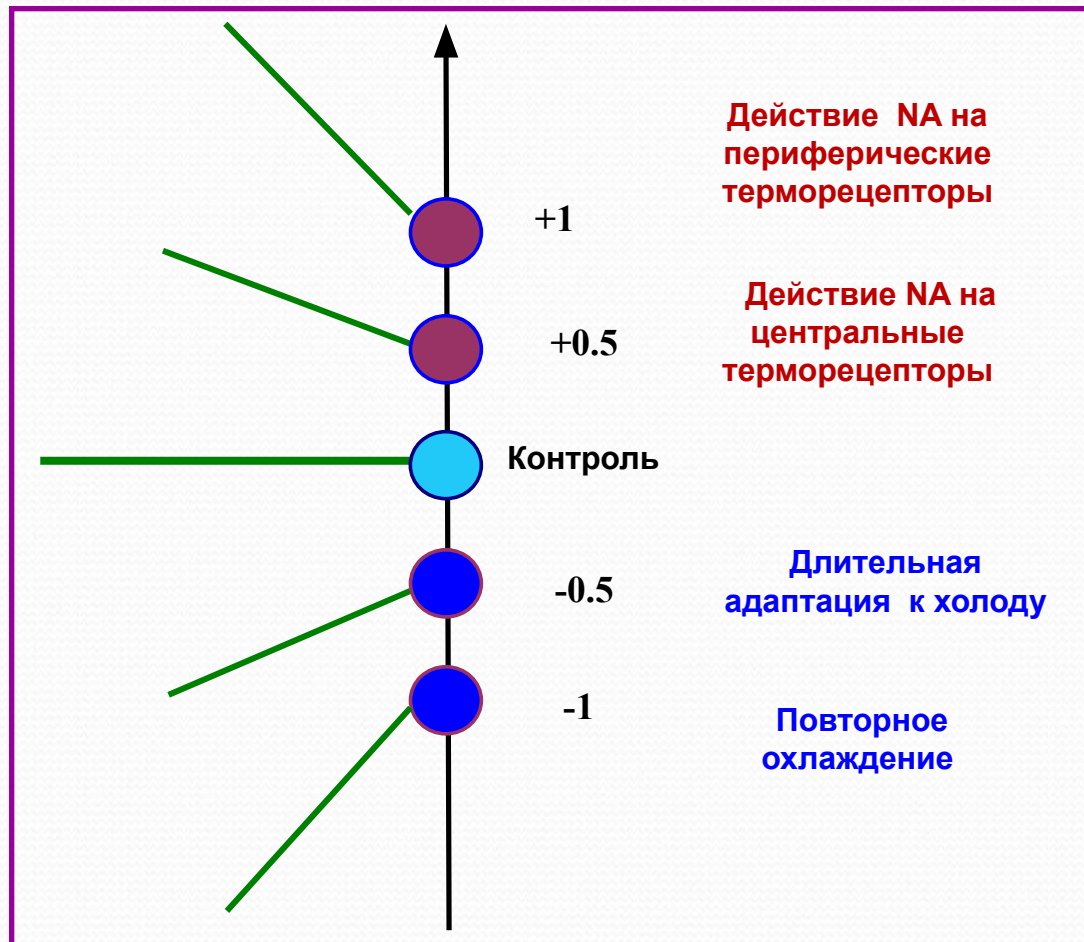
Повышение концентрации **НА** вызывает:

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



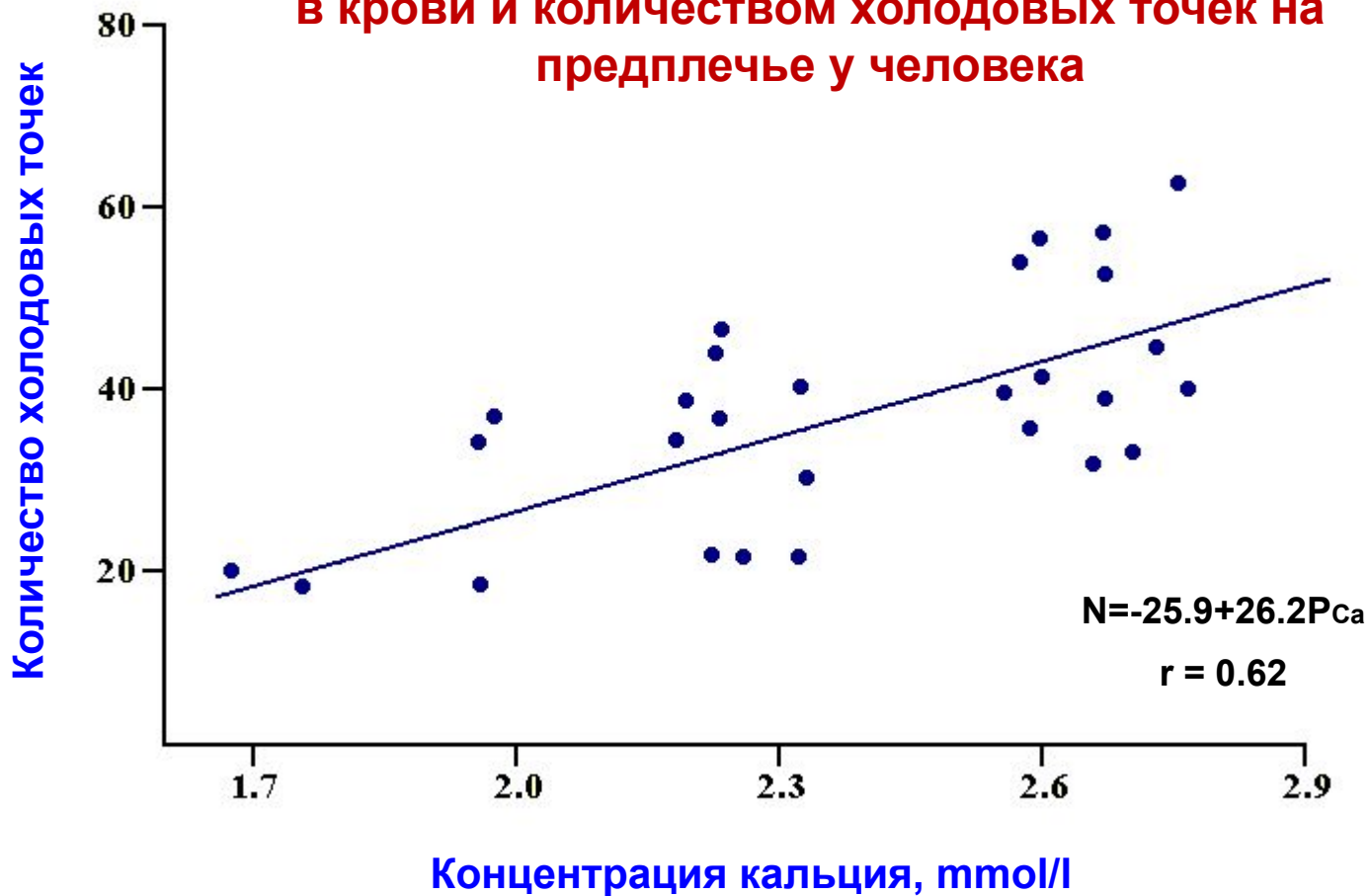
2) уменьшение количества функционирующих холодových рецепторов, обеспечивающих восприятие низких температур.



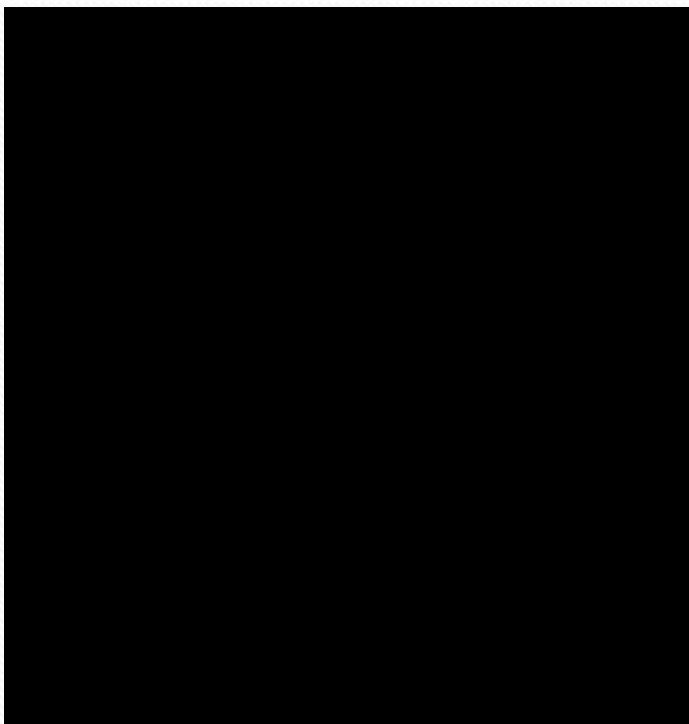


Смещение температурных порогов метаболической реакции при различных воздействиях на организм

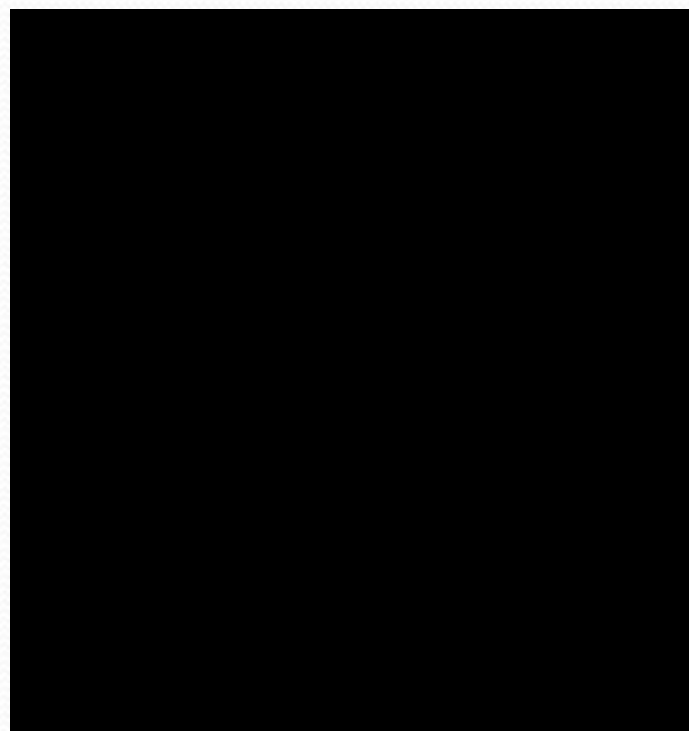
Корреляция между концентрацией кальция в крови и количеством холодových точек на предплечье у человека



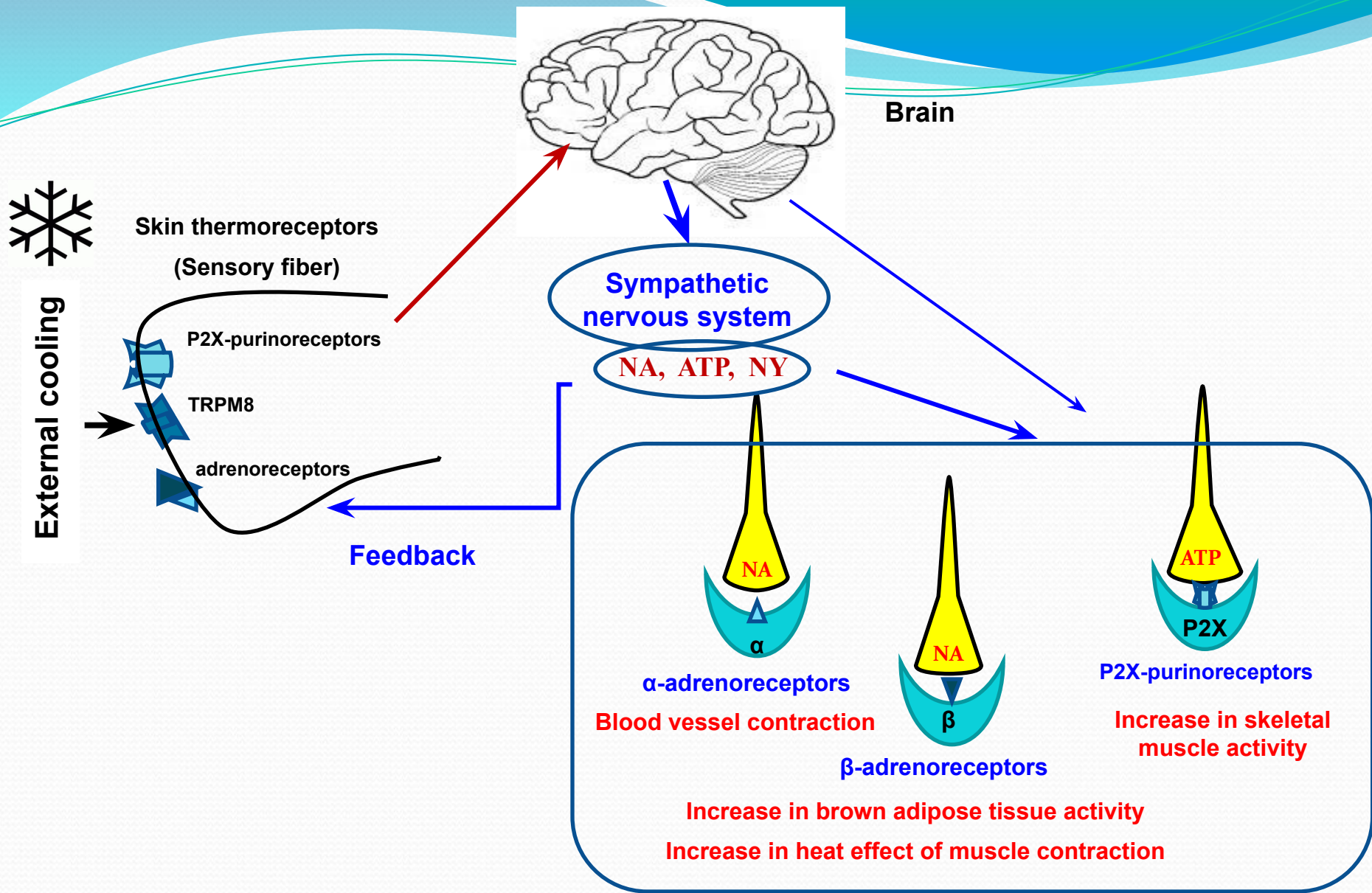
Ca(2+) ослабляет угнетающее влияние глубокого охлаждения на антителообразование в селезенке

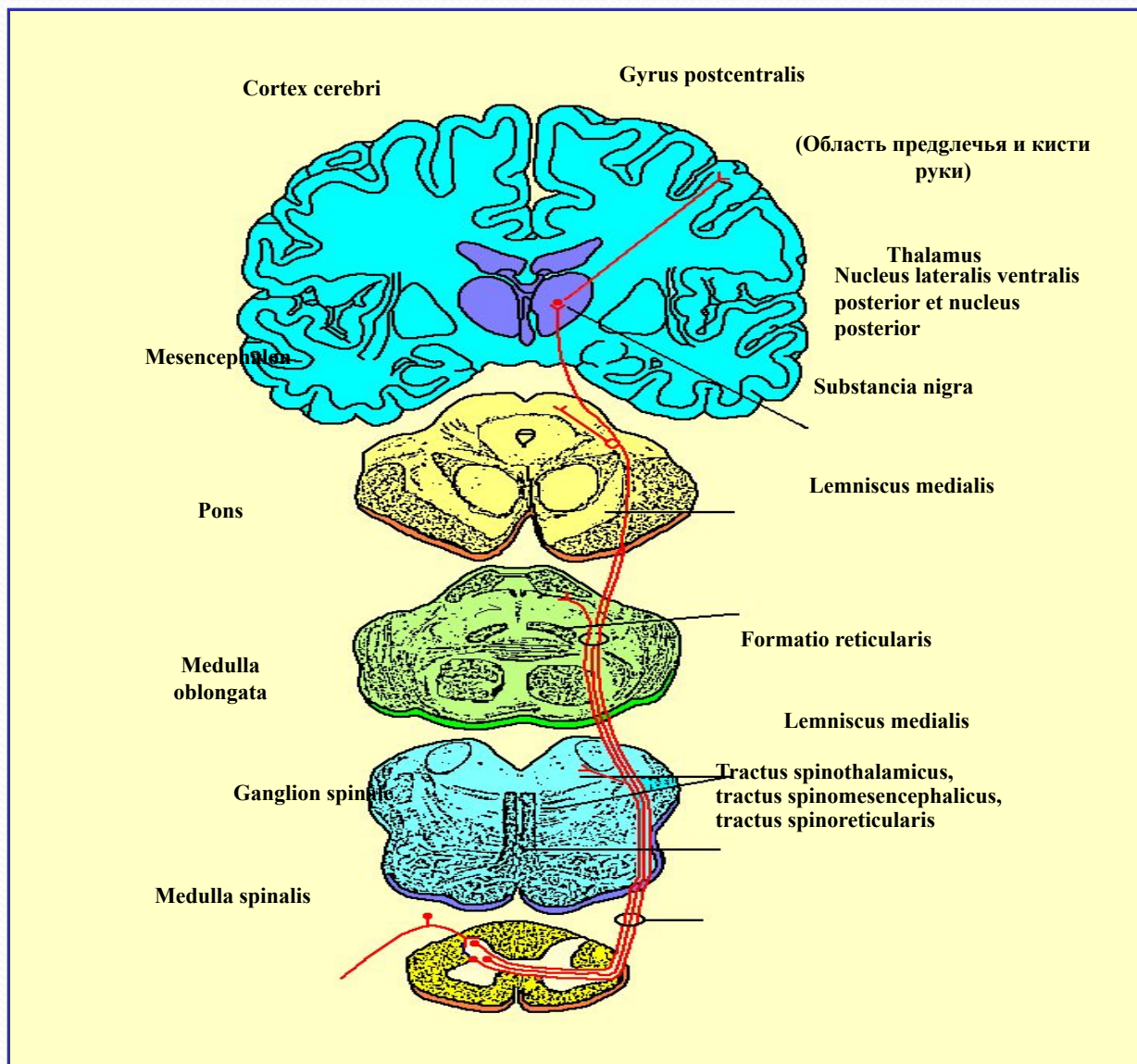


Контроль



Ca(2+)



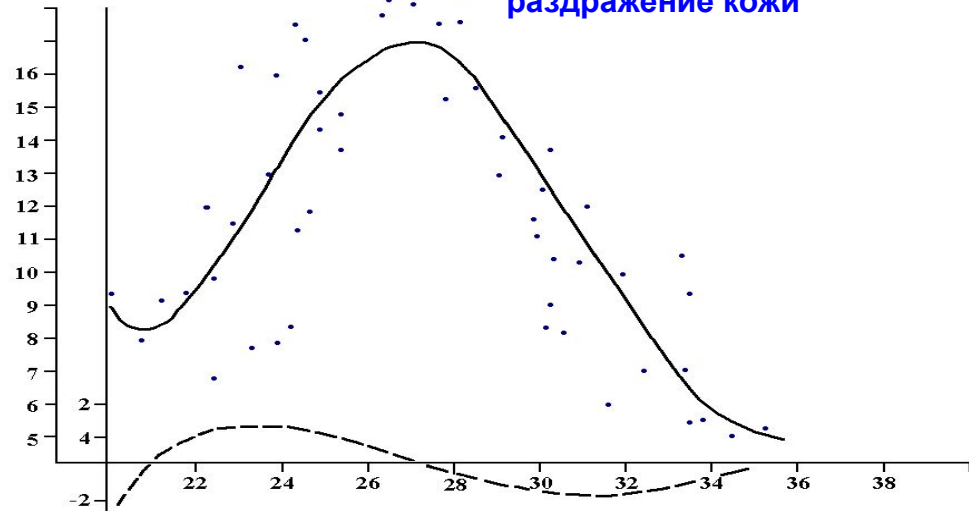


Антеролатеральная система

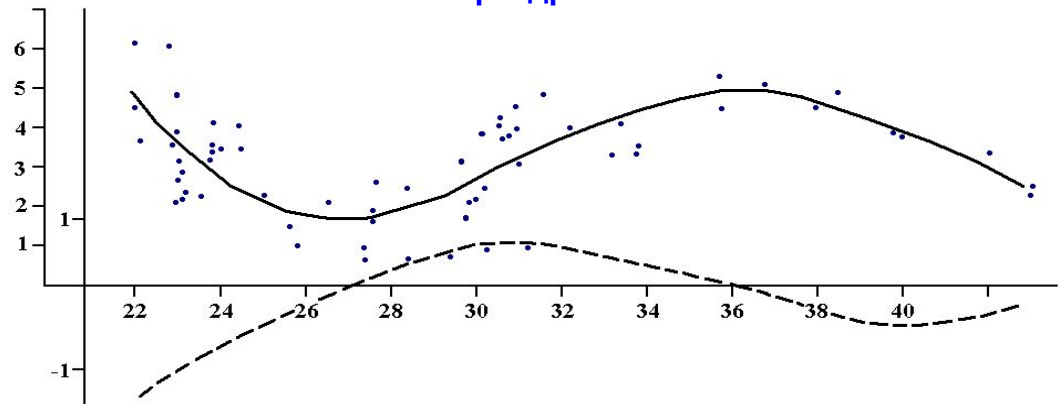
Нейроны коры сохраняют закономерности температурных характеристик периферических афферентов.

Происходит количественная трансформация периферического сигнала и пространственное суммирование

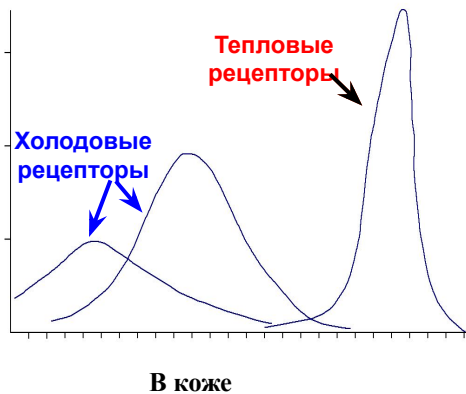
Активность нейронов коры, реагирующих на холодное раздражение кожи

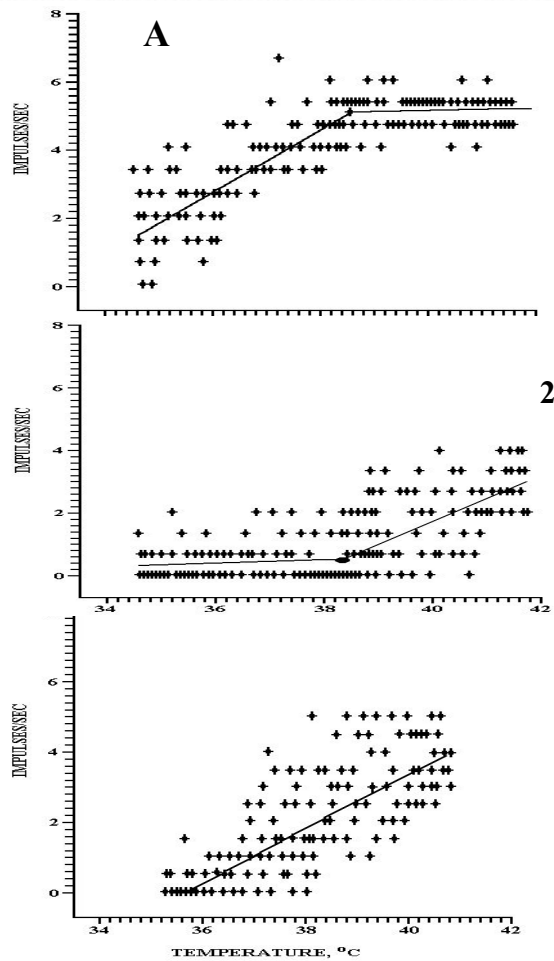


Активность нейронов коры, реагирующих на тепловое раздражение кожи

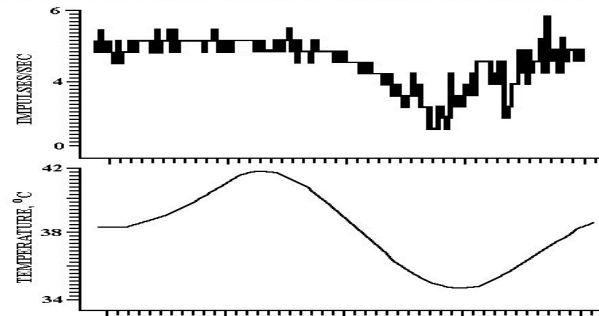


Козырева, Иванов, 1975

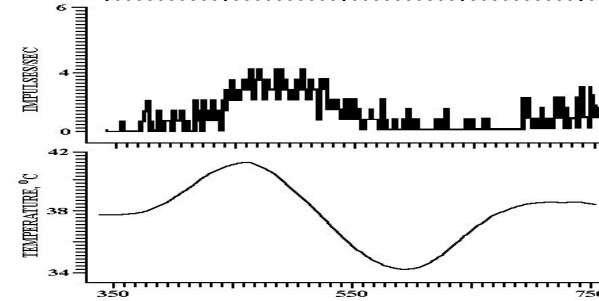




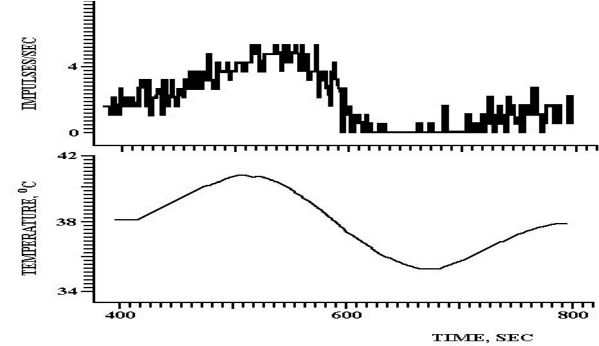
1



2

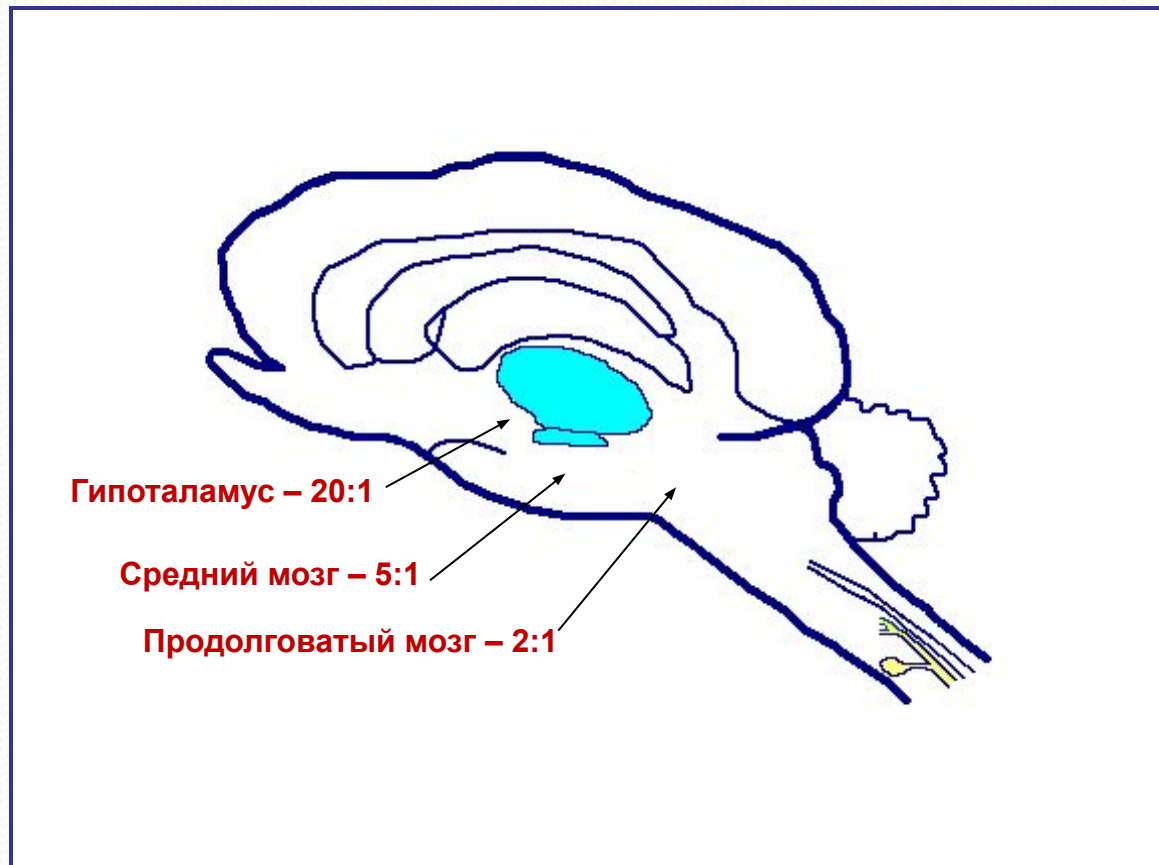


3



Термочувствительные нейроны гипоталамуса

Соотношение тепло- и холодочувствительных нейронов в структурах мозга



На периферии значительно преобладают холодочувствительные нервные окончания нейронов спинальных ганглиев

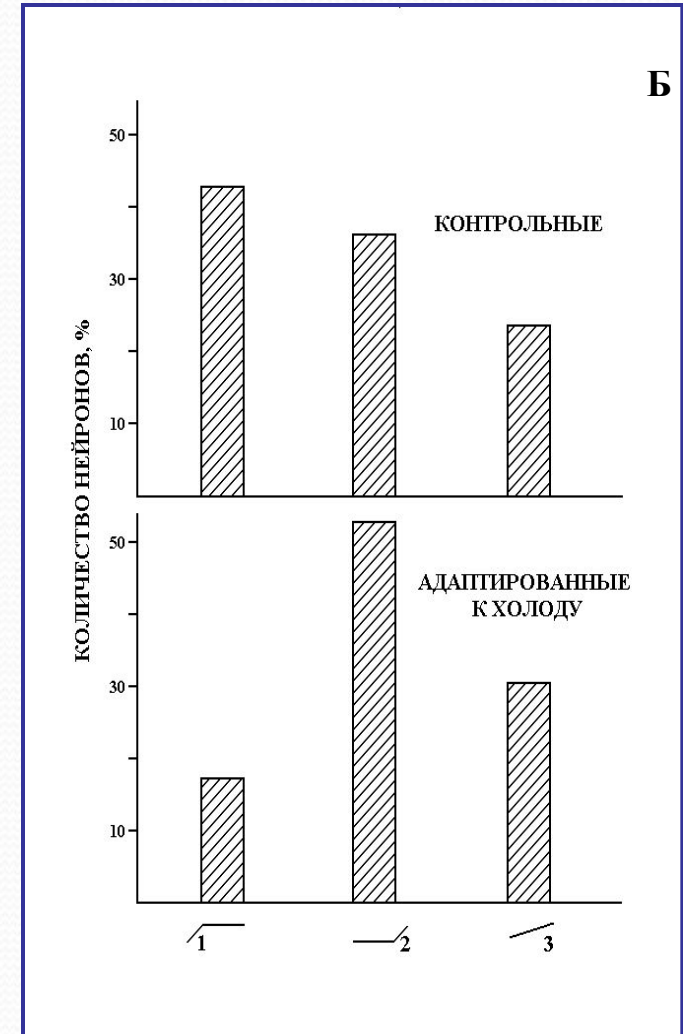
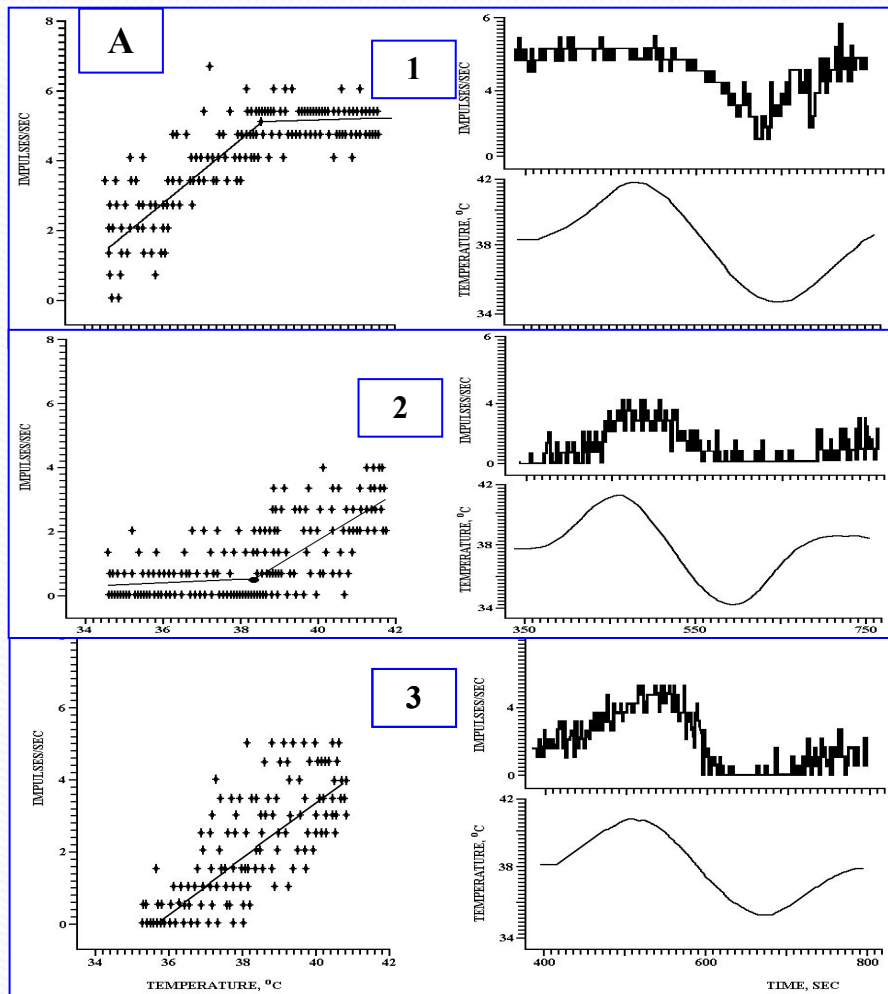
Для запуска эффекторных реакций важны центральные и периферические терморцепторы. Для разных реакций может быть разное соотношение вклада этих рецепторов.



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?

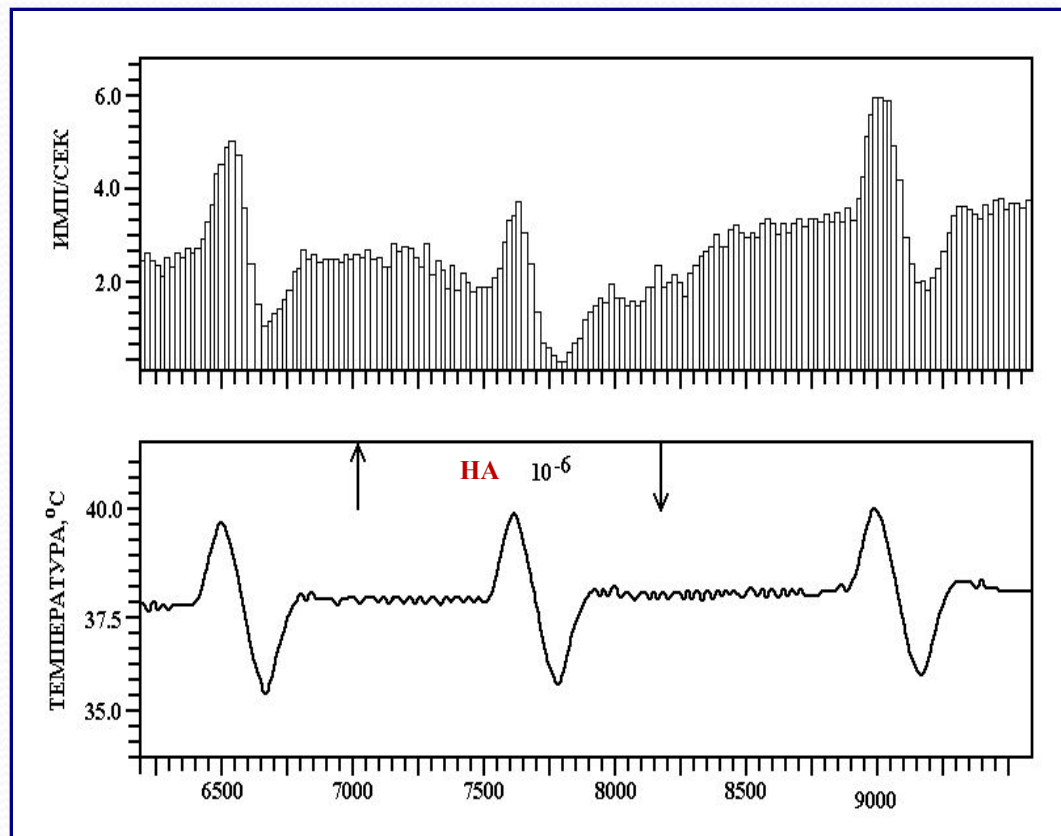
Адаптация организма к холоду вызывает уменьшение доли нейронов гипоталамуса чувствительных в области низких температур



Модуляция температурной чувствительности нейронов гипоталамуса норадреналином

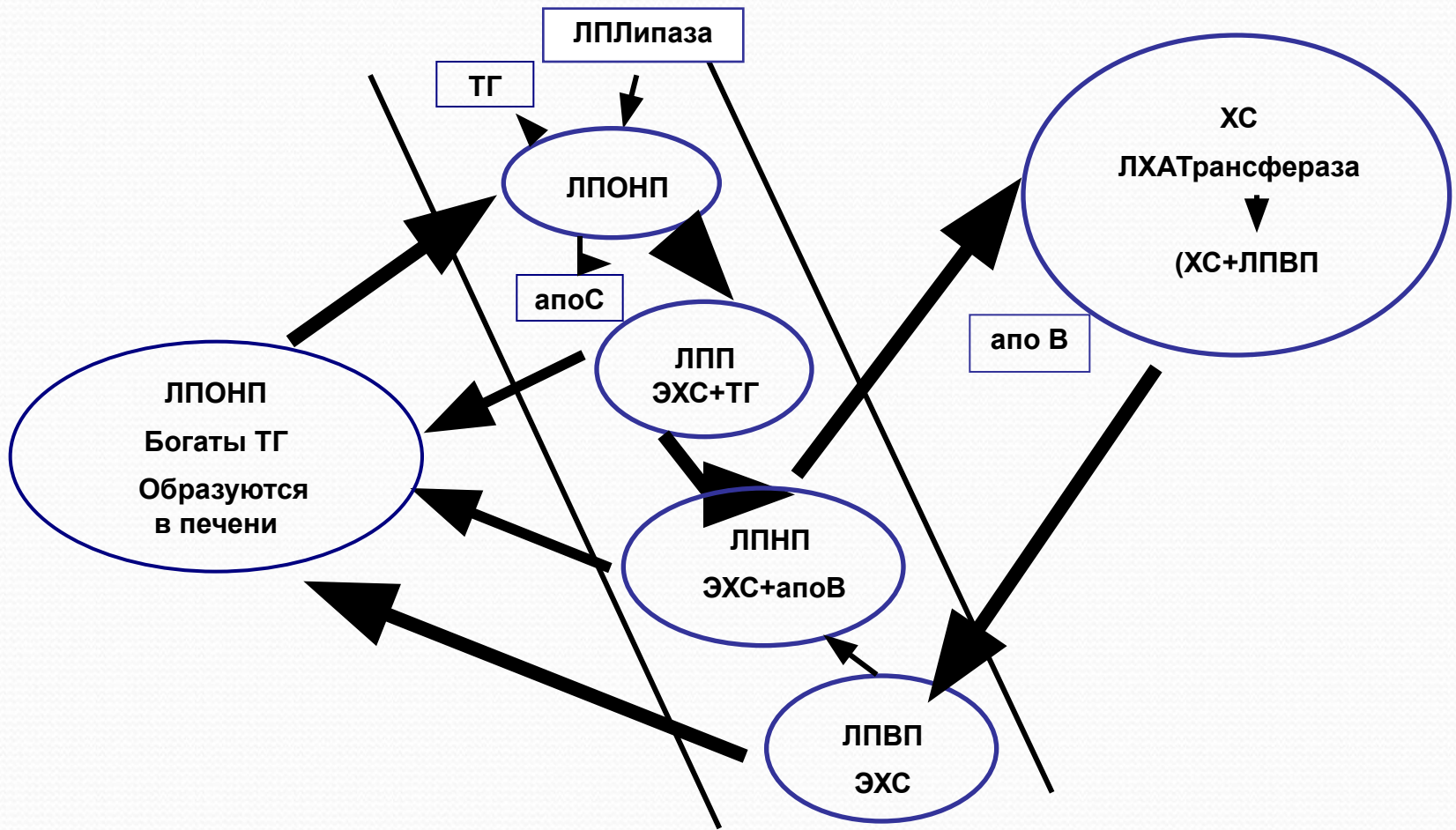
Повышение концентрации **НА** приводит к повышению чувствительности нейронов гипоталамуса в области низких температур и снижению ее в области высоких температур.

При избирательном действии **НА** на центральные терморепцепторы 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)

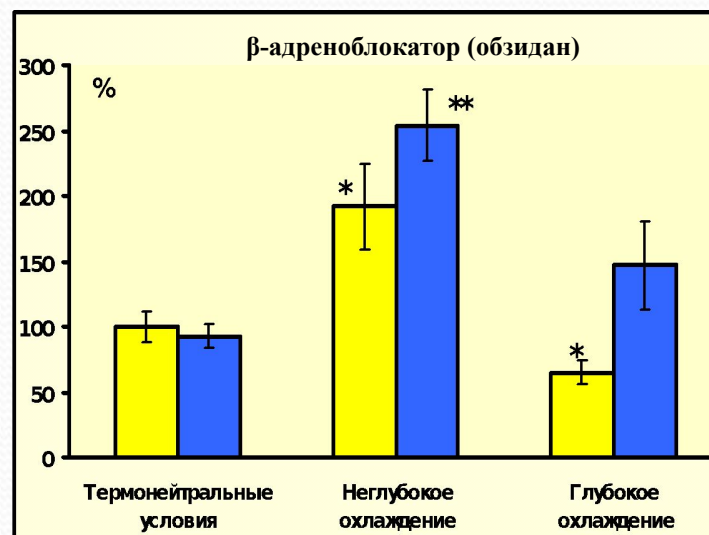
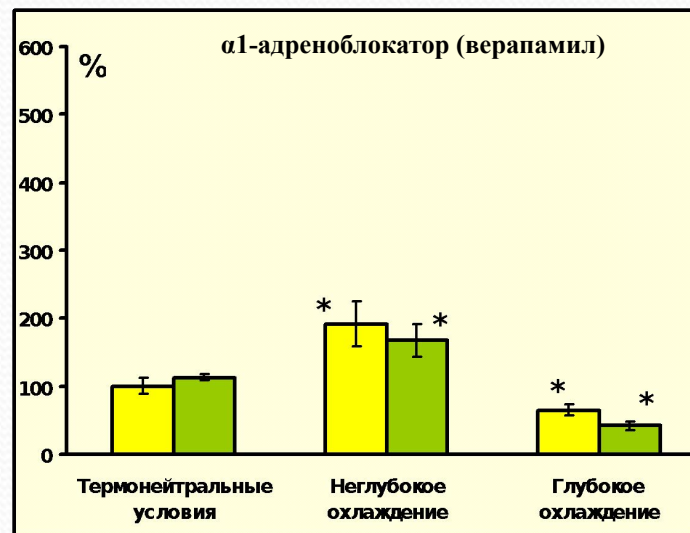
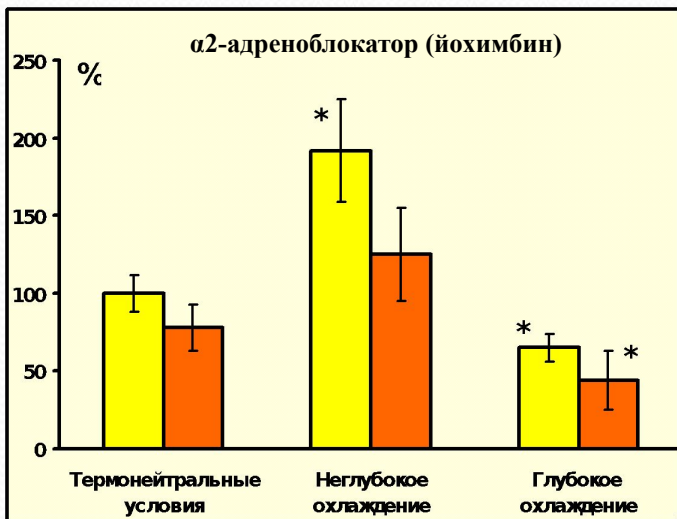
Окисление СЖК

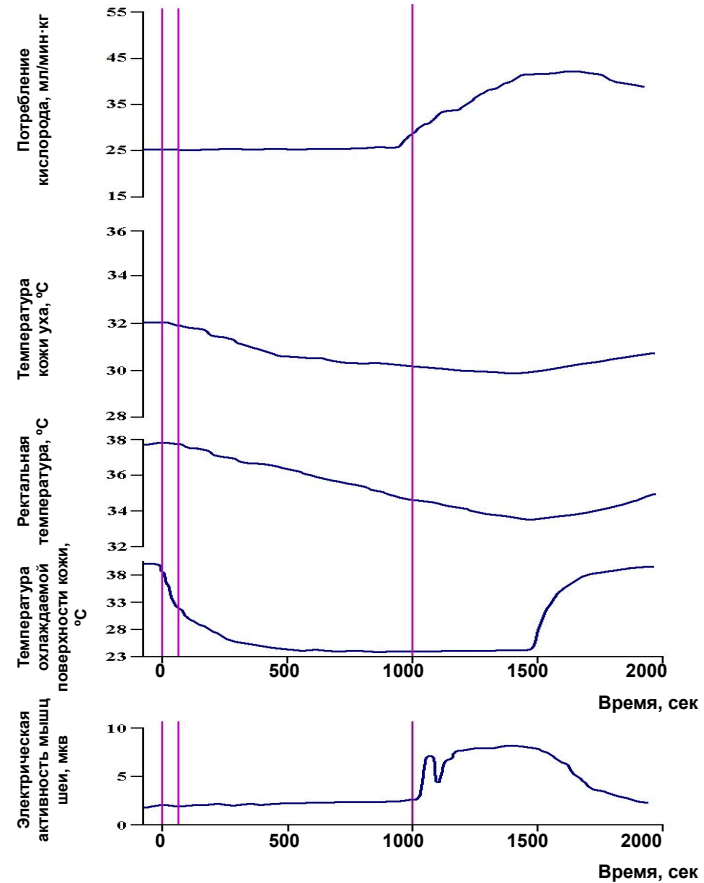
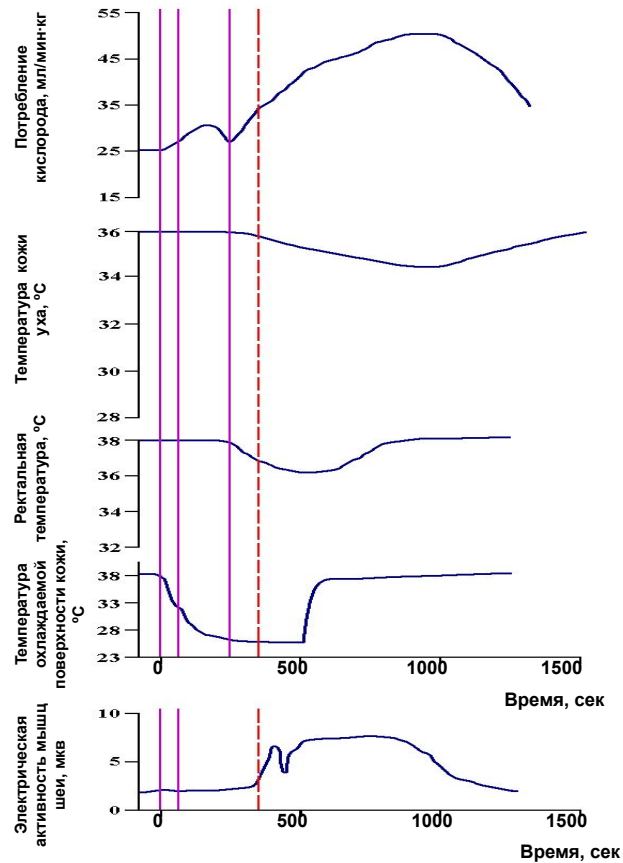
Ацил-Ко-А

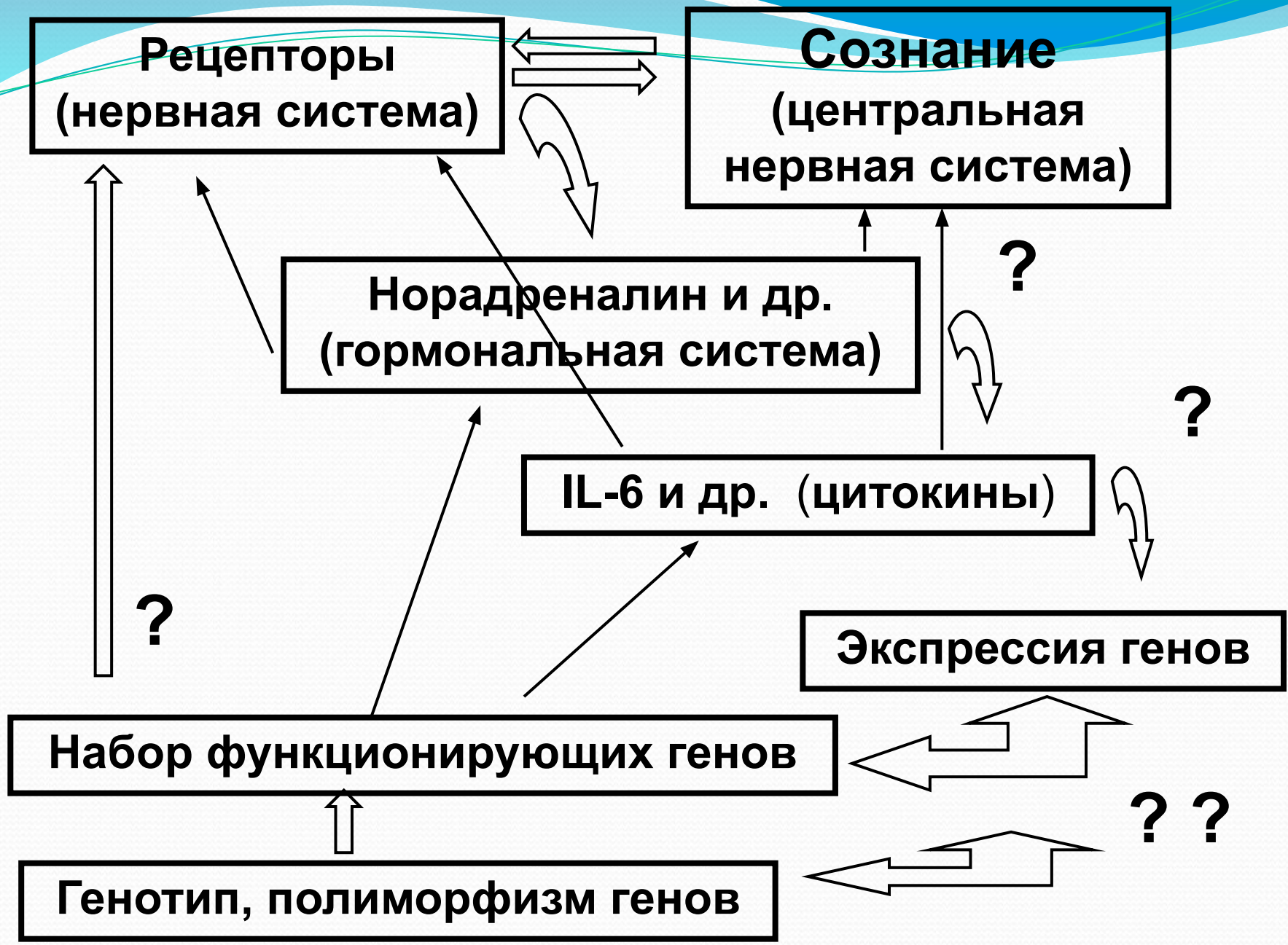
Цикл трикарбоновых кислот

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

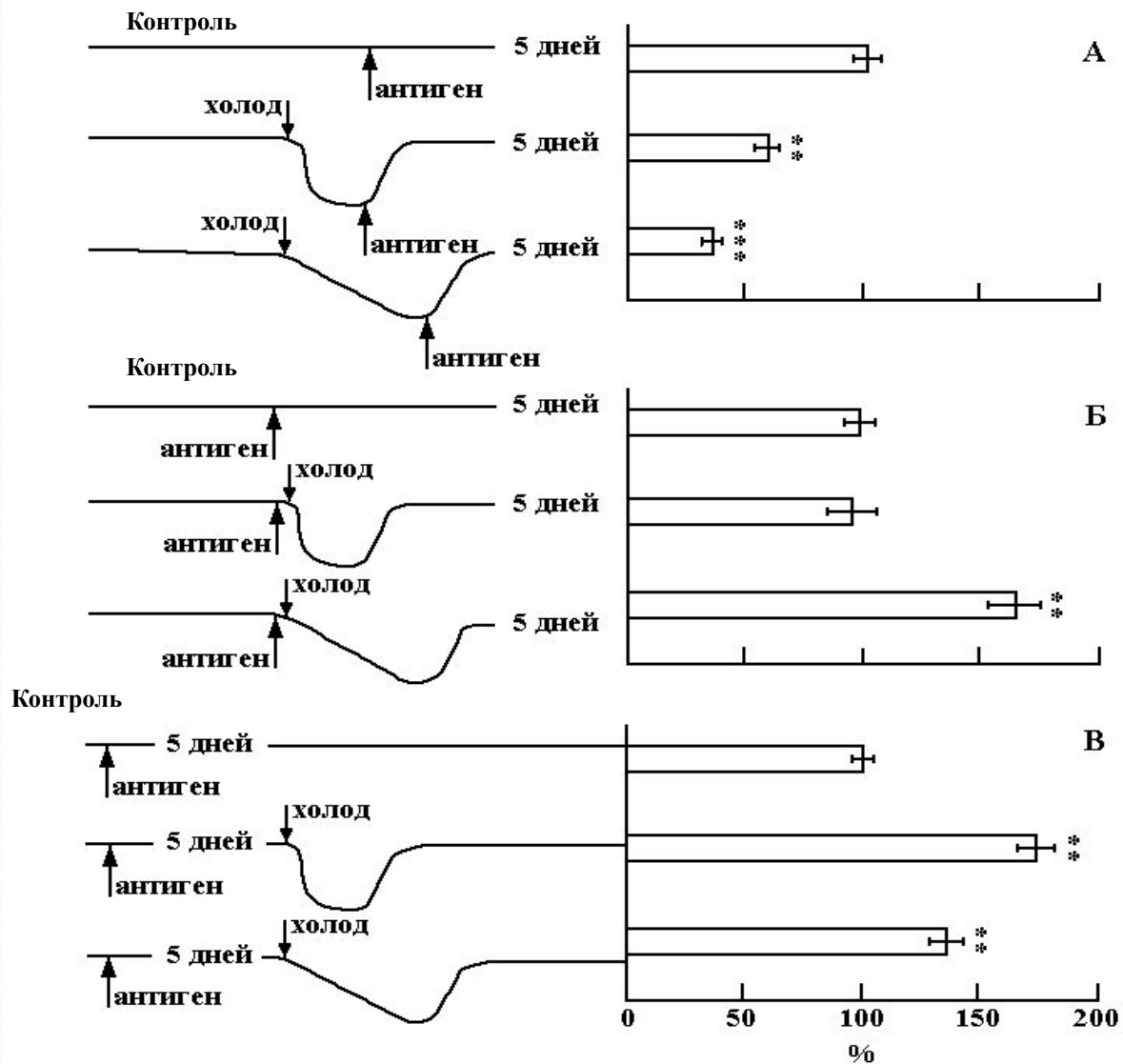
Влияние адrenoблокаторов на антителообразование в селезенке при быстром охлаждении разной глубины



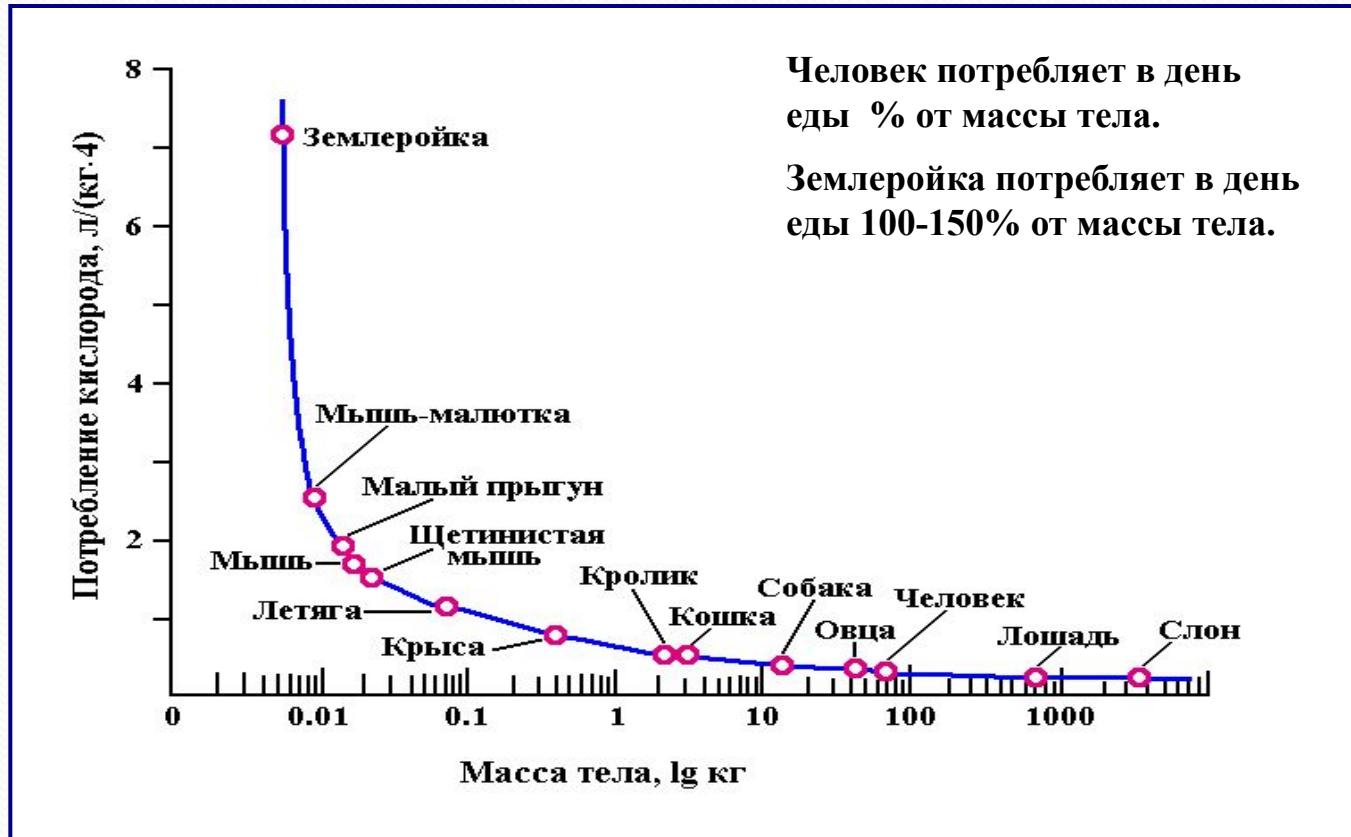




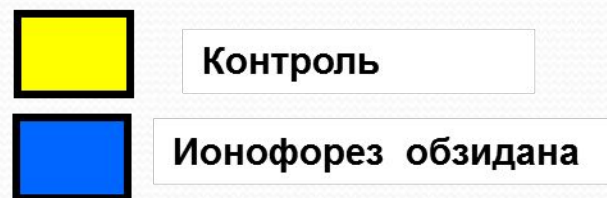
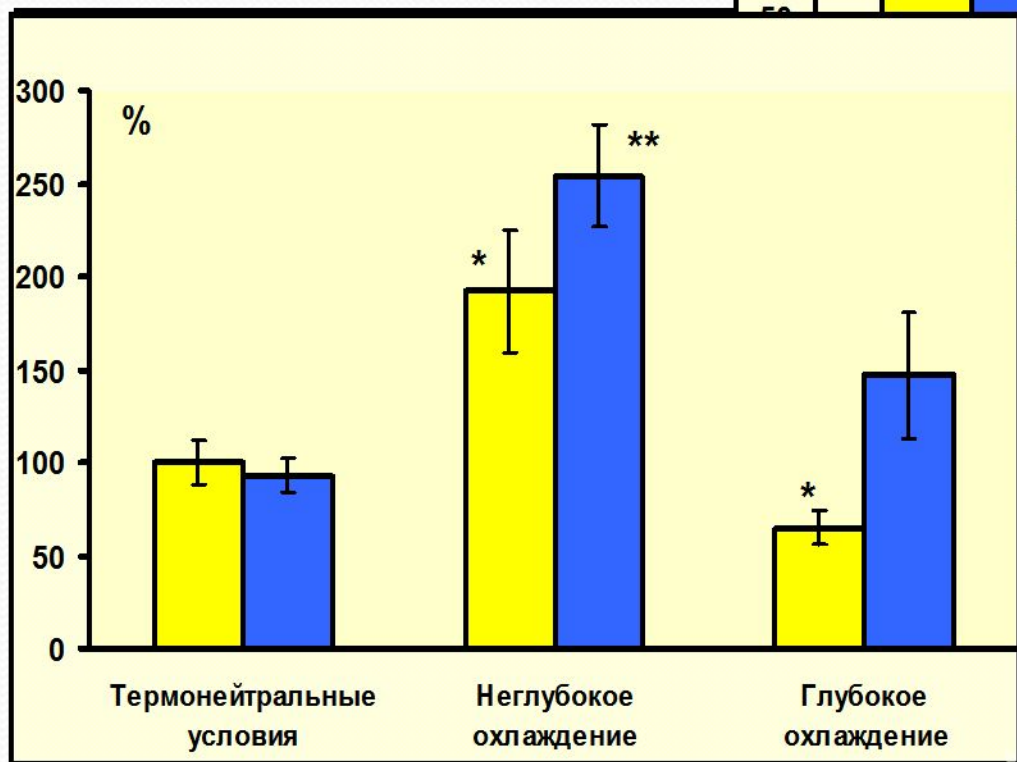
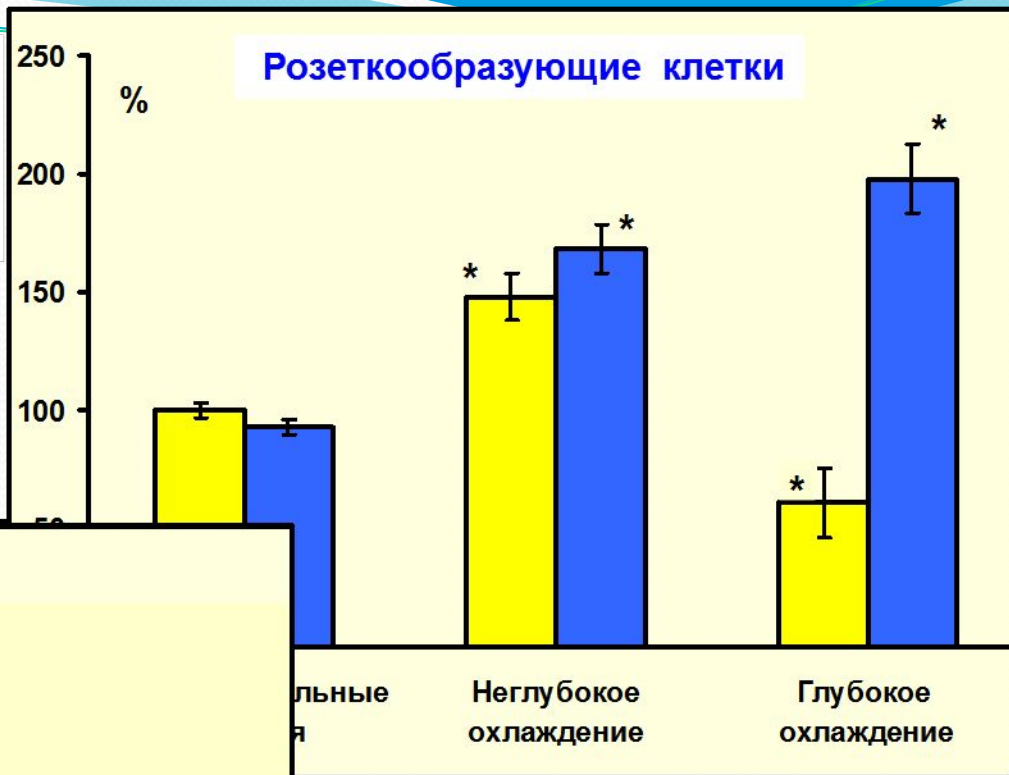
Розеткообразующие клетки селезенки



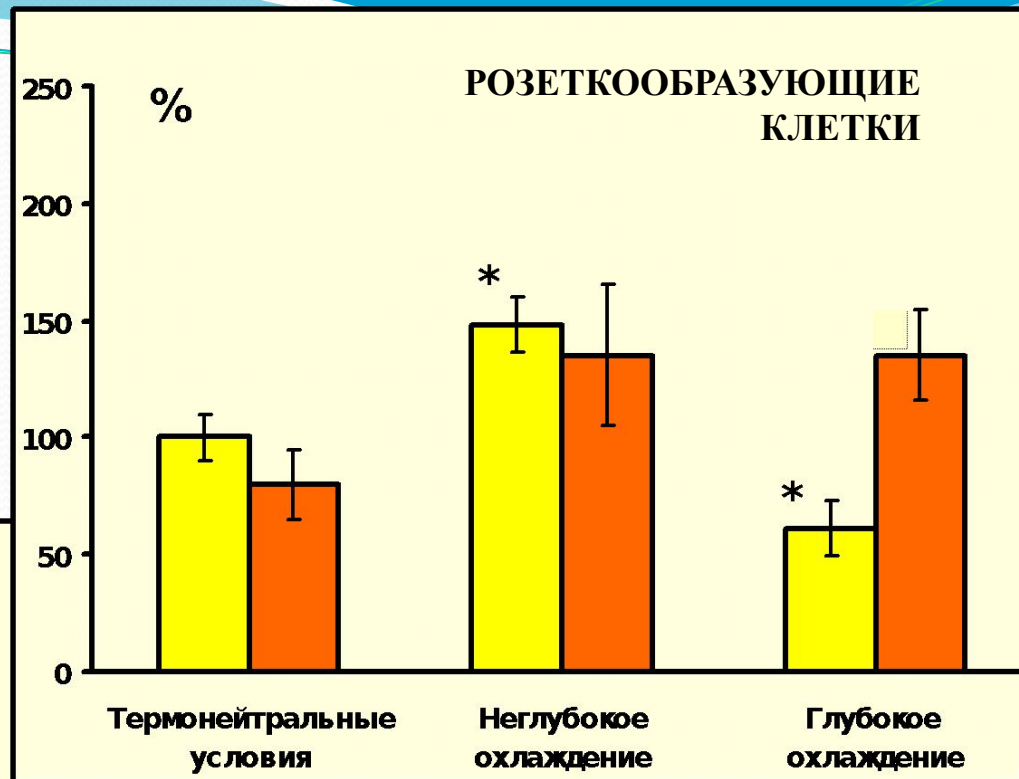
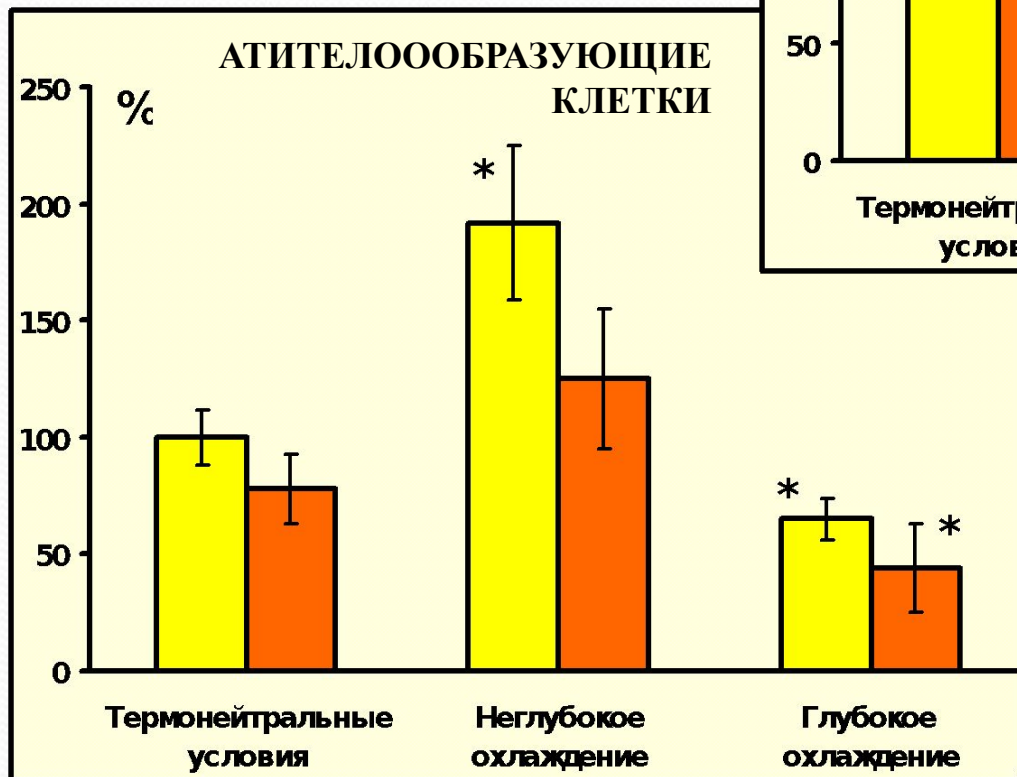
Зависимость интенсивности потребления кислорода от массы живого организма



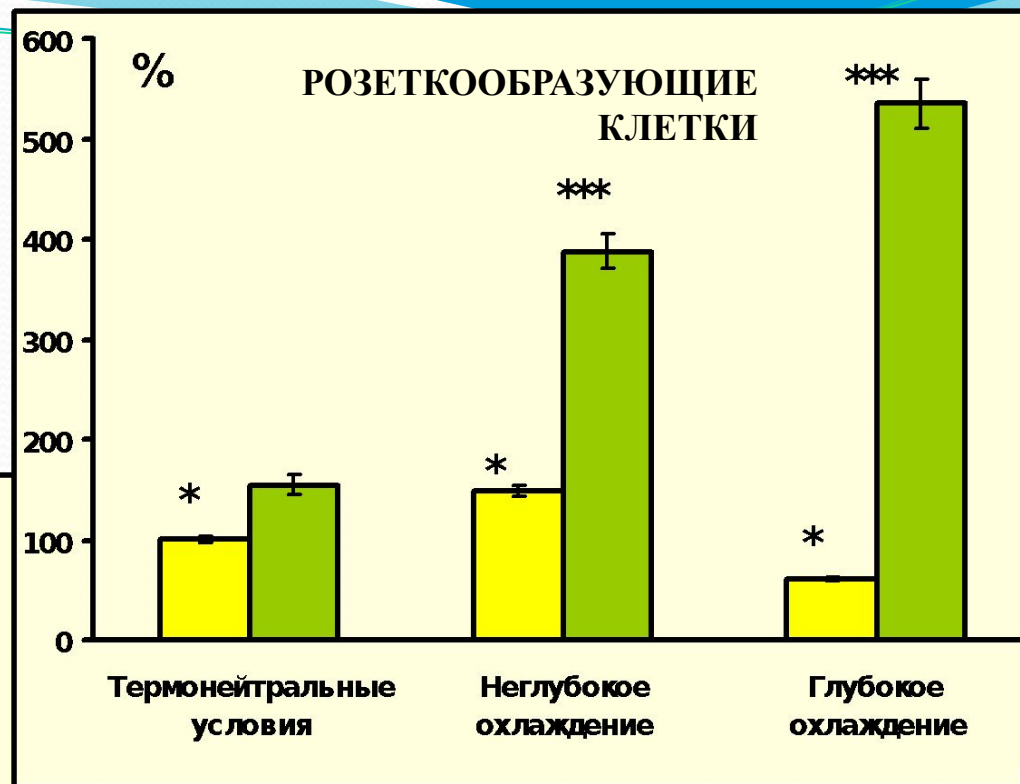
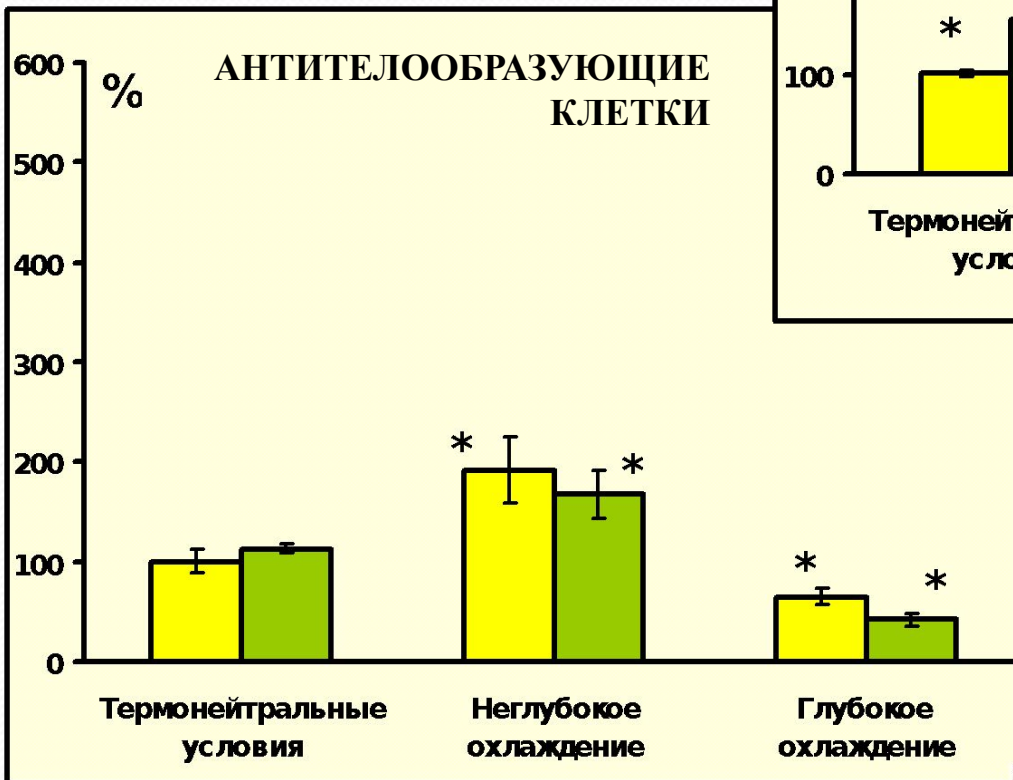
**Влияние обзидана на
антителообразующие и
розеткообразующие клетки
селезенки**

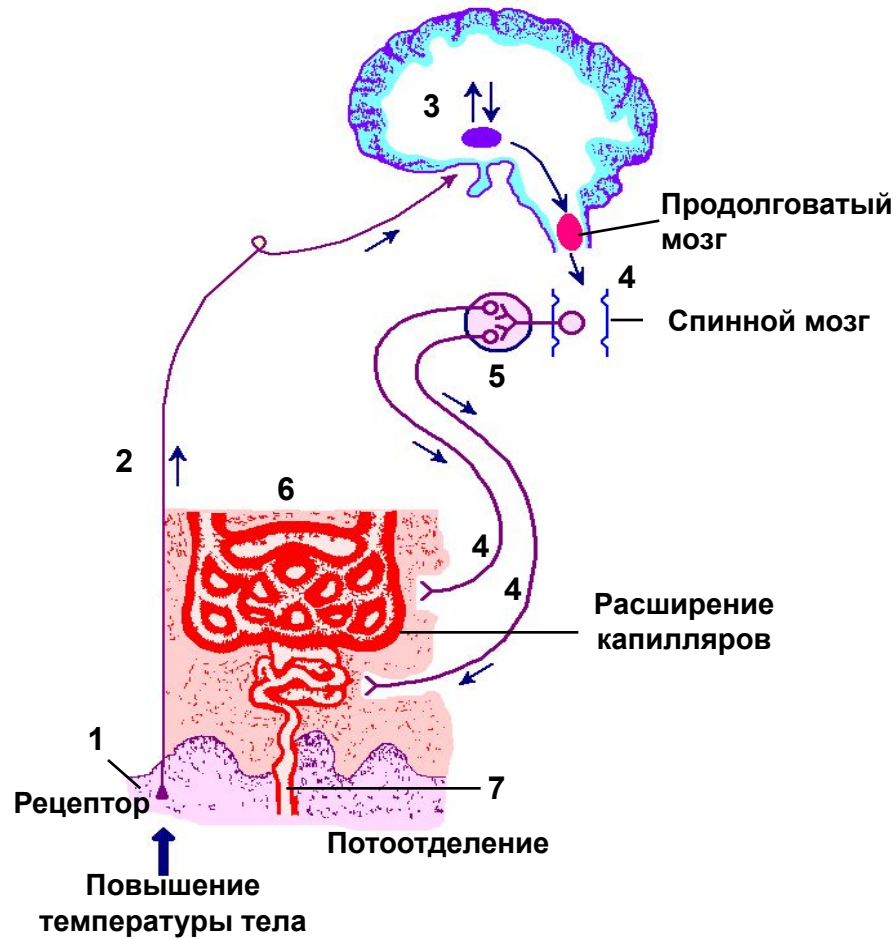


ВЛИЯНИЕ ЙОХИМБИНА (α 2-АДРЕНОБЛОКАТОРА) НА ИМУННЫЙ ОТВЕТ КЛЕТОК СЕЛЕЗЕНКИ



ВЛИЯНИЕ ВЕРОПАМИЛА (α 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.

