

Лекция 10. Физиология терморегуляции.

Теплопродукция. Теплоотдача

ТЕМПЕРАТУРА - одна из самых важных и **жестких констант** внутренней среды.

- Это связано с тем, что при изменениях температуры тела меняются **скорости протекания обменных процессов**.
- Предельные отклонения температуры тела человека, совместимые с жизнью, составляют **25-43°C**.



Актуальность проблемы терморегуляции

- **Несовершенство терморегуляции** у недоношенных младенцев.

- **Лихорадка.**

- **Нарушения терморегуляции:**

- переохлаждение,

- тепловой удар.

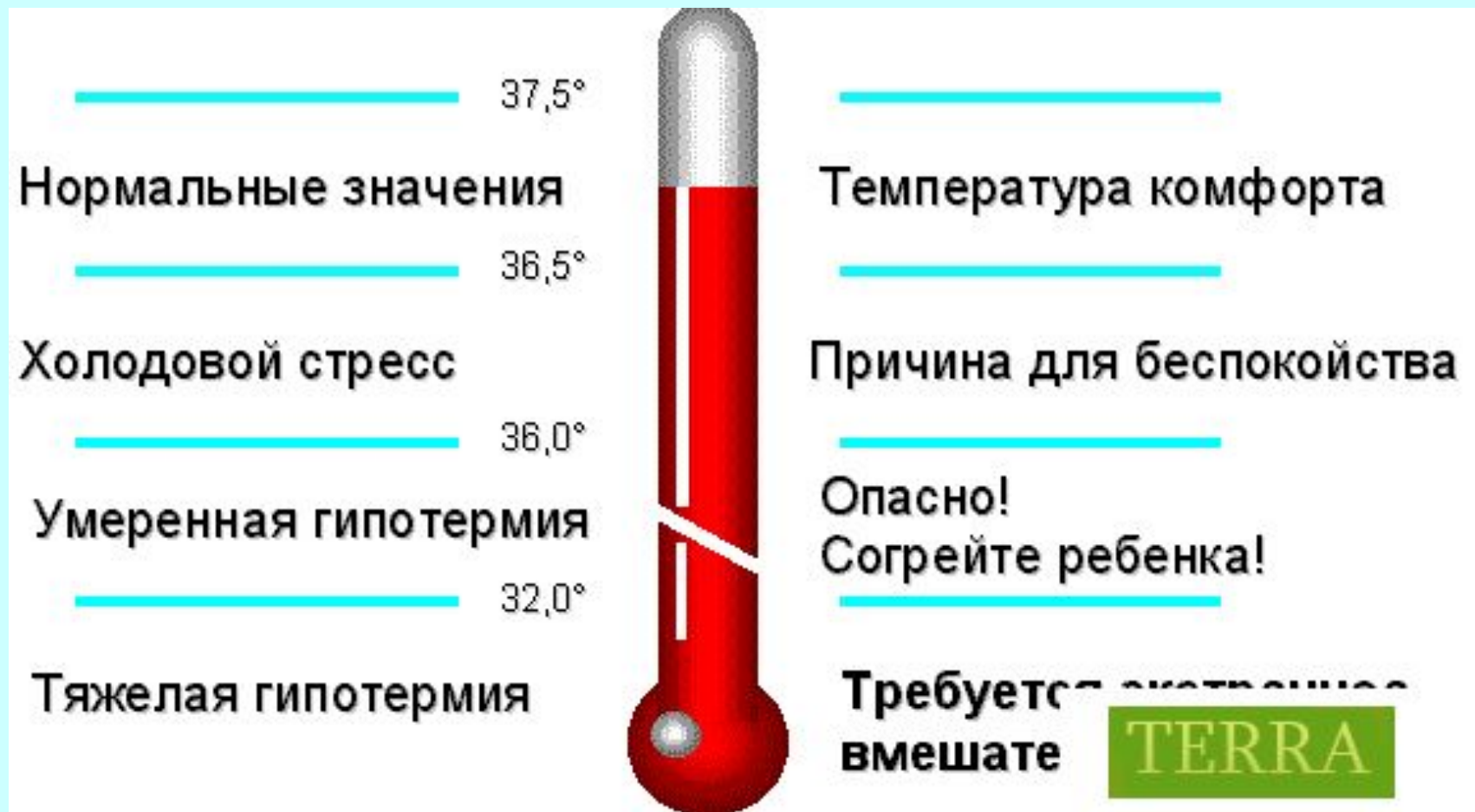
- **Медицинская гипо- и гипертермия.**

- Терморегуляция в условиях **экстремальных температур.**

- Требования к **терморегуляционным свойствам** одежды и помещений.

- Терморегуляция в **ограниченном замкнутом пространстве.**

Температура тела и состояние организма

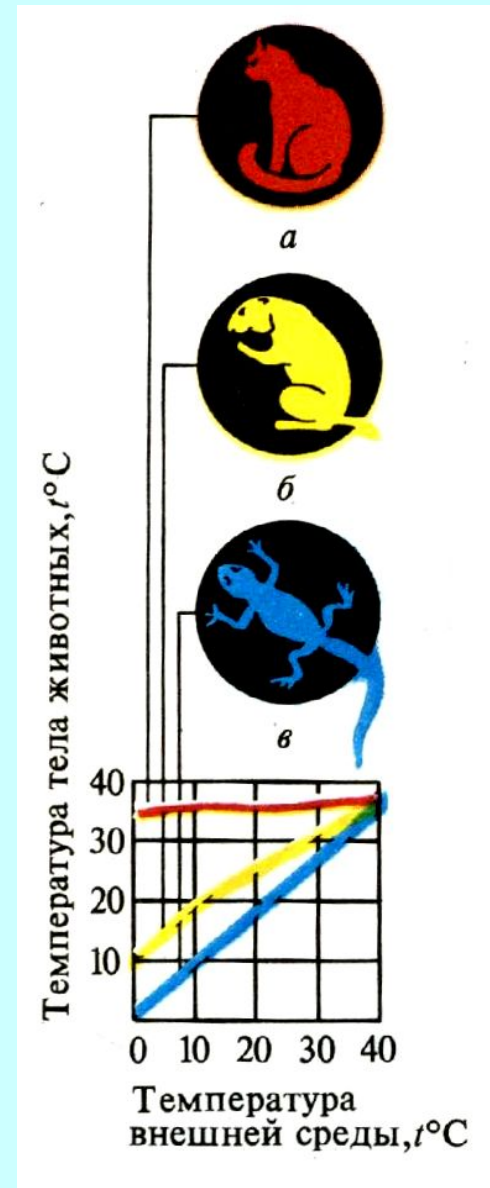


Пойкилотермные животные –
холоднокровные (рептилии, амфибии,
рыбы, насекомые).

- t° тела $\sim t^{\circ}$ окружающей среды
- могут длительно обходиться без пищи
- используют внешнее тепло для повышения t° тела

Гомойтермные животные –
теплокровные (млекопитающие и
человек).

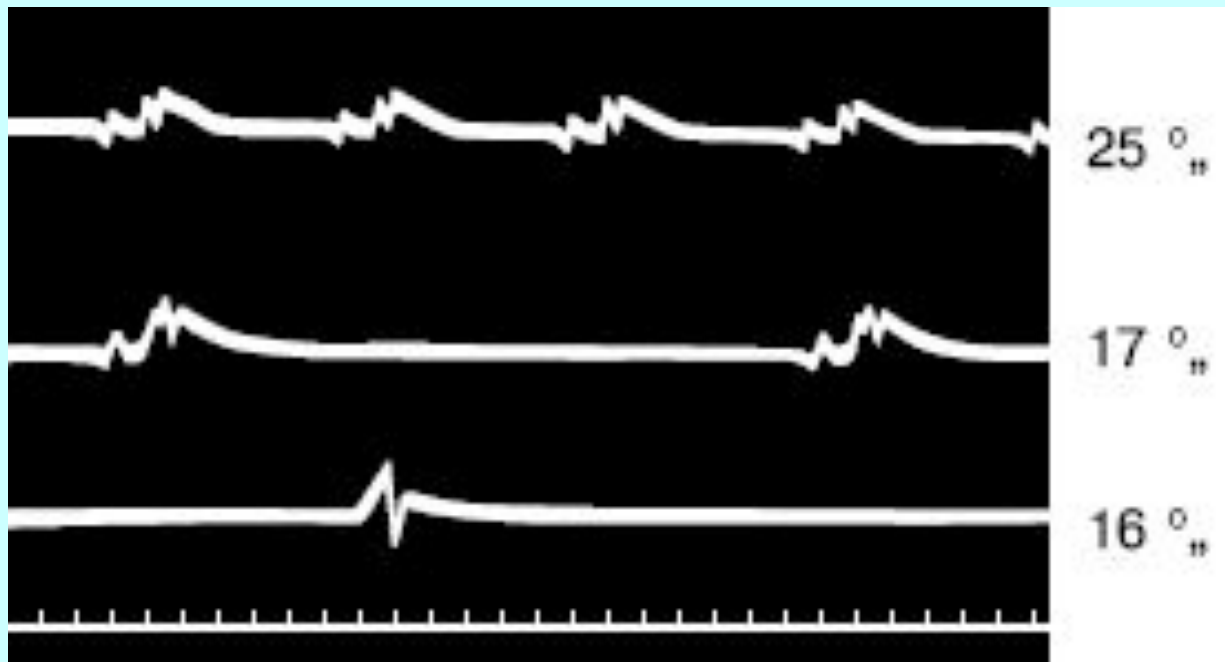
- t° тела (ядра) постоянная, у человека $37,5 \pm 0,5^{\circ}$
- не могут длительно обходиться без пищи
- могут использовать внешнее тепло для повышения t° тела (например, после гипотермии)



- **Гетеротермные животные** - группа гомойотермных животных, у которых периоды постоянной температуры тела сменяются периодами значительных её колебаний, зависящих от изменений температуры среды.
- Непостоянство температуры тела может проявляться:
- **во время сна** (колибри, летучие мыши),
- **сезонно, в период спячки** (зимоспящие млекопитающие).

**Щетинистые
ежи-тенреки
гетеротермные
животные**

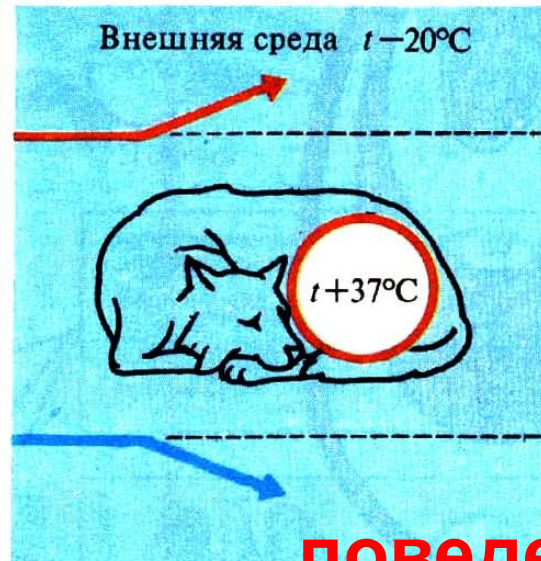




Изменение числа
сердцебиений у сурка во
время спячки при
температуре тела (сверху
вниз) 25, 17 и 16 °С. Одно
деление шкалы равно 0,2 с
(по Эндрес и др., 1930).



Гомойотермные животные

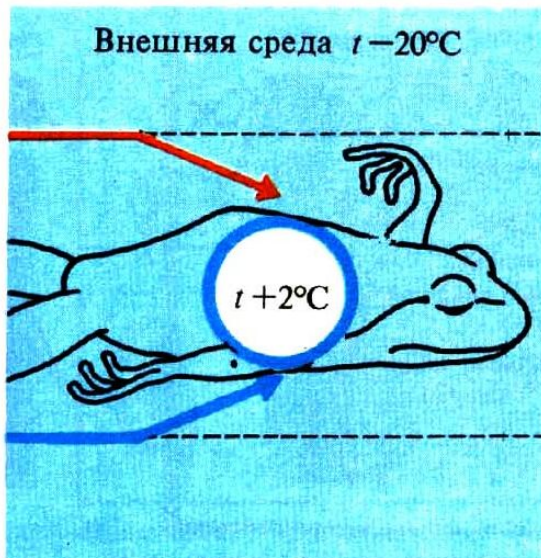


Уровень
телопродукции

Уровень
теплоотдачи

**Зависимость
поведения от внешней
температуры**

Пойкилотермные животные



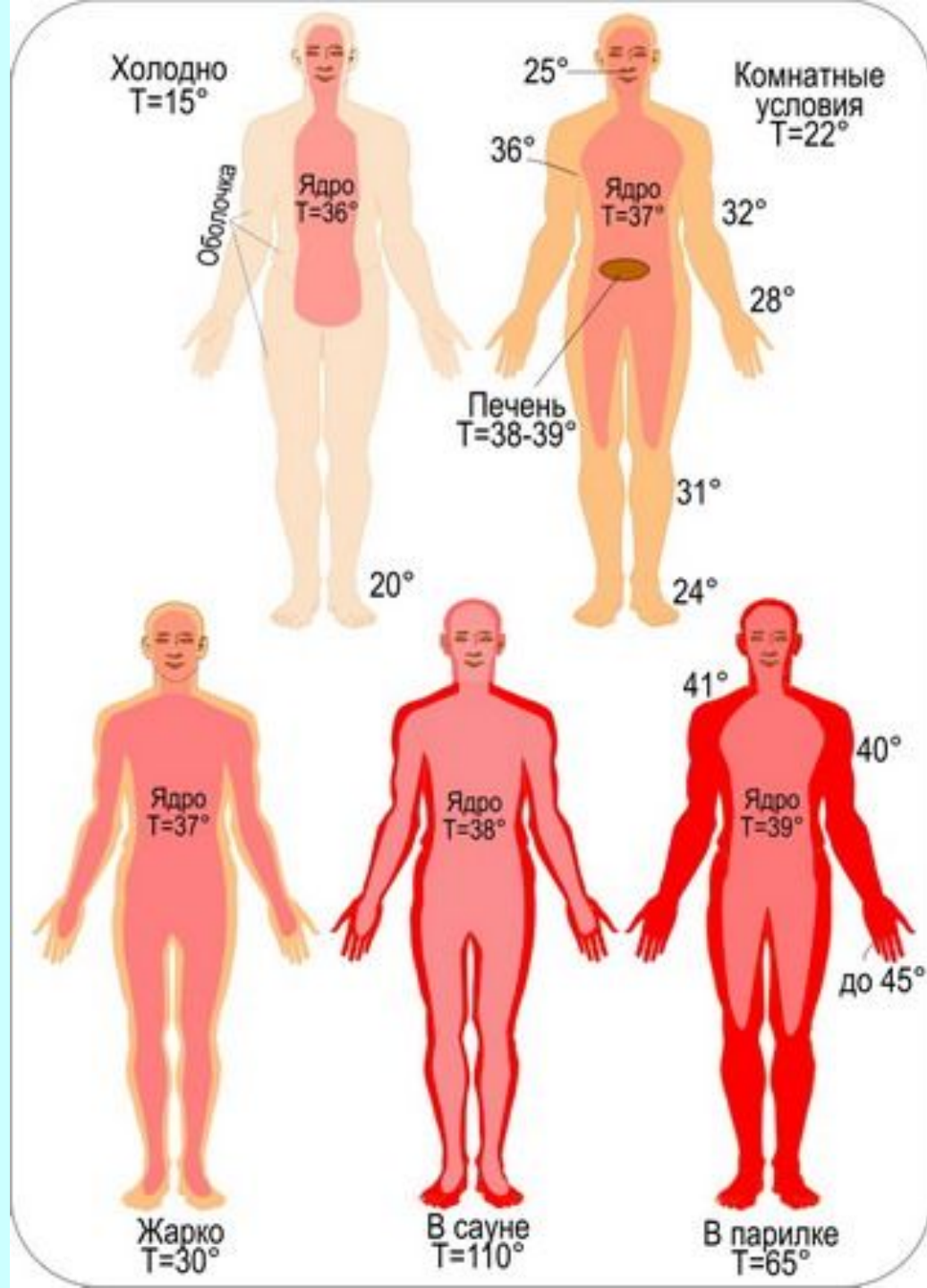
Уровень
телопродукции

Уровень
теплоотдачи

В условиях
высокой температуры

В условиях
низкой температуры

- **Ядро тела** – органы (включая мышцы):
 - в ядре тела происходит основная теплопродукция;
 - терморегуляция направлена прежде всего на поддержание постоянства температуры ядра.
- **Оболочка тела** – кожа и слизистые оболочки дыхательных путей:
 - с поверхности оболочки происходит теплоотдача;
 - температура оболочки значительно колеблется.
- **Ядро и оболочка тела разделены теплоизолятором – подкожной жировой клетчаткой.**



Температура ядра и оболочки тела в разных температурных условиях

Терморегуляция – совокупность и сбалансированность процессов теплопродукции и теплоотдачи, обеспечивающих постоянную температуру «ядра» - $37,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ при колебаниях внешних температур:

-70°C - в Антарктике;

$+60^{\circ}\text{C}$ – в Сахаре.

Терморецепторы

Внутренние

- Преоптическая область переднего гипоталамуса
- Нижняя часть ствола мозга
- Спинной мозг
- Мышцы
- Дорсальная стенка брюшной полости
- Стенки сосудов
- Дыхательные пути

Ц
Е
Н
Т
Р
А
Л
Ь
Н
Ы
Е

Кожные

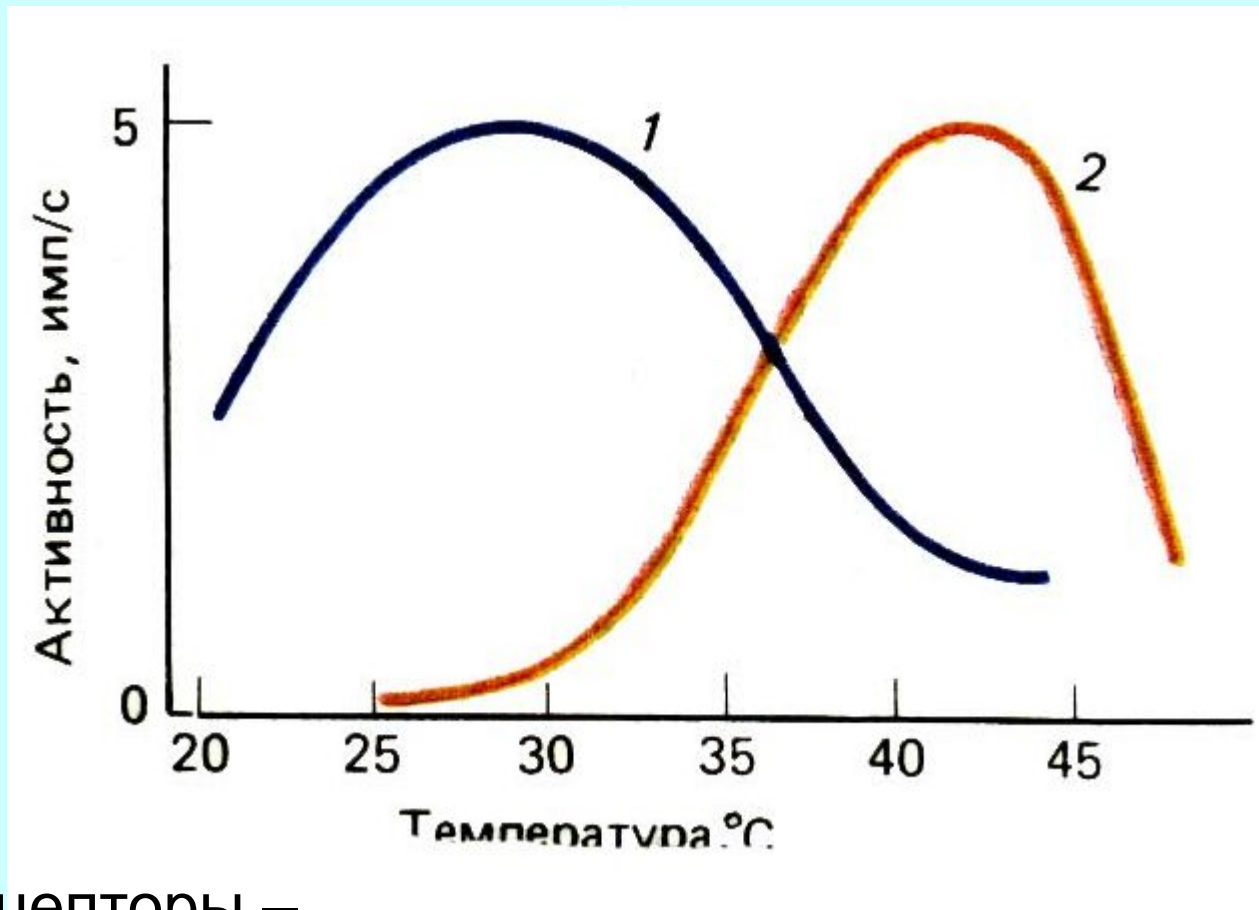
1 см² ладони:
1-5

холодовых
0,4 тепловых

1 см² лица:
16-19 холодовых

периферические

Активность холодových (1) и тепловых (2) терморецепторов



Терморецепторы –

- периферические (кожа, подкожные сосуды, мышцы, ЖКТ и др.),
- центральные (гипоталамус, спинной мозг).

Термоафферентные пути

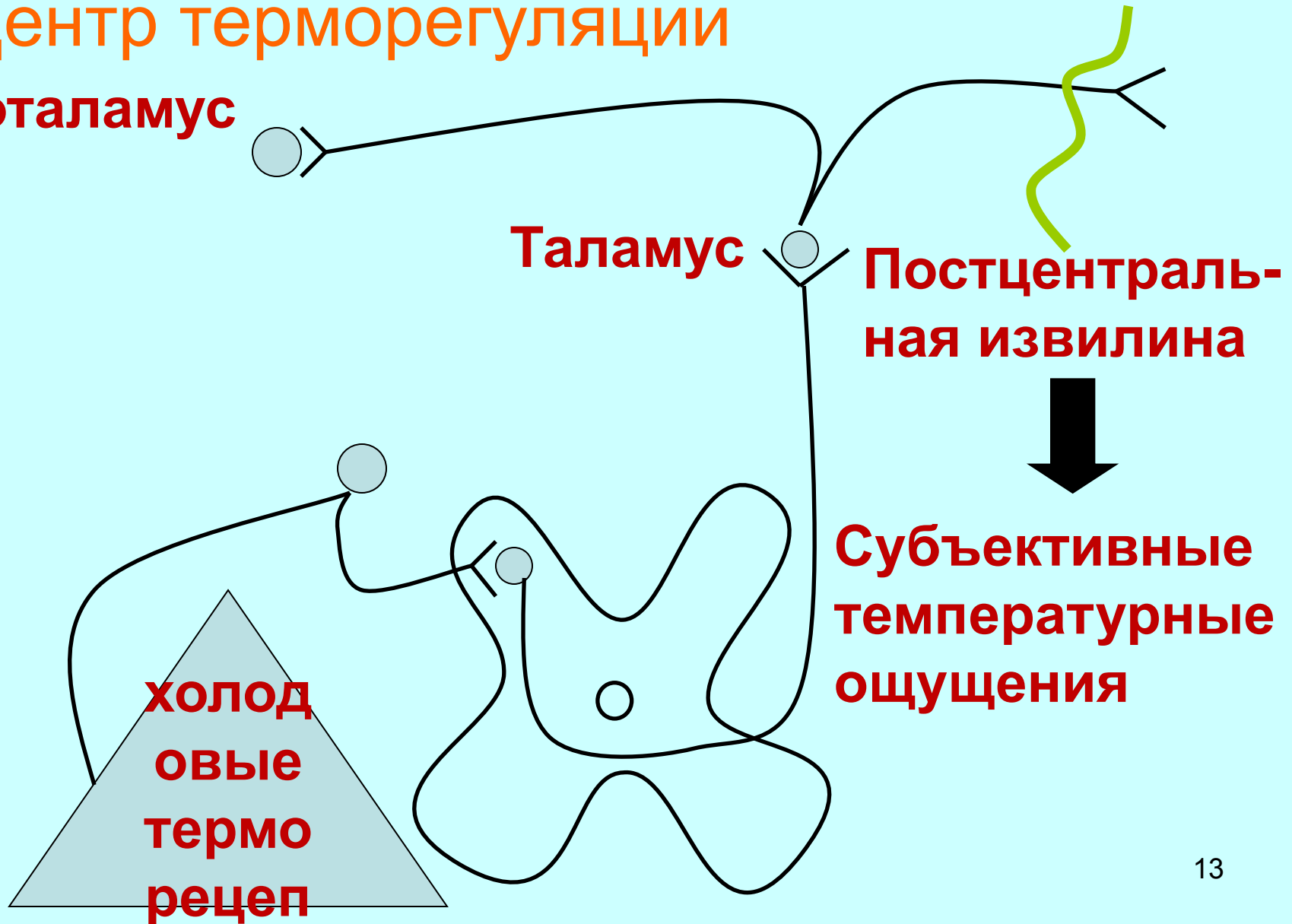
Центр терморегуляции

гипоталамус

Таламус

Постцентрально-
ная извилина

Субъективные
температурные
ощущения

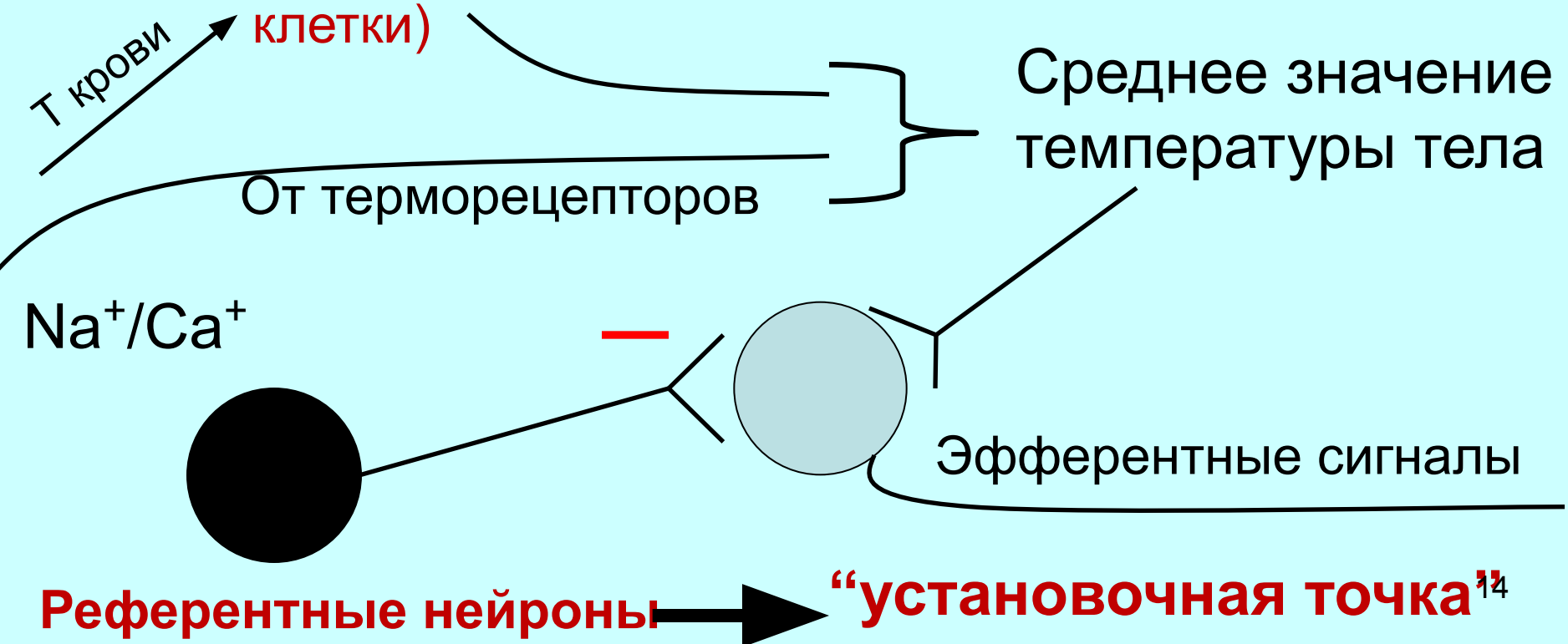


Центральный контролер

Медиальная преоптическая
область переднего
гипоталамуса

(термочувствительные
клетки)

Задний гипоталамус
(термореагирующие
клетки)



Динамическое
равновесие
между
телопродукцией и
теплоотдачей

Нейроны
«установочной
точки»
терморегуляции



Система терморегуляции

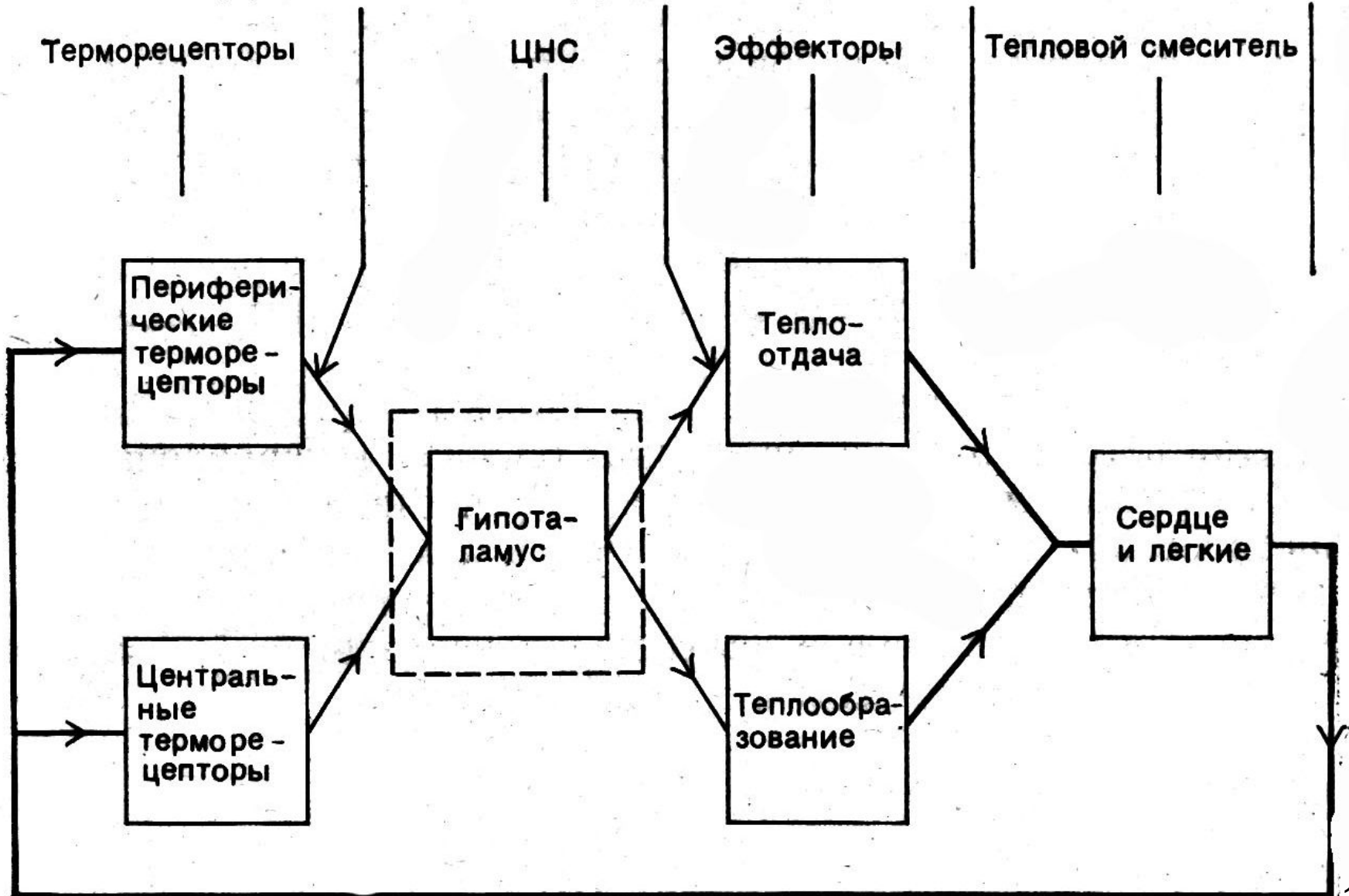
Афферентные нервы Эфферентные нервы Венозный отток Обратная связь

Терморецепторы

ЦНС

Эфффекторы

Тепловой смеситель



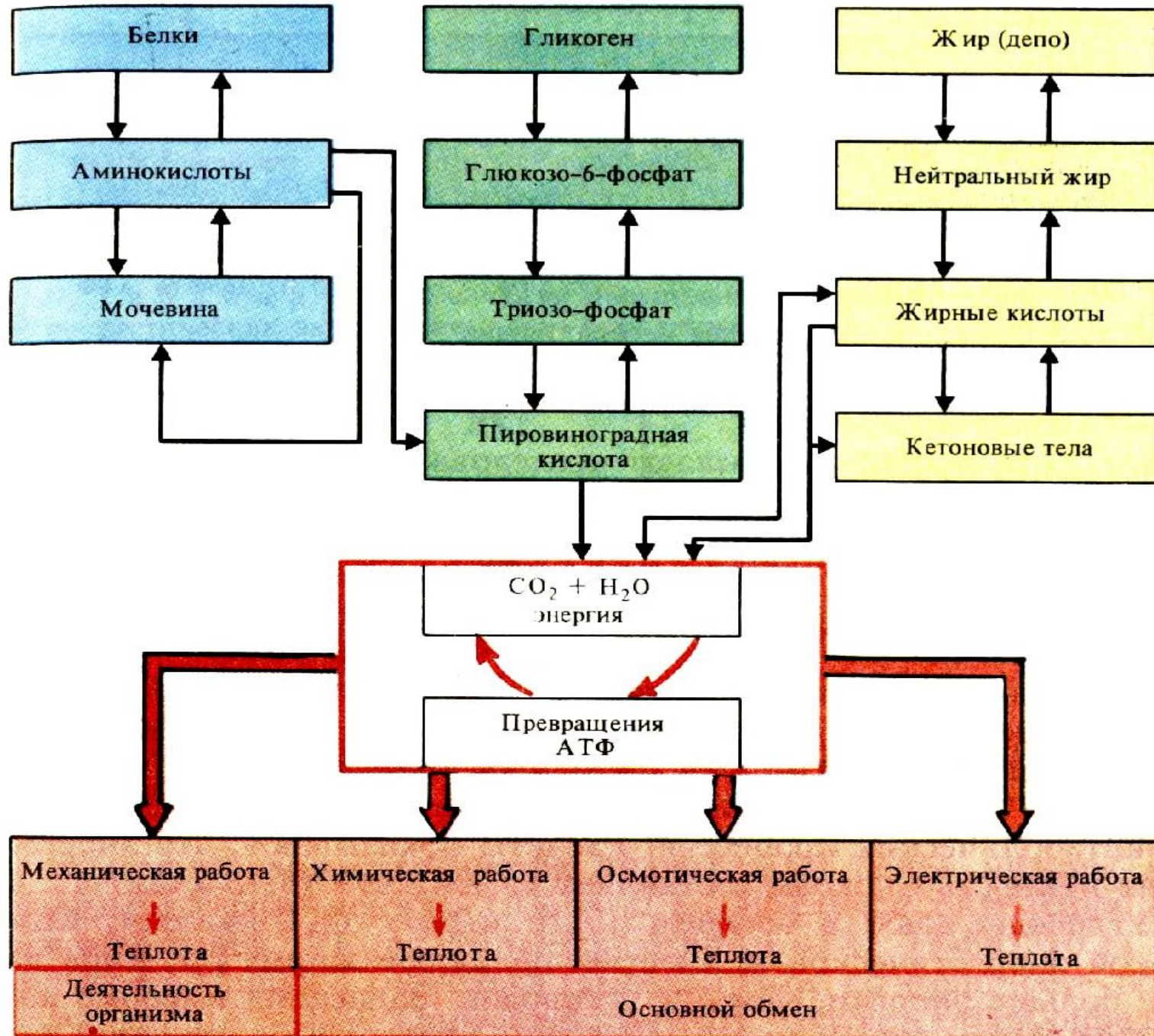
Обратная связь с терморецепторами через кровь

Теплота -



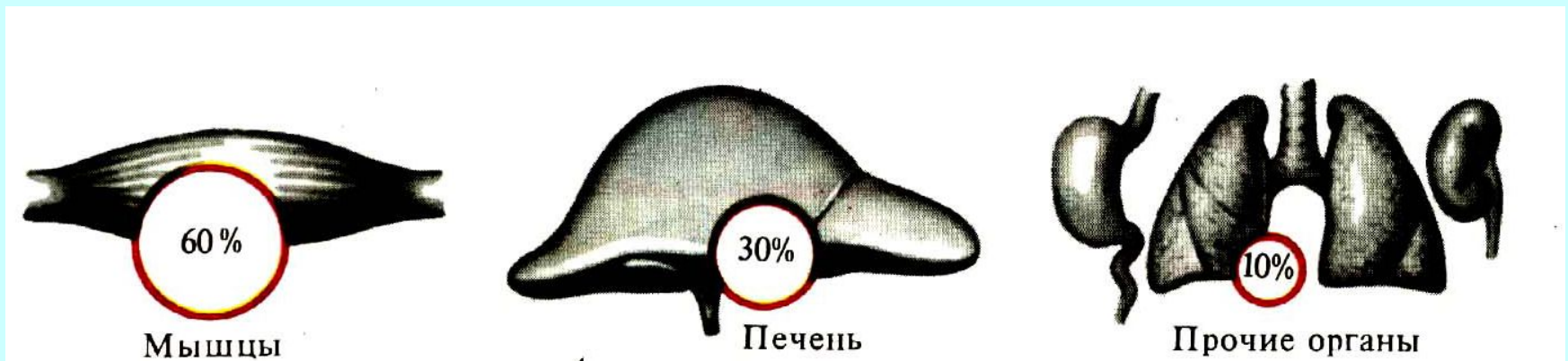
- Побочный продукт обменных реакций и физиологических процессов.
- Вся энергия, вырабатываемая в организме, в конечном счете переходит в теплоту.
- Это **обязательная теплопродукция**, уменьшить которую невозможно - это означало бы прекращение или замедление необходимых для организма процессов.
- Обязательной теплопродукции хватает для поддержания температуры обнаженного тела на уровне 37°C при температуре окружающей среды $23-25^{\circ}\text{C}$.

Превращение веществ и энергии в организме. Теплопродукция



Теплопродукция =

химическая терморегуляция —
образование тепла во внутренних
органах.



Сократительный
термогенез

Несократительный термогенез,
основной обмен

Теплопродукция = химическая терморегуляция

1. Несократительный термогенез – ОКИСЛЕНИЕ СУБСТРАТОВ БЕЗ ОБРАЗОВАНИЯ АТФ:

- основной обмен
- окисление жирных кислот в бурой жировой ткани
 - вся высвобождающаяся энергия сразу переходит в тепло (у новорожденных).
- Способ повышения теплопродукции у взрослого человека - сократительный термогенез.

Теплопродукция = химическая терморегуляция

2. Сократительный термогенез —

деятельность скелетных мышц

а) поддержание позы тела

- сидя + 45% от основного обмена
- стоя + 70% от основного обмена

б) движения

- ходьба + 300% от основного обмена
- физический труд — до + 800% от основного обмена

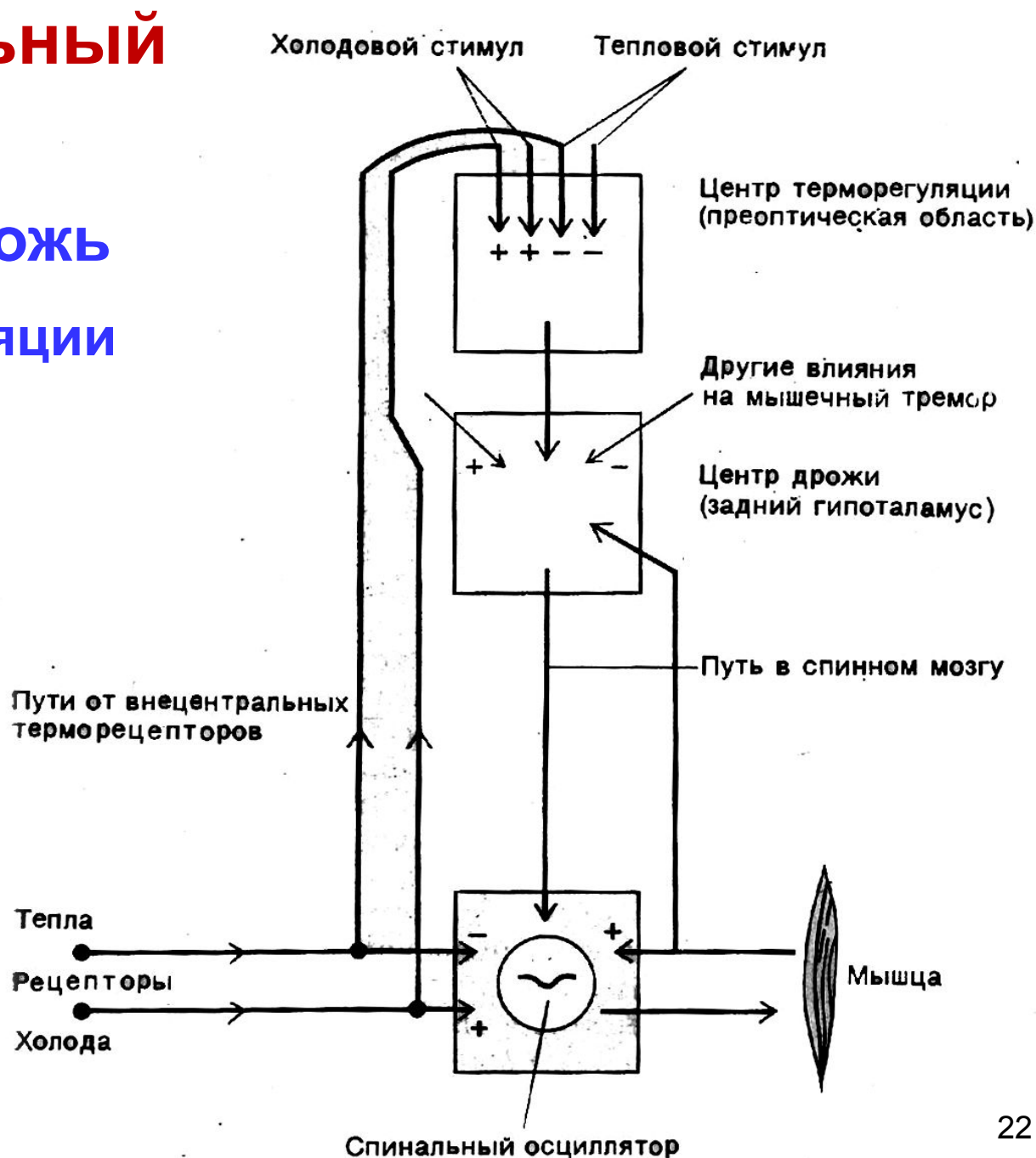
в) мышечная дрожь +500% от основного обмена.

Сократительный термогенез

Мышечная дрожь

Механизм регуляции

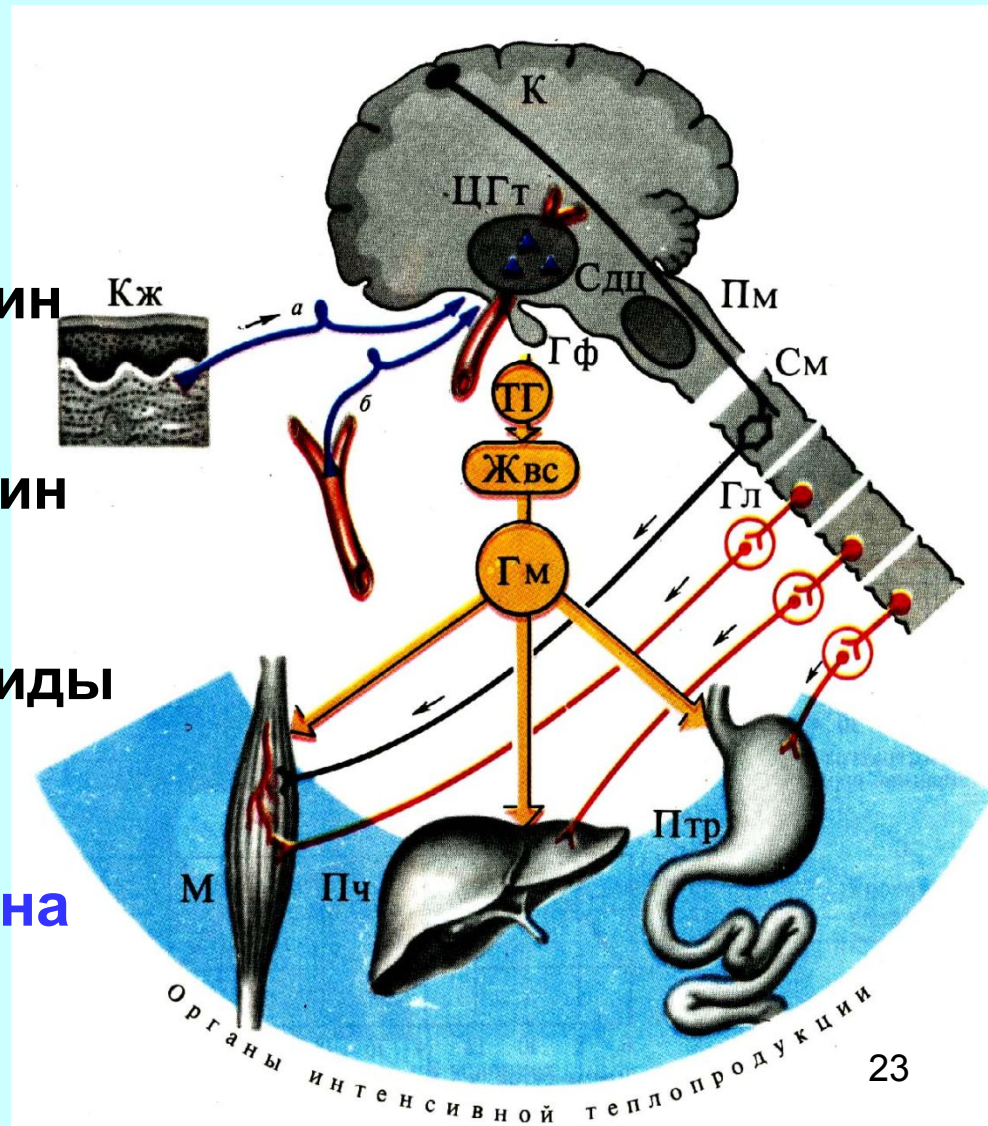
Снижение внешней температуры



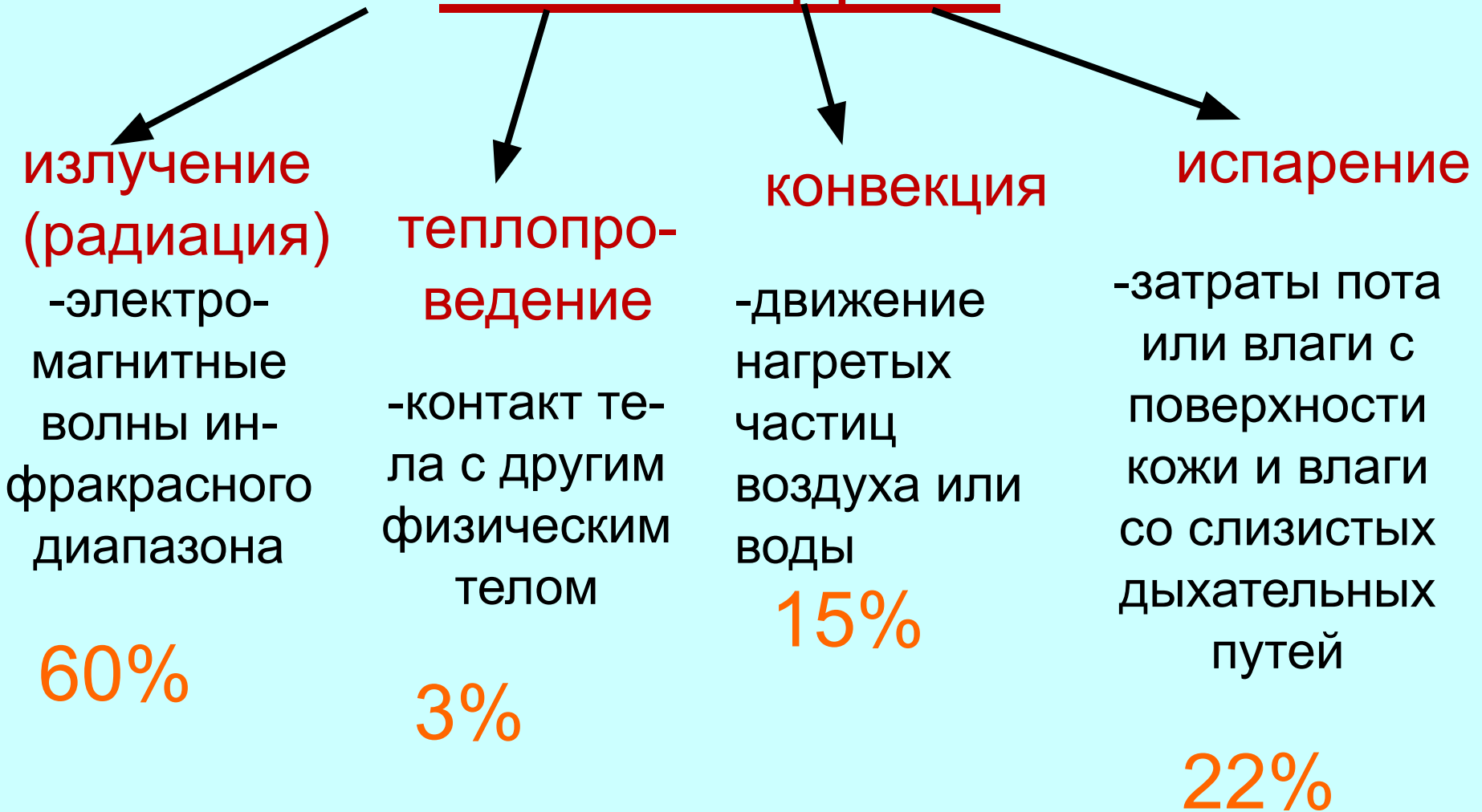
Воздействие низких температур:

- **Повышение тонуса САС**

- Гормональная регуляция



Теплоотдача



Органы, осуществляющие теплоотдачу:

Кожа – 80 %.

Внутренние органы – 20 %.

Условия, необходимые для теплоотдачи

- Теплопроводение
 - Теплоизлучение
 - Конвекция
- 
- Градиент температуры между кожей и внешней средой.
 - Движение воздуха.
-
- Испарение
- Градиент температуры между кожей и внешней средой.
 - Влажность менее 100 %.



При испарении жидкости с поверхности эта поверхность охлаждается

- Теплоотдача происходит в момент испарения пота;
- если пот выделяется, но не испаряется, то теплоотдачи не происходит.
- Теплоотдача путем испарения:
 - тем **выше**, чем **выше t°** окружающей среды.
 - тем **ниже**, чем **выше влажность** окружающей среды; при 100% влажности теплоотдачи путем испарения не происходит.
- Испарение участвует в адаптации **ТОЛЬКО К ВЫСОКОЙ t°** .

Теплоотдача:

потоотделение и испарение

Испарение 1 г пота – потеря 0,58 ккал.

При 20°C выделяется 36 г/час пота – 0,5–0,7 л/сут.

При физической нагрузке – от 500 до 2000 г/час – до 12 л/сут.

Пот – гипотонический солевой раствор, образующийся потовыми железами из плазмы крови.

Последствия интенсивного потоотделения:

- $\downarrow \text{ОЦК} \rightarrow \downarrow \text{АД} \rightarrow \downarrow \text{мозговой кровоток}$
- $\uparrow \text{вязкость крови} \rightarrow \downarrow \text{реологические свойства} \rightarrow \downarrow \text{капиллярный кровоток.}$

Излучение

- Обусловлено испусканием с поверхности кожи **инфракрасных лучей**.
- На его долю приходится около 60 % всей теплоотдачи (у обнаженного человека).
- **Кожа также поглощает инфракрасные лучи, испускаемые окружающими предметами.**
- Если **t°** окружающих предметов высока, то интенсивность поглощаемого кожей инфракрасного излучения может стать выше, чем испускаемого, и тогда теплоотдача превращается в прием тепла.
- Теплоотдача путем излучения **тем ниже, чем выше t° окружающей среды.**

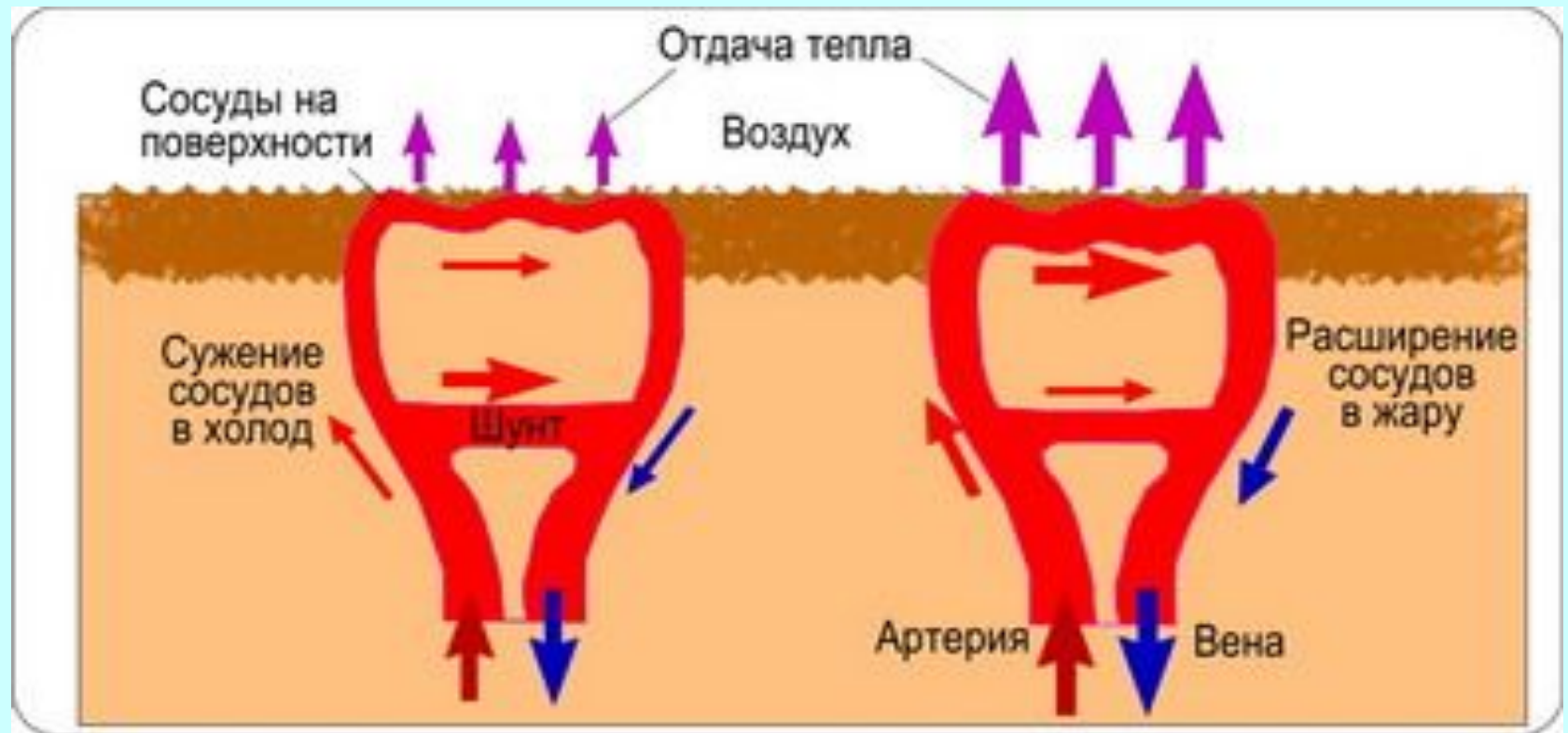


Проведение- ПЕРЕДАЧА ТЕПЛА ПРИ ПРЯМОМ КОНТАКТЕ



- тем **выше**, чем выше теплопроводность окружающей среды (в воде гораздо выше, чем в воздухе);
- тем **ниже**, чем выше t° окружающей среды; если эта t° становится выше t° тела, то теплоотдача превращается в прием тепла.
- **Большую** роль играет отдача тепла воздуху, которая усиливается благодаря **конвекции** — удалению нагретого воздушного слоя с поверхности кожи с движущимся воздухом.

Участие кровеносных сосудов в теплоотдаче



Терморегуляция при различных температурах окружающей среды



- Зона **комфорта**, или **термонеutralная зона**:
- 25-26°C для спокойно сидящего обнаженного человека;
- 18-22°C для легко одетого человека, выполняющего обычную бытовую работу.
- В этом диапазоне терморегуляция обеспечивается за счет сужения или расширения кожных сосудов, то есть **неиспарительной теплоотдачи**.



Терморегуляция:
Зона **высоких t°** – выше t° комфорта.

- В этом диапазоне главную роль играет теплоотдача путем **испарения**; чем выше t° , тем больше вклад испарения и меньше – неиспарительной теплоотдачи.
- Уменьшить теплопродукцию нельзя, так как для этого понадобилось бы прекратить или замедлить обменные процессы, нужные для жизнедеятельности;
- теплопродукция даже **возрастает!!!** в связи с повышенными энергозатратами на увеличение кожного кровотока и потоотделение.



Терморегуляция:

Зона низких t° — ниже t° комфорта.

- В этом диапазоне главную роль играет термогенез,
- у взрослого человека — сократительный (произвольные сокращения мышц или дрожь).
- Происходит также сужение сосудов, однако лишь до определенного предела, после которого начинает страдать питание кожи (что иногда происходит при обморожениях).

Эффе́кторные механизмы

для ↓ T

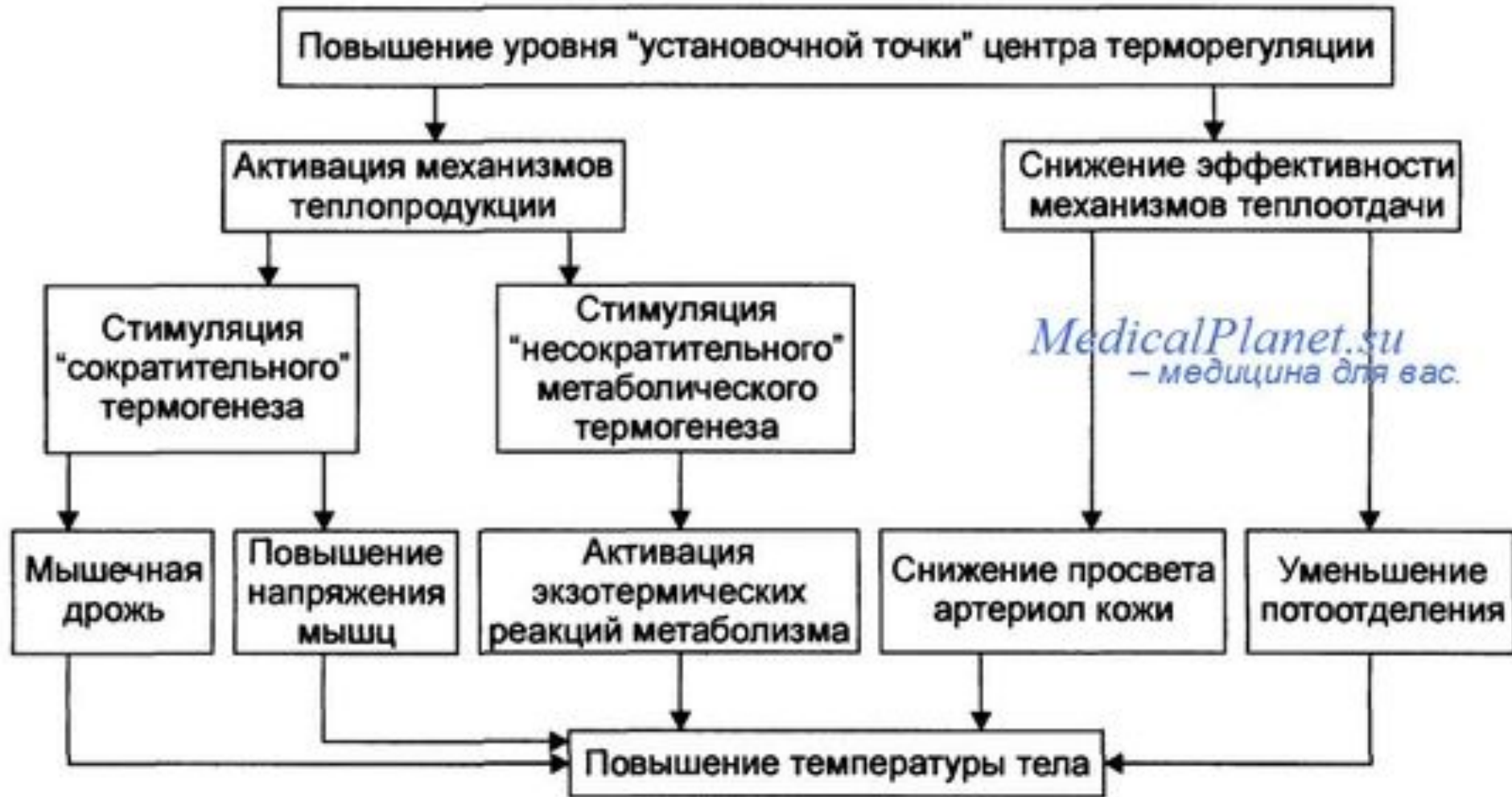
- вазодилатация
- потоотделение
- подавление
теплопродукции
(-поведение)

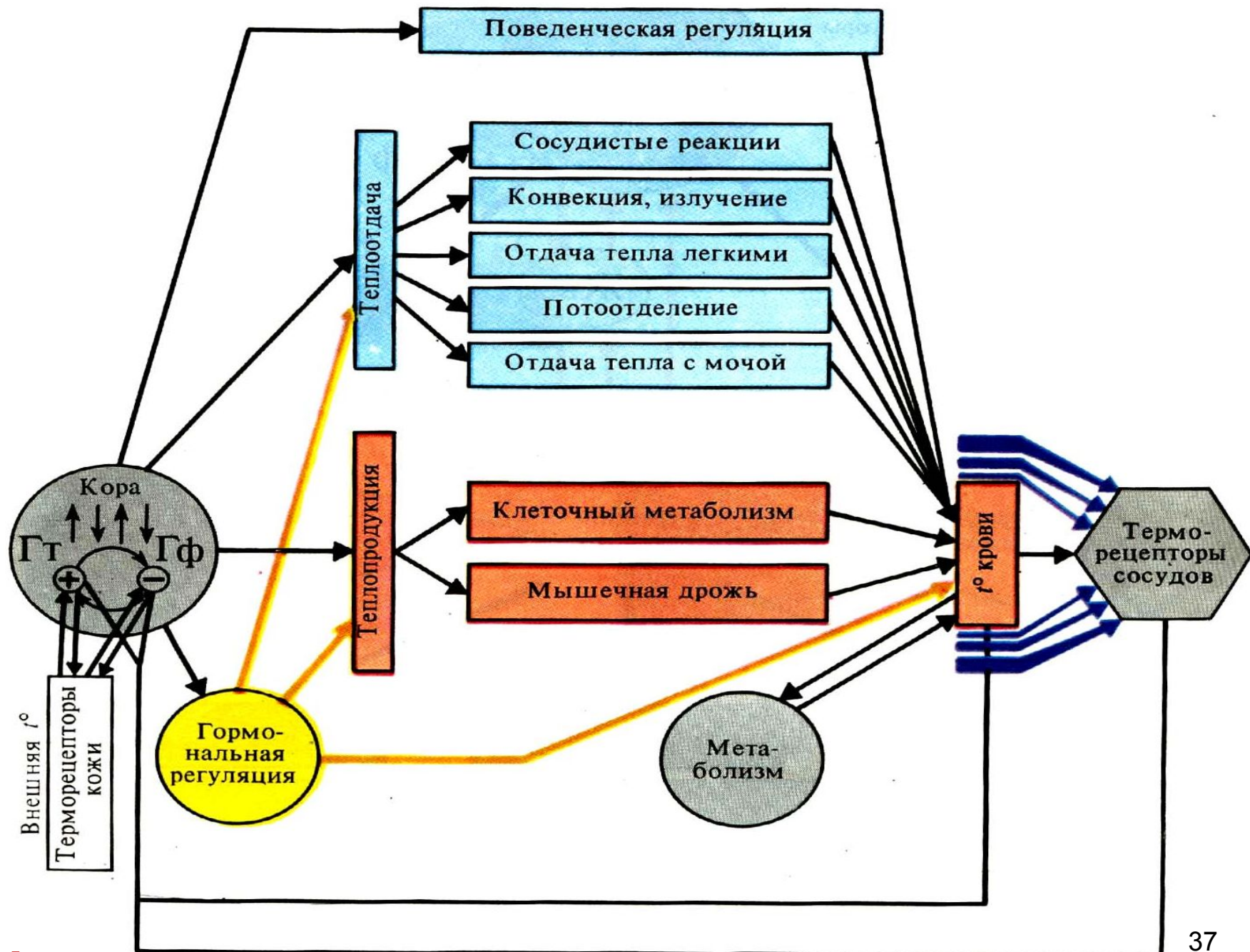
для ↑ T

- дрожательный
термогенез
- недрожательный
термогенез
- вазоконстрикция
(-поведение)



Повышение температуры тела человека





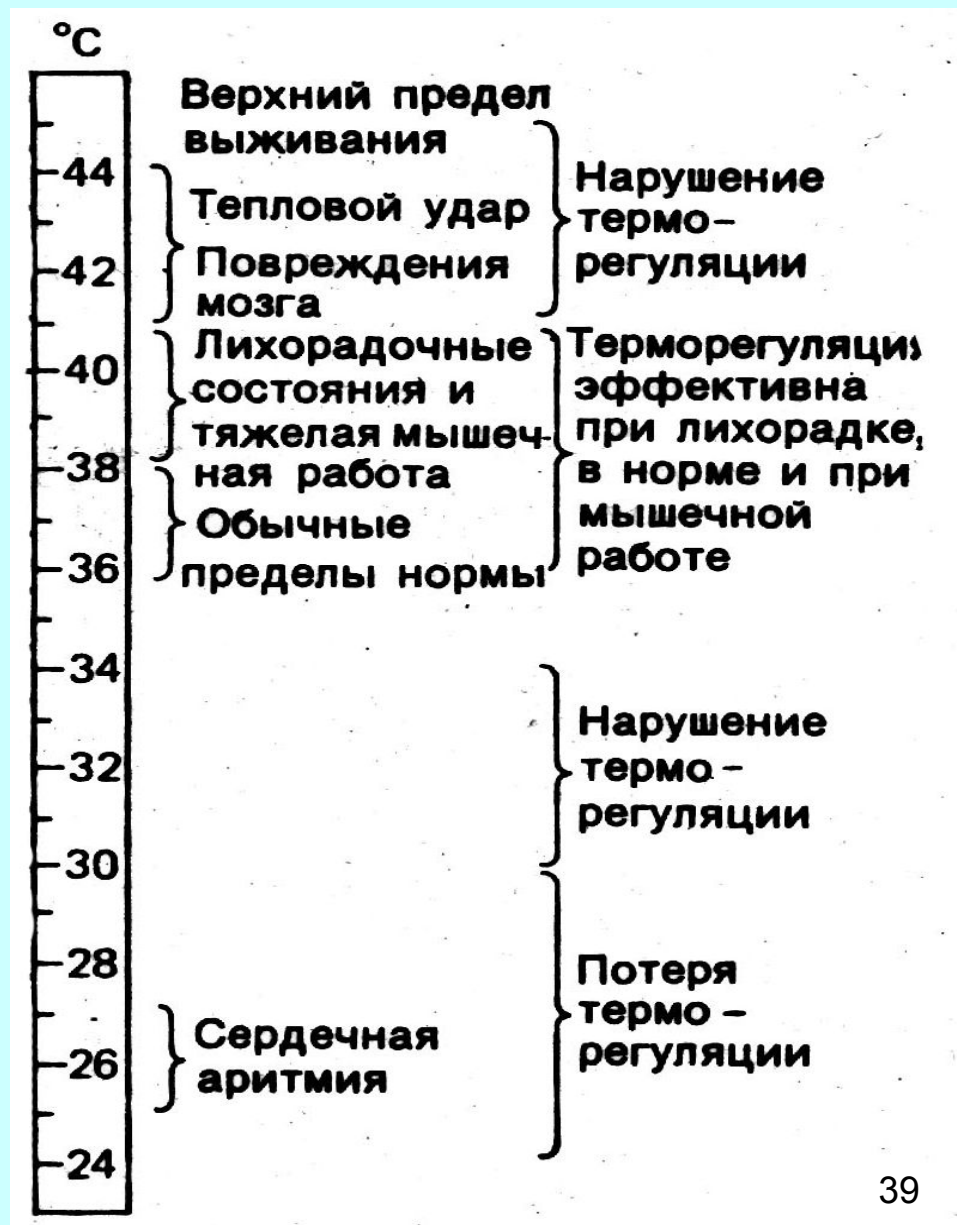
Функциональная система терморегуляции

Механизмы регуляции теплопродукции и теплоотдачи



Нарушения терморегуляции

- Лихорадка
- Гипертермия (тепловой удар)
- Гипотермия
- Медицинская управляемая гипо- и гипертермия



Развитие лихорадки

I этап

пирогены

нейроны «установочной точки»

«холодно!»

увеличение
телопродукции

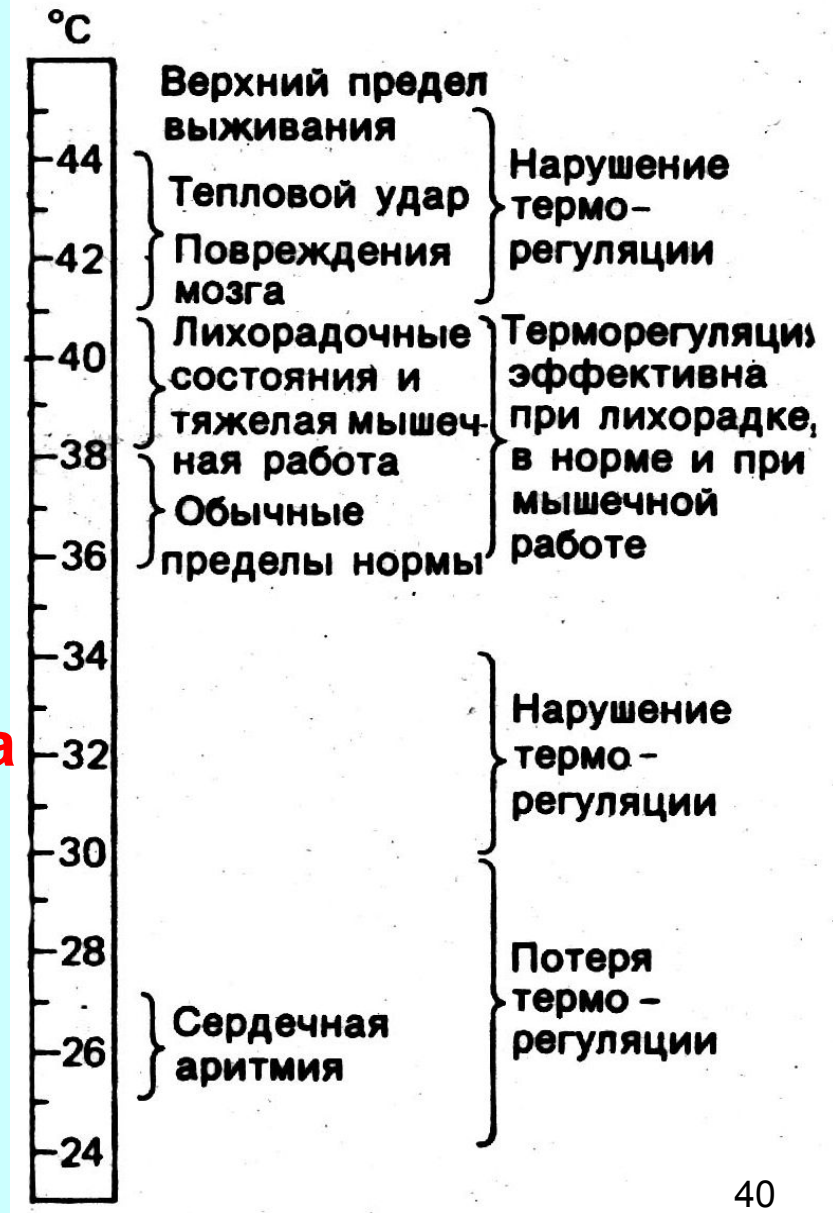
уменьшение
теплоотдачи

повышение температуры тела

II этап уменьшение пирогенов

повышение потоотделения

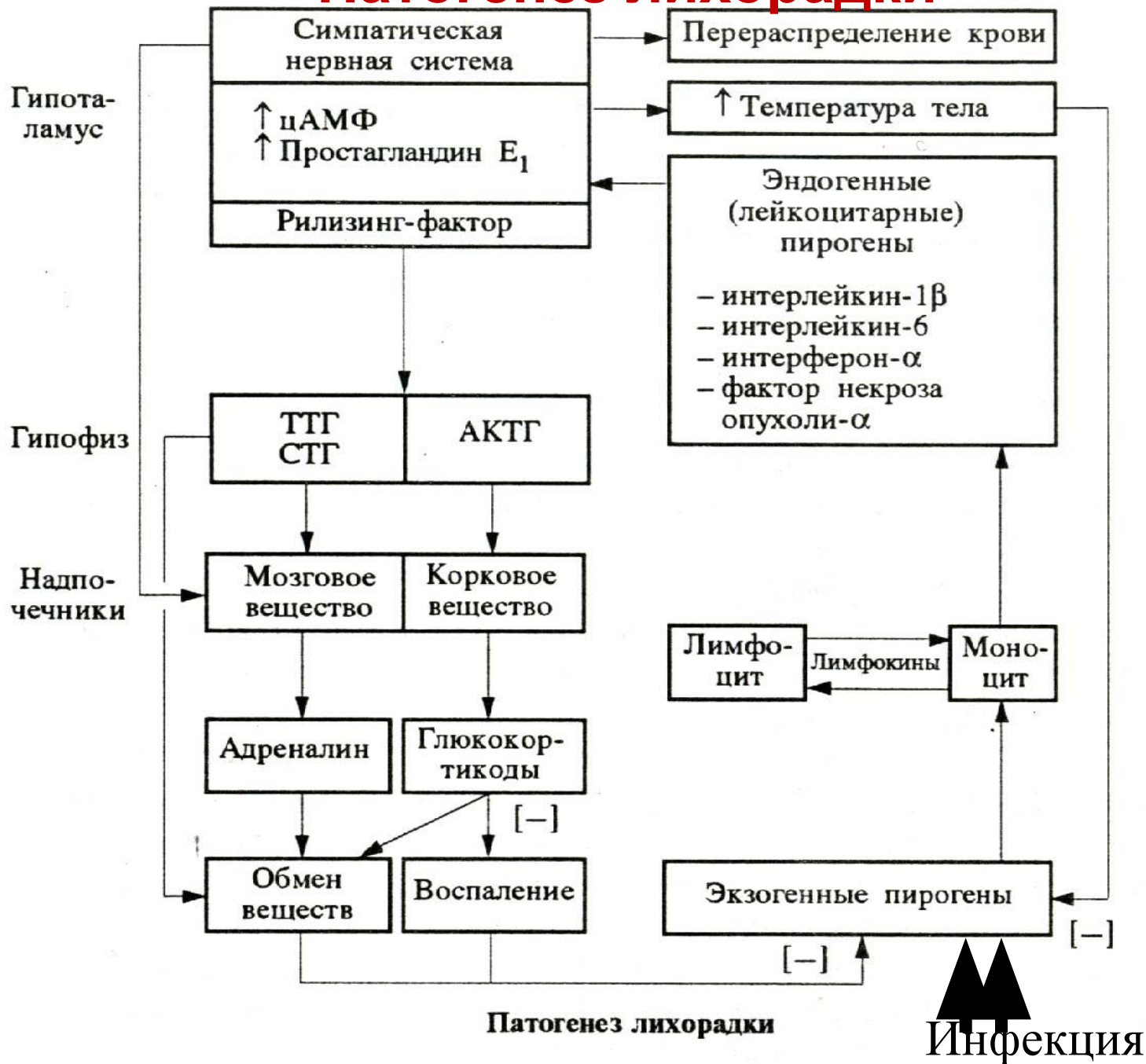
нормализация температуры тела



Лихорадка - повышение температуры «ядра», вызванное воздействием пирогенов на центр терморегуляции

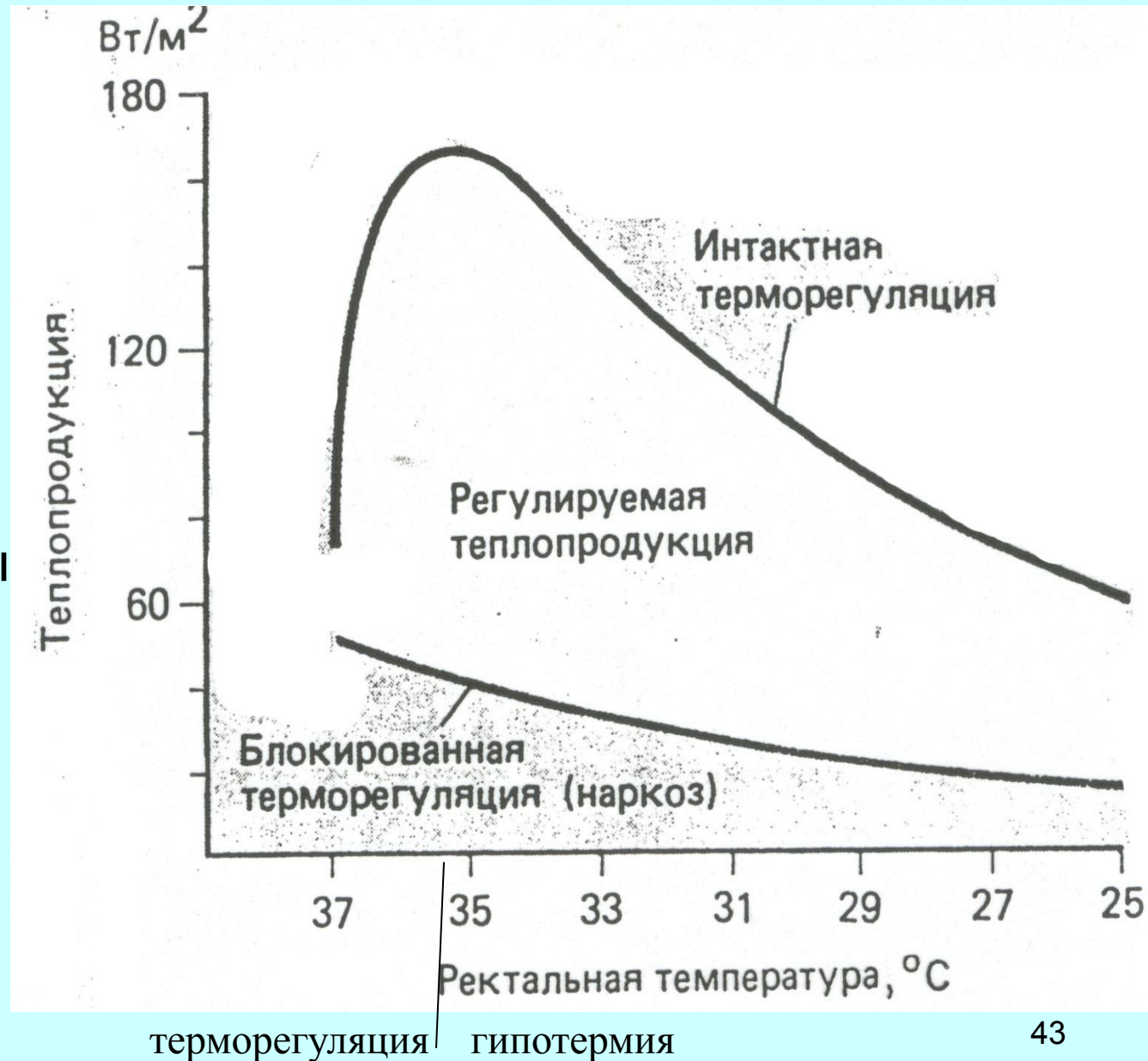


Патогенез лихорадки



Гипотермия – снижение t° «ядра» ниже 35°C

- Переохлаждение
- Управляемая медицинская гипотермия:
 - наркоз,
 - ганглиоблокаторы
 - миорелаксанты, ИВЛ



Климатические факторы Севера

д.м.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ
Гудков Андрей Борисович

Неспецифические

- Холод
- Высокая относительная и низкая абсолютная влажность воздуха
- Тяжелый аэродинамический режим

Специфические

- Изменение фотопериодизма
- Колебания атмосферного давления
- Факторы электромагнитной природы

Пульмонотропные факторы Севера

1. **Реальные факторы с выраженным пневмотропным эффектом**

- холодовое воздействие на верхние дыхательные пути, трахею и бронхи
- охлаждение поверхности лица
- комбинация низких t° и сильных ветров
- антропогенное загрязнение атмосферы

2. **Реальные факторы с неясным механизмом действия на дыхательную систему:**

- изменчивость метеофакторов
- экзогенная флюктуирующая гипоксия Севера
- геомагнитные возмущения

3. **Гипотетические факторы**

- униполярная положительная аэроионизация
- снижение окислительного потенциала атмосферного кислорода

Активация механизмов терморегуляции

- При длительном (несколько недель) пребывании в холодном климате включаются эндокринные механизмы:
- активируется гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная система,
- выбрасываются тиреоидные гормоны, что приводит к:
- ↑ метаболизма,
- ↑ основного обмена,
- как следствие, ↑ теплопродукции.

Активация механизмов терморегуляции

- Первыми включаются **поведенческие механизмы**: выбор одежды, поиск теплого или, напротив, прохладного помещения и пр.
- Эти механизмы носят *опережающий характер*:



в отличие от других, они направлены на то, чтобы предупредить отклонения t° тела, а не скорректировать уже возникшие отклонения.

Активация механизмов терморегуляции

- Если t° тела все же отклонилась, то включаются нервные механизмы:
- при колебаниях t° в пределах **зоны комфорта** – изменение тонуса сосудодвигательных симпатических нервов и $\rightarrow$ сужение или расширение сосудов;
- при более **низких $t^{\circ}t^{\circ}$** – активация центра дрожи; у новорожденных – активация кожных симпатических нервов и выброс адреналина $\rightarrow$ распад бурого жира;
- при более **высоких $t^{\circ}t^{\circ}$** – активация холинергических симпатических нервов $\rightarrow$ повышение потоотделения.

Ускорению и облегчению акклиматизации способствуют:

- рациональное устройство жилища
- достаточное искусственное освещение
- искусственное УФ-облучение
- рациональное питание (количественная и качественная сторона, вит.С)
- повышение сопротивляемости организма
- рациональная одежда

*СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ*

