

К.М. Лебединский, зав. кафедрой АиР СПб МАПО

**Анестезия**

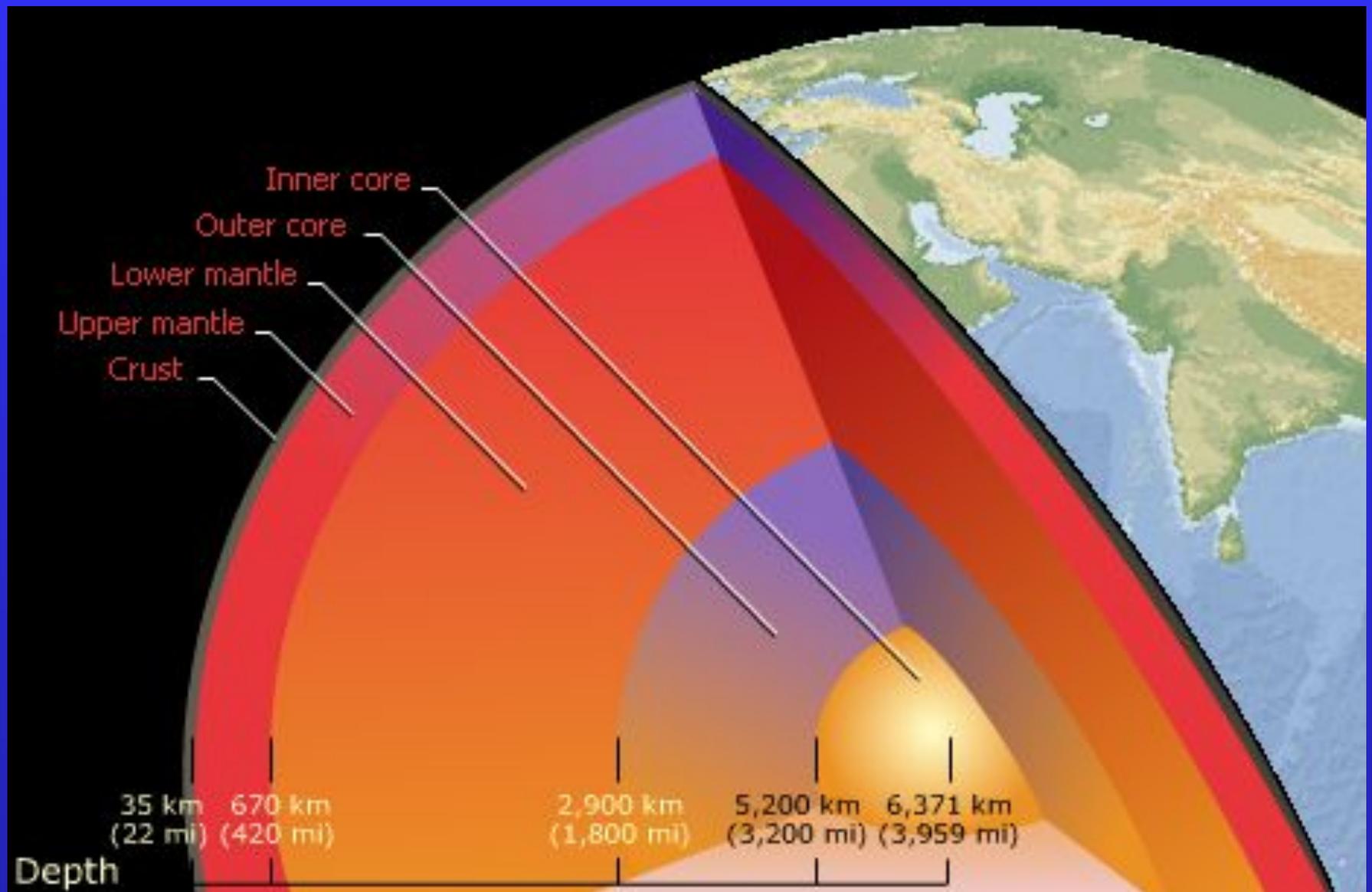
**и**

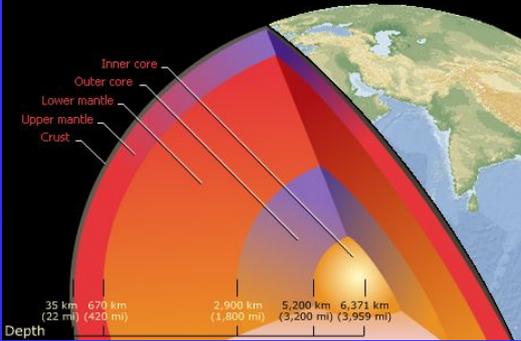
**терморегуляция**

# Физиология терморегуляции

- Гомойотермные организмы:  $\approx 37 \pm 2$  °C
- Высокая интенсивность выработки энергии
- Цель - поддержание  $t^{\circ}$ -оптимума ферментов
- Две угрозы, две зоны, два контура управления...

# Ядро и оболочка





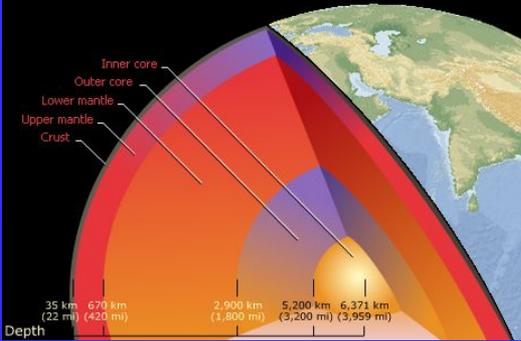
# Ядро и оболочка

## Ядро:

- Угроза – перегревание
- Преобладают тепловые термосенсоры
- Более медленный ответ
- Управление вегетативной терморегуляцией

## Оболочка:

- Угроза – переохлаждение
- Преобладают холодные терморцепторы
- Быстрый ответ
- Управление поведенческой терморегуляцией через ощущения тепла и холода



# Ядро и оболочка

Терморегуляторный афферентный поток:

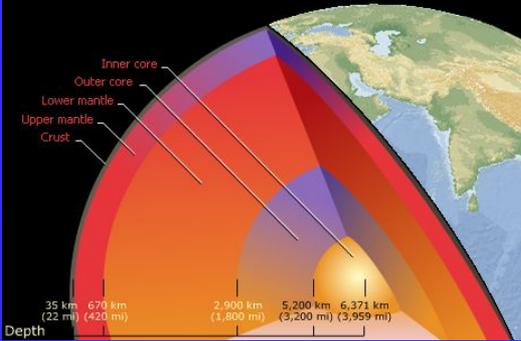
Термосенсоры (ТС) гипоталамуса 20%

ТС других частей головного мозга 20%

Спинальные ТС 20%

Терморцепторы глубоких тканей тела 20%

Терморцепторы кожи 20%

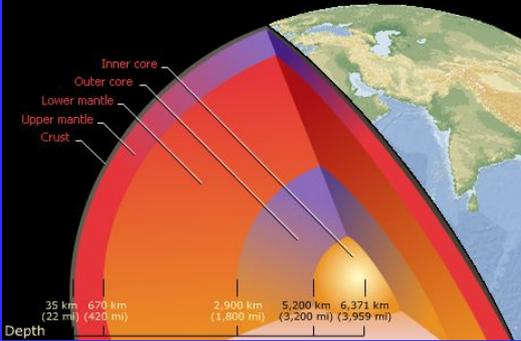


# Ядро и оболочка

Терморегуляторный ответ организма как целого определяет «средневзвешенная температура тела», отражающая динамичное соотношение масс ядра и оболочки:

**Равновесие:**  $T_C = 0,7 T_B + 0,3 T_K$

**Охлаждение:**  $T_C = 0,53 T_B + 0,47 T_K$



# Ядро и оболочка

Центр теплоотдачи:

- Передний гипоталамус
- Сигнал центральных термосенсоров
- Активирует внешний теплообмен

Центр теплопродукции:

- Задний гипоталамус
- Сигнал периферических терморцепторов
- Активирует теплопродукцию
- Тормозит внешний теплообмен

**Взаимный антагонизм**

# Медиаторы терморегуляции

- Норадреналин
- Дофамин
- Серотонин
- Ацетилхолин
- Простагландин  $E_1$
- Нейропептиды

# Поведенческие реакции

- У *Homo sapiens* – главный способ регуляции
- Формируются периферическими рецепторами
- Одежда
- Положение тела
- Физическая активность
- Регулирование внешней температуры

# Вегетативная терморегуляция

- Set point  $\approx 37,3$  °C
- Влияют многочисленные факторы
- У женщин выше на  $0,3...0,5$  °C
- Зависит от фазы цикла
- Механизмы запускаются по пороговому принципу
- Диапазон  $>\pm 0,2$  °C по отношению к set point
- Порог и постоянная времени  $\tau$

# Потоотделение

- Единственный способ охладиться в более теплой среде, чем ядро тела
- Самый низкий порог:  $\approx \text{set point} + 0,2^{\circ}\text{C}$
- Секреция пота - активный процесс
- Постганглионарные холинергические волокна
- Теплоемкость  $0,58 \text{ ккал/г}$
- Высокая эффективность: до 1 л/ч

# Активная вазодилатация

- Порог тот же, что у потоотделения
- Запускается неизвестным медиатором, выделяемым потовыми железами
- Развивается медленнее, чем секреция пота
- Блокируется только *вместе* с потоотделением
- Кровоток через поверхностные слои кожи может достигать *7,5 л/мин*

# Вазоконстрикция

- Главный механизм снижения теплоотдачи
- Блокирует конвекцию и радиацию
- $\alpha$ -адренергическая регуляция: да/нет
- Терморегуляторные шунты:  $\varnothing \approx 100$  мкм
- Капилляры:  $\varnothing \approx 10$  мкм
- R шунта меньше  $\approx$  в 10.000 раз
- Но: лишь 10% выброса!
- Не ограничивает трофику кожи
- Не влияет на системную гемодинамику

# Сократительный термогенез

- Холодовая дрожь (*shivering*)
- Менее эффективен, чем физическая работа
- Периферический компонент: до 250 Гц
- Центральный компонент: 4...8 мин<sup>-1</sup>
- Скелетные мышцы и бурый жир
- Опосредуется норадреналином
- $\beta_1$  и  $\beta_3$ -адренорецепторы

# Несократительный термогенез

- Рост интенсивности катаболизма
- Свободное окисление (без фосфорилирования)
- У детей намного более эффективен
- Скелетные мышцы и бурый жир
- Опосредуется норадреналином
- $\beta_1$  и  $\beta_3$ -адренорецепторы

# Риски, связанные с анестезией

- Переохлаждение  $> 99\%$
- Перегревание  $< 1\%$

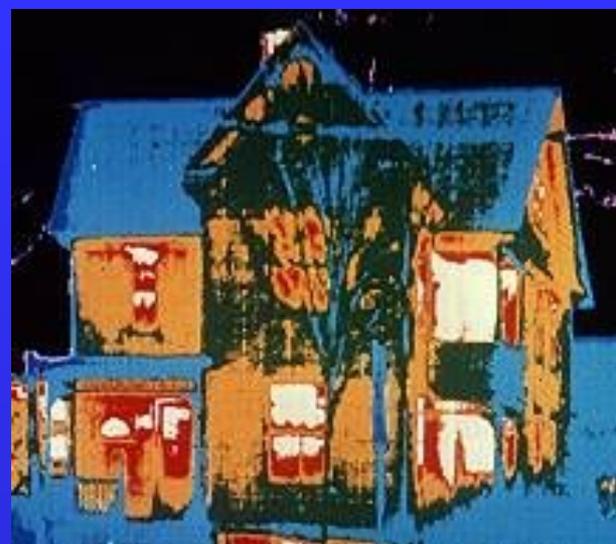
**Перегревание:**

**Злокачественная гипертермия!!!**



# Факторы риска переохлаждения

- Подавление центральных механизмов
- Выключение поведенческих реакций
- Выключение мышечного тонуса
- Выключение вазоконстрикции
- Раскрытие полостей тела
- Инфузия холодных растворов
- Вдыхание холодных газов
- Температура комфорта в операционной
- Длительность операции



# Операционная гипотермия



## Преимущества:

- Защита от ишемии и гипоксии
- Порог: 2...3 °C, снижение  $Q \geq -8\%$
- Снижение риска ЗГ
- Снижение расхода препаратов

## Риски:

- Расход энергии на согревание
- Нарушения ритма сердца
- Расстройства коагуляции
- Замедление восстановления

# Профилактика переохлаждения

- Регионарная анестезия лучше, чем общая
- Без релаксантов лучше, чем с ними
- Эндовидеооперация лучше, чем «открытая»
- Закрывать поверхности тканей салфетками
- Не раскрывать периферию без надобности!
- Операционная: лучше жарко, чем холодно
- Подогрев всех переливаемых сред
- Подогрев и увлажнение газов
- Нагреваемые матрасы и одеяла
- Мониторинг температуры тела

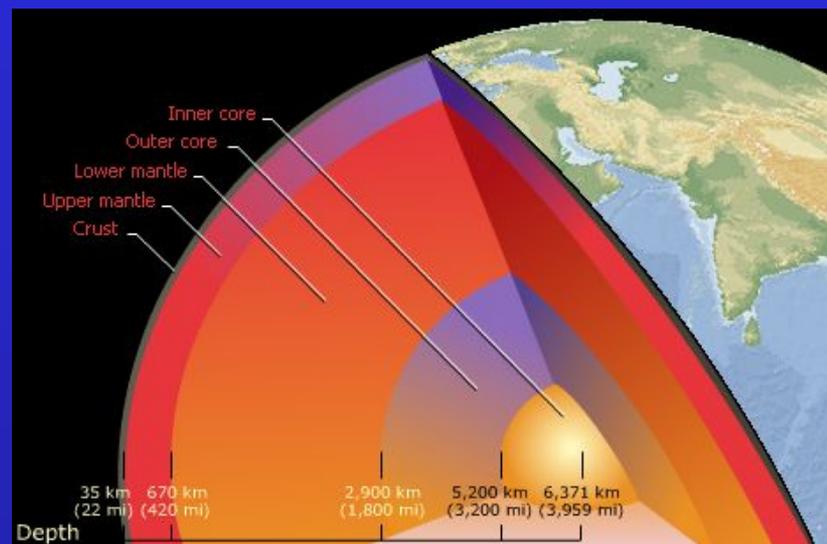
# Мониторинг температуры

Ядро:

- Прямая кишка
- Барабанная перепонка
- Мочевой пузырь
- Носоглотка
- Нижний отдел пищевода

Оболочка:

- Тыльная поверхность первого пальца стопы



# Вопросы ?...

