

К.В. Судаков, В.В. Андрианов, Ю.Е. Вагин, И.И. Киселев

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

АТЛАС ДИНАМИЧЕСКИХ СХЕМ

Под редакцией академика РАМН К.В. Судакова

2-е издание, исправленное и дополненное

Министерство образования и науки РФ

Рекомендовано ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» в качестве учебно-наглядного пособия для студентов высшего профессионального образования, обучающихся по направлениям подготовки «Лечебное дело», «Педиатрия», «Медико-профилактическое дело» по основным разделам дисциплины «Нормальная физиология»



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2018

СОДЕРЖАНИЕ

Авторы	3
Предисловие	5

РАЗДЕЛ I. ОСНОВЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Покой, раздражение, возбуждение	6
Процессы возбуждения	8
Возбудимость	10
Проведение возбуждения	12
Законы проведения возбуждения в нервах	14
Классификация нервных волокон	16
Функциональные свойства синапсов	18
Торможение возбуждения	20
Общие свойства мышц	22
Слитные и тетанические сокращения	24
Сокращение — уменьшение длины саркомеров	26
Молекулярный механизм мышечного сокращения	28
Закон средних нагрузок	30
Обмен веществ на уровне клетки	32
Пластический обмен	34
Обмен углеводов	36
Липидный обмен	38
Обмен аминокислот и их функции	40
Метаболические и энергетические процессы в клетке	42
Способы оценки энергетических затрат организма	44
Баланс энергии	46
Общая характеристика энергетических затрат организма	48
Возрастная динамика показателей питания человека в условиях нормы и ожирения	50
Уровни энергозатрат организма в разных условиях	52
Общие принципы построения целого организма	54
Функциональные системы	56
Системогенез	62
Системоквант жизнедеятельности	64
Системная организация функций	66
Врожденные рефлексy	68

РАЗДЕЛ II. НЕРВНАЯ СИСТЕМА. ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Функции нейрона	70
Принципы распространения возбуждений в ЦНС	72
Торможение в ЦНС	78
Виды торможения в ЦНС	80
Функции спинного мозга	84
Функции ретикулярной формации	86

Свойства нервных центров	88
Функции вегетативной нервной системы	92
Функции вегетативных ганглиев	96
Вегетативные показатели	98

РАЗДЕЛ III. ЖИДКИЕ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА. ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИИ КРОВИ

Водный баланс организма	102
Постоянство объема крови	104
Осморецепция	106
Постоянство осмотического давления	108
Регуляция осмотического давления	110
Вазопрессин — регулятор количества воды в организме	112
Гормональная регуляция солей в организме	114
Обмен воды между кровью и тканями	116
Перераспределение объема внеклеточной и внутриклеточной воды	118
Особенности гуморальной регуляции	120
Функции рилизинг-гормонов гипоталамуса и тропных гормонов гипофиза	122
Действие эффекторных гормонов	124
Механизмы действия гормонов	126
Постоянство уровня глюкозы в крови	128
Регуляция уровня глюкозы в крови при напряжении организма	130
Регуляция уровня кальция в крови	132
Постоянство количества клеток крови	134
Синтез и распад гемоглобина	136
Регуляция кислотно-щелочного баланса в организме	138
Функция буферных систем крови	140
Взаимодействие свертывающей и противосвертывающей систем крови	142
Гемостаз и свертывание крови	144
Функции противосвертывающей и фибринолитической систем крови	146
Значение групп крови при ее переливании	148
Резус-несовместимость матери и плода	150

РАЗДЕЛ IV. ФУНКЦИИ СЕРДЦА И КРОВООБРАЩЕНИЕ

Автоматизм сердца	152
Автоматизм различных отделов сердца	154
Проведение возбуждения в сердце	156
Возбуждение желудочков сердца	158
Отражение проведения возбуждения в сердце на электрокардиограмме	160
Взаимосвязь между мембранными потенциалами, ЭКГ и тонами сердца	162
Процессы сердечного цикла	164

Открытие и закрытие клапанов сердца. Фонокардиограмма...	166
Взаимосвязь давления и объема крови в сердце	168
Особенности функций миокарда.....	170
Метасимпатическая регуляция сердечной деятельности	172
Вегетативная регуляция сердечной деятельности	174
Особенности нервно-гуморальной регуляции функций сердца	176
Рефлекторная регуляция сердечной деятельности	178
Кровообращение	180
Легочное кровообращение	182
Коронарное и мозговое кровообращение	184
Гемодинамические показатели	186
Функции барорецепторов	190
Расчет среднего кровяного давления.....	192
Регуляция тонуса сосудов.....	194
Законы нормы в регуляции кровообращения	196

РАЗДЕЛ V. ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

Нервная регуляция внешнего дыхания	198
Взаимодействие межплеврального и внутрилегочного давления в разных фазах дыхательного цикла	200
Обмен газов в легочных капиллярах.....	202
Характеристика показателей парциального давления газов в разных фазах дыхательного цикла и разных участках сосудистого русла	204
Обмен газов в тканевых капиллярах.....	206
Участие эритроцитов в газообменных процессах в тканевых и легочных капиллярах.....	208
Диссоциация оксигемоглобина (HbO_2) в крови.....	210
Характеристика неравномерности распределения легочного кровотока при вертикальном положении тела человека	212
Характеристика саморегуляторных процессов в механизмах внешнего дыхания	214
Биомеханика дыхания в фазах дыхательного цикла	216

РАЗДЕЛ VI. ПИЩЕВАРЕНИЕ

Функциональная система питания.....	218
Нервная регуляция слюноотделения.....	220
Переваривание белков в ЖКТ	222
Механизм образования соляной кислоты в желудке	224
Нервная регуляция желудочной секреции	226
Основные этапы деполимеризации (расщепления) пищевого белка в ЖКТ.....	228
Фазы желудочной секреции.....	230
Механизм перехода пищи из желудка в двенадцатиперстную кишку	232

Двигательная функция тонкой кишки	234
Механизмы сенсорного насыщения	236
Всасывание глюкозы в тонкой кишке	238
Гидролиз и всасывание жиров в тонком кишечнике	240
Функциональная система опорожнения толстого кишечника (акт дефекации).....	242
Взаимодействие афферентного и эфферентного нейронального звена в механизмах регуляции акта дефекации	244
Нервная регуляция желчевыделения (холекинеза).....	246
Центральные механизмы голода и насыщения.....	248

РАЗДЕЛ VII. ВЫДЕЛЕНИЕ

Образование первичной мочи.....	250
Образование вторичной (конечной) мочи	252
Невыделительные функции почек.....	254
Рефлекторные механизмы мочеиспускания	256

РАЗДЕЛ VIII. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

Механизмы саморегуляторных процессов в условиях гипертермии.....	258
Механизмы саморегуляторных процессов в организме человека в условиях гипотермии.....	260
Температурная схема тела	262
Изменения кожного кровотока в механизмах теплоотдачи в условиях влияния разных температур	264
Сосудистые и пилomotorные реакции кожных покровов в условиях тепловых и холодовых воздействий	266
Роль потоотделения в гомеостатических функциях организма.....	268
Синхронизация биоритмов в механизмах регуляции температуры тела	270
Многоуровневая иерархическая нервная регуляция потоотделения	272

РАЗДЕЛ IX. АНАЛИЗАТОРЫ. БОЛЬ

Функции анализаторов	274
Функции рецепторов.....	276
Зрительный анализатор.....	278
Свойства рецепторов	280
Движение глаз.....	284
Бинокулярное зрение	286
Проводниковый отдел анализаторов.....	288
Центральный отдел анализаторов.....	290
Слуховой анализатор	292
Восприятие речи	294

Вестибулярный анализатор	296
Соматосенсорный анализатор	298
Вкусовой анализатор	300
Обонятельный анализатор	302
Болевая рецепция	304
РАЗДЕЛ X. ДВИЖЕНИЕ. ПОВЕДЕНИЕ	
Эфферентный синтез	306
Участие спинного мозга в поддержании мышечного тонуса	308
Участие структур ЦНС в формировании позы	312
Вегетативная система и движения	320
Участие структур ЦНС в выполнении произвольного движения	322
Квантование поведенческих актов	330
Асимметрия коры мозга	332
Системная организация поведения	334
Системогенез поведения	342
Высшая нервная деятельность	344
Условно-рефлекторное торможение	346
Условные рефлексы	348
РАЗДЕЛ XI. ЦЕНТРАЛЬНАЯ АРХИТЕКТОНИКА ПОВЕДЕНЧЕСКИХ АКТОВ	
Системная архитектоника поведенческих актов	350
Динамические стереотипы	352
Рефлекс и системная организация поведения	354
Мотивация	356
Память	368
Эмоции	372
Психическая деятельность	378
Трудовая деятельность	382
РАЗДЕЛ XII. СОН	
Виды сна	388
Теории сна	394
Механизмы сна	396
РАЗДЕЛ XIII. ПОЛОВЫЕ ФУНКЦИИ	
Организация половых функций	398
Механизмы половых функций	400
Половые гормоны	402
Менструальный цикл	406
Предметный указатель	408

РАЗДЕЛ VIII

ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

Механизмы саморегуляторных процессов в условиях гипертермии

Устойчивая постоянная температура тела человека и высших животных является одной из жизненно важных пластических констант организма, допускающей незначительные отклонения от оптимального уровня на непродолжительное время. В норме оральная (подъязычная) температура составляет 36,4–37,2 °С, аксиллярная — 36,6–37,2 °С, ректальная — 36,8–37,6 °С. Средней нормальной температурой тела принято считать температуру крови в правом желудочке сердца, где она равна примерно 37 °С. Повышение температуры тела (гипертермия) до значительных величин (до 40–42 °С) представляет серьезную опасность для организма. Длительная гипертермия при температуре тела до 40–41 °С приводит к развитию делирия, при температуре более 42 °С наступает потеря сознания, так как при этом резко нарушаются метаболические процессы.

Функциональная система саморегуляции позволяет защитить организм от опасностей перегревания. При повышении температуры тела выше нормальной величины (37 °С) происходит возбуждение терморецепторов сосудов и тканей, кожных терморецепторов, от которых сигнализация передается по афферентным нервам в центр теплоотдачи, расположенный в переднем гипоталамусе (рис. 8.1, А). Параллельно сигнализация о повышении температуры крови передается в центр теплоотдачи непосредственно самой кровью, омывающей структуры гипоталамуса (гуморальный канал передачи информации). В результате афферентной стимуляции центр теплоотдачи возбуждается.

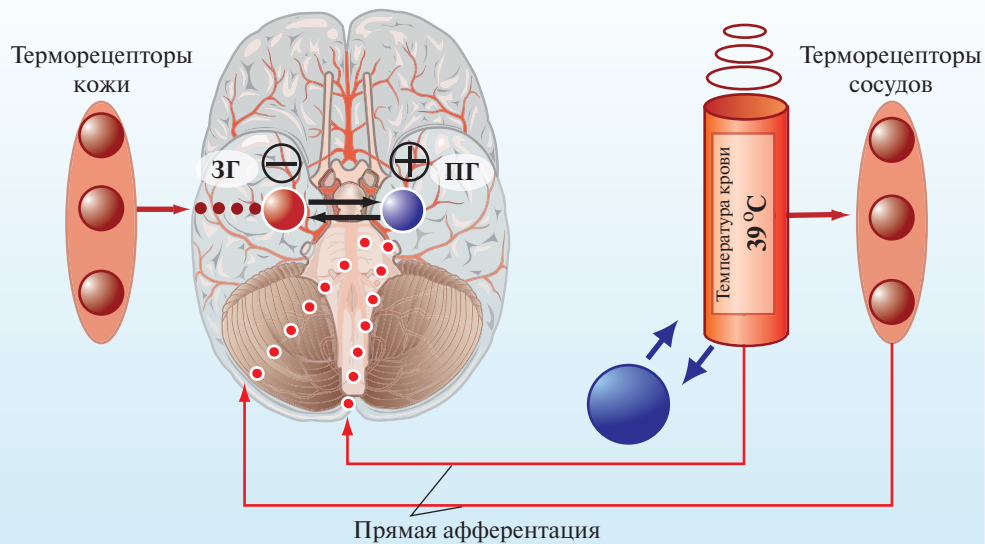
Возбуждение центра теплоотдачи и связанных с ним структур ЦНС формирует набор множества эфферентных исполнительных механизмов, направленных на усиление процессов теплоотдачи, с помощью которых температура крови возвращается к нормативным показателям при одновременном торможении процессов теплопродукции (рис. 8.1, Б).

Среди исполнительных механизмов выделяют внешнее поведенческое звено (сознательное использование соответствующей одежды, регулирование температуры помещений в местах пребывания и т.п.). Среди внутренних звеньев регуляции выделяют конвекцию, излучение, теплопроводение, испарение пота при потоотделении. Обратная афферентация сигнализирует о возвращении температуры к норме и приостанавливает усиление процессов теплоотдачи.

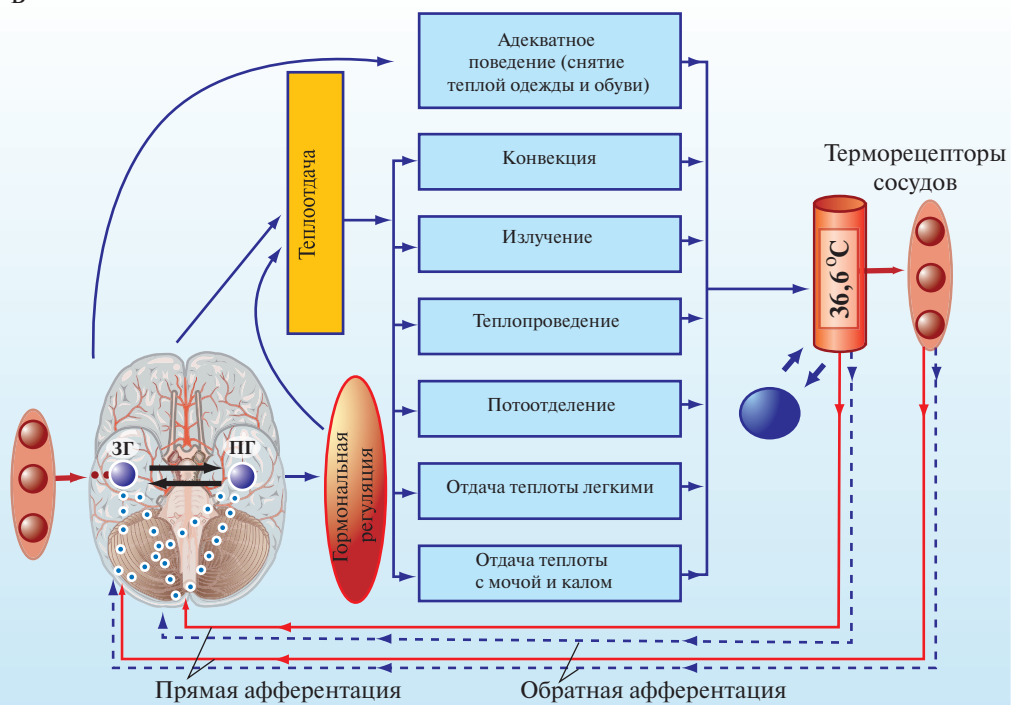
Рис. 8.1. Динамика саморегуляторных процессов в организме в условиях гипертермии:

А — нервная и гуморальная сигнализация в центр теплоотдачи переднего гипоталамуса о повышении температуры крови; Б — включение эфферентных исполнительных механизмов, усиливающих процессы теплоотдачи [ПГ — передний гипоталамус; ЗГ — задний гипоталамус; (+) — возбуждение; (–) — торможение]

А



Б



Механизмы саморегуляторных процессов в организме человека в условиях гипотермии

Функциональная система саморегуляции оптимального уровня температуры тела человека стоит на страже как в условиях повышения температуры тела (гипертермия), так и в ситуации понижения температуры тела (гипотермия). При понижении температуры крови ниже нормы (37°C) сигнализация от холодовых терморецепторов сосудов, тканей, кожных терморецепторов по чувствительным нервам и непосредственно прямым гуморальным путем (температура самой крови) поступает к термочувствительным нейронам гипоталамуса и далее к центру теплопродукции, расположенному в заднем гипоталамусе (рис. 8.2, А).

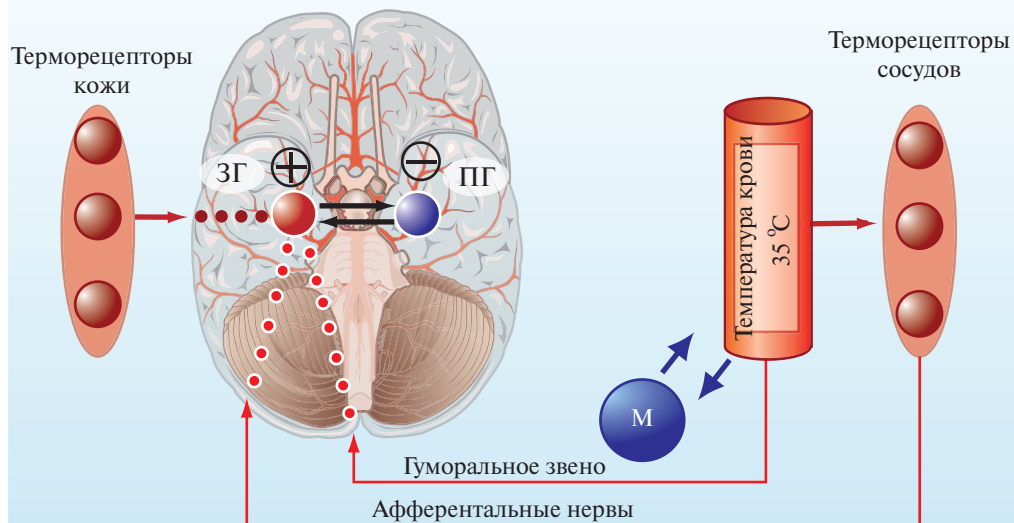
Возбуждение нейронов заднего гипоталамуса (центра теплопродукции) вызывает торможение нейронов переднего гипоталамуса (центра теплоотдачи). Возбуждение центра теплопродукции формирует адекватные поведенческие реакции (использование теплой одежды и т.п.) и включение множества гомеостатических исполнительных механизмов, направленных на усиление процессов теплопродукции и уменьшение процессов теплоотдачи. В результате взаимодействия указанных механизмов отклоненная температурная константа возвращается к норме (рис. 8.2, Б). Важную роль в механизмах теплопродукции играет активность скелетной мускулатуры (сократительный термогенез): произвольные и непроизвольные мышечные сокращения, увеличение мышечного терморегуляционного тонуса, холодовая мышечная дрожь, усиление липолиза бурого и небурого жира и клеточного метаболизма в целом (несократительный термогенез).

Значительную роль в механизмах гуморальной регуляции теплопродукции играют гормоны: норадреналин, адреналин, гормоны щитовидной железы — тироксин, трийодтиронин. Афферентная сигнализация в центр теплопродукции о возвращении температурной константы крови к нормальным величинам по механизму обратной связи прекращает «аварийную» мобилизацию организма, вызванную гипотермией.

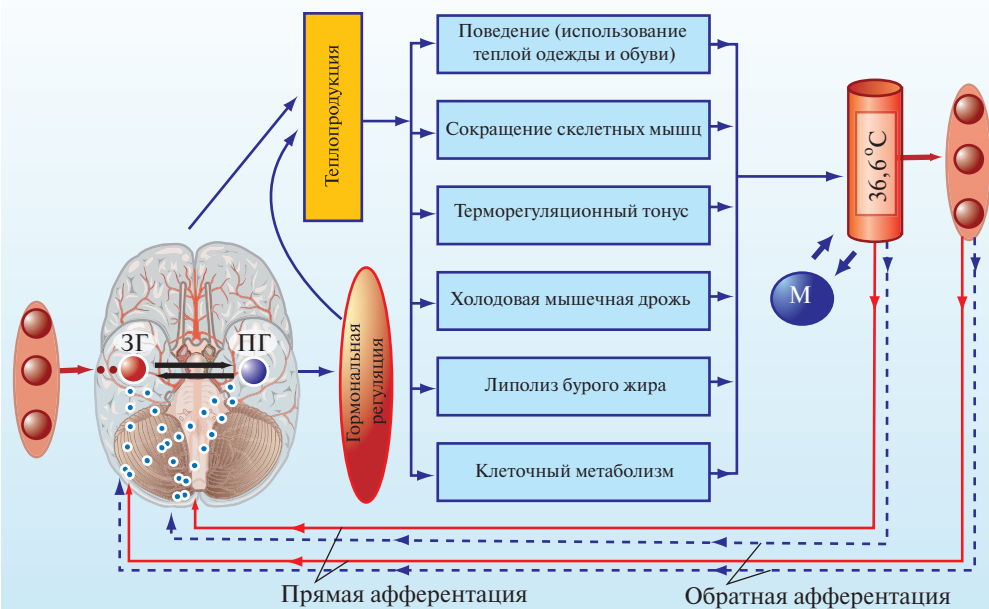
Рис. 8.2. Динамика саморегуляторных процессов в организме человека в условиях гипотермии:

А — нервная и гуморальная сигнализация в центр теплопродукции о снижении температуры крови ниже нормы; Б — включение эфферентных исполнительных механизмов, возвращающих отклоненную температурную константу к норме, сигнализация по принципу обратной связи в центр теплопродукции о достижении положительного результата [ПГ — передний гипоталамус; ЗГ — задний гипоталамус; (+) — возбуждение; (–) — торможение]

А



Б



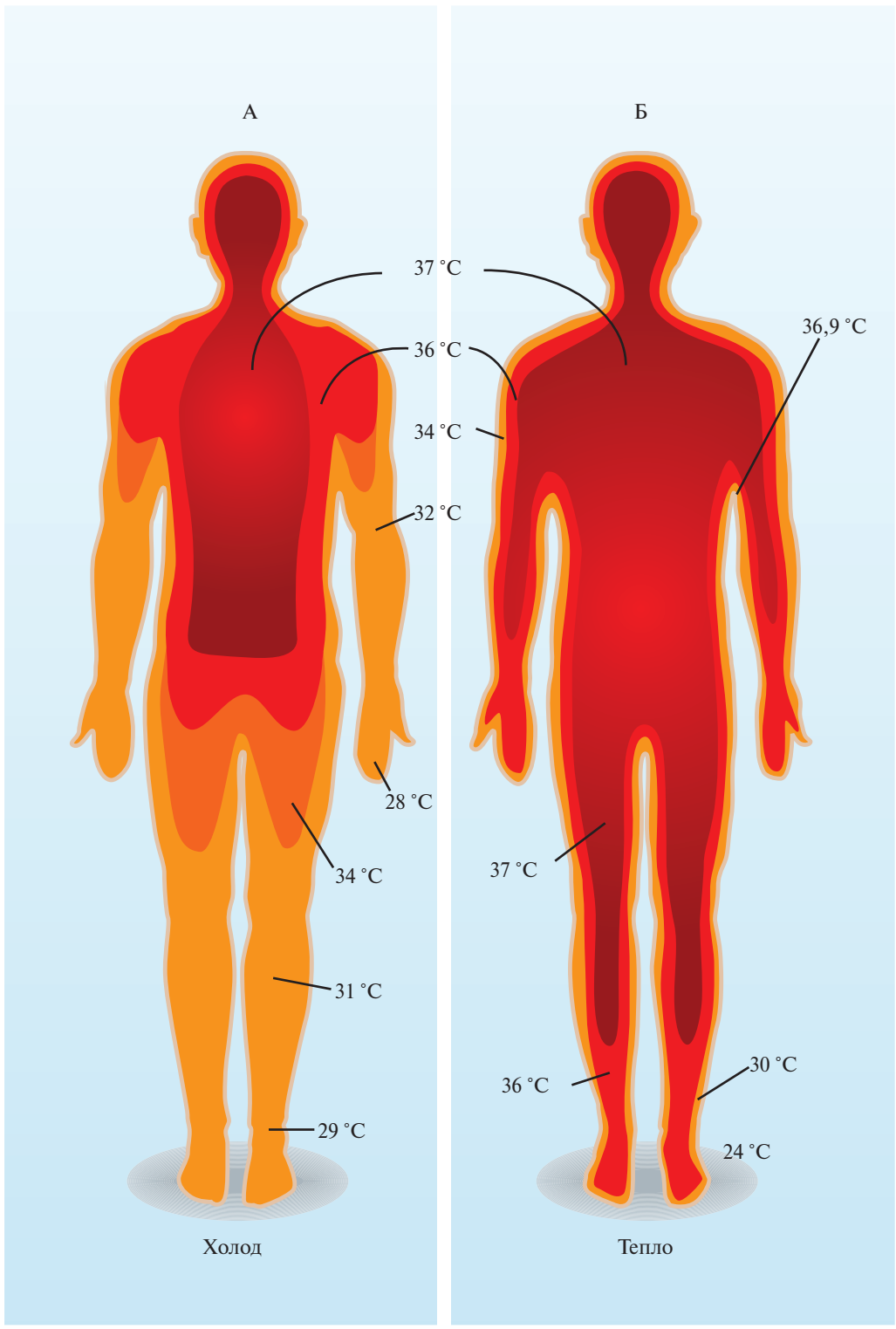
Температурная схема тела

Распределение температуры по внутренним органам и поверхности тела кожи у каждого человека имеет индивидуальный характер и в нормальных условиях отличается относительным постоянством. Это индивидуальное распределение показателей температуры по поверхности кожи и разным органам называется температурной схемой тела. В разных частях тела температура различна. Например, в подмышечной впадине — $36,8^{\circ}\text{C}$, на ладонных поверхностях рук — $25\text{--}34^{\circ}\text{C}$, в прямой кишке — $37,2\text{--}37,5^{\circ}\text{C}$, ротовой полости — $36,9^{\circ}\text{C}$. Различают температуру внутренних органов — «ядра» и температуру поверхности тела — «оболочки». «Ядро» составляют внутренние органы туловища, скелетные мышцы и внутренние ткани головы. Температура «ядра», как правило, поддерживается на постоянном уровне, в нем образуется большая часть тепла. Оболочка тела — это кожная поверхность и поверхность слизистой оболочки дыхательных путей. «Ядро» и оболочка тела разделены теплоизолятором — подкожной жировой клетчаткой. В условиях повышенной или пониженной температуры окружающей среды изменяются температурные взаимоотношения между «ядром» и оболочкой.

В условиях холода объем «ядра» уменьшается, но сохраняется постоянная температура, а температура оболочки при этом понижается (рис. 8.3, А). В условиях тепла «ядро» увеличивает свой объем, а температура оболочки повышается (рис. 8.3, Б). Индивидуальные особенности температурной схемы тела в значительной степени определяются гуморальными (гормональными) факторами, вегетативной нервной системой, образом жизни, закаливанием организма. Имеются различия температурной схемы тела по половой принадлежности — различия у мужчин и женщин, а также по принципу билатеральной асимметрии тела.

Рис. 8.3. Динамика распределения показателей температуры в разных участках тела и соотношение объемов тканей «ядра» (заштриховано красным) и оболочки (заштриховано желтым) тела человека в зависимости от температуры внешней среды:

А — показатели температуры и соотношения объемов ткани «ядра» и оболочки в условиях холода; Б — показатели температуры и соотношения объемов ткани «ядра» и оболочки в условиях тепла



Изменения кожного кровотока в механизмах теплоотдачи в условиях влияния разных температур

Кожные сосуды образуют глубокие и поверхностные сплетения, имеют многочисленные артериовенозные анастомозы, что позволяет им активно участвовать в механизмах терморегуляции. Даже в условиях нейтральной температуры окружающей среды кровоток в различных участках кожи в покое значительно колеблется в зависимости от температуры кожных покровов. Интенсивность кожного кровотока может изменяться в широких пределах (150–300 мл/мин). Кровоснабжение кожи регулируется широко представленной иннервацией сосудов (особенно артериовенозных анастомозов) симпатическими адренергическими сосудосуживающими волокнами. Повышение тонуса симпатических адренергических волокон вызывает сужение кожных сосудов, а торможение их активности приводит к вазодилатации.

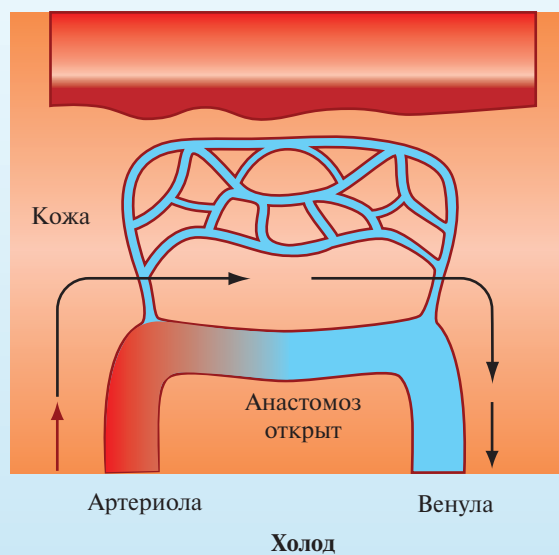
Наибольшие колебания кровотока наблюдаются в коже дистальных отделов конечностей. Реакции сосудов кожи проксимальных участков конечностей и туловища значительно слабее. В условиях воздействия холода происходит рефлекторное сужение артериальных и венозных сосудов поверхностных слоев кожи, что способствует перемещению крови в более глубокие вены и сохранению тепла. При общем охлаждении тела возникает значительное уменьшение кровенаполнения в поверхностных сосудистых сплетениях кожи, открытие артериовенозных анастомозов в более глубоких сосудистых сплетениях ведет к поступлению крови из артериол напрямую в венулы, которые располагаются параллельно артериолам. Такая система взаимоотношений кровотока в артериолах и венулах называется противоточным теплообменником. В результате такого перераспределения кровотока в микроциркуляторном русле кожи происходит уменьшение теплоотдачи (рис. 8.4, А). Воздействие на организм высоких внешних температур вызывает увеличение кожного кровотока в поверхностных сосудистых сплетениях вследствие расширения сосудов артериальной и венозной сети, раскрытия артериовенозных анастомозов, расслабления прекапиллярных сфинктеров, увеличения количества функционирующих капилляров. Артериовенозные анастомозы в более глубоких слоях кожи при этом закрываются, что также усиливает кожный кровоток (рис. 8.4, Б). В таких условиях теплоотдача во всех ее формах возрастает. Кроме нейрогенной вазодилатации кожных сосудов, активную роль в ее механизмах играют гуморальные факторы (гистамин, метаболиты).

Рис. 8.4. Динамика изменения кровеносных кожных сосудов в механизмах теплоотдачи при воздействии низкой и высокой температуры:

А — состояние микроциркуляторного русла в условиях влияния холода; Б — состояние микроциркуляторного русла в условиях влияния жары

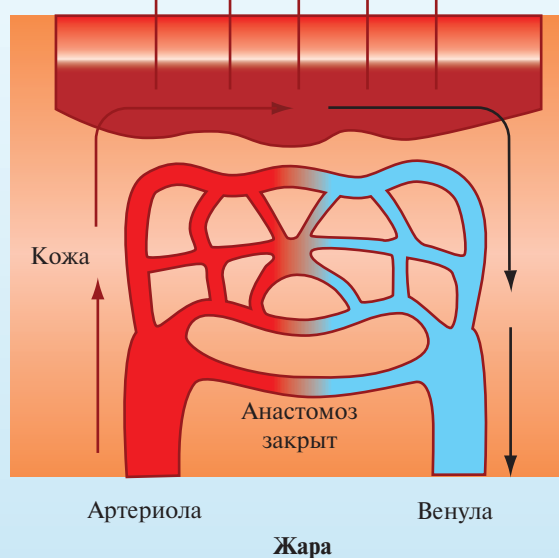
А

Теплоотдача снижена



Б

Теплоотдача повышена



Сосудистые и пилomotorные реакции кожных покровов в условиях тепловых и холодовых воздействий

Кожные покровы в организме выполняют ряд жизненно важных функций, важнейшей из которых является терморегуляционная. Кожа активно участвует как в общих (системных) процессах терморегуляции, так и в локальных (регионарных) регуляциях температуры отдельных областей и участков тела. Примером генерализованной системной регуляции температуры тела служит реакция тотального побледнения кожных покровов при общем охлаждении и реакция покраснения кожи при перегревании, ярко выраженная у людей, только что выходящих из парной в бане. Одним из примеров локальной (регионарной) регуляции температуры является мошонка. При низких температурах мошонка в результате сокращения соответствующих мышц укорачивается и подтягивается к тканям тела, при высокой температуре — расслабляется и отдаляется от тканей тела. Такой механизм предохраняет семенники от перегрева и охлаждения, оказывающих негативное влияние на процессы сперматогенеза. Значительная роль в поддержании устойчивой температуры тела принадлежит подкожной жировой клетчатке как теплоизоляционной системе и кожному кровотоку. При тепловых воздействиях кожные сосуды расширяются, особенно артериолы, расширяются прекапиллярные сфинктеры, микроциркуляторное русло кожи переполняется кровью, при этом артериовенозные анастомозы закрываются. В результате этих процессов теплоотдача с кожных покровов увеличивается (рис. 8.5, А).

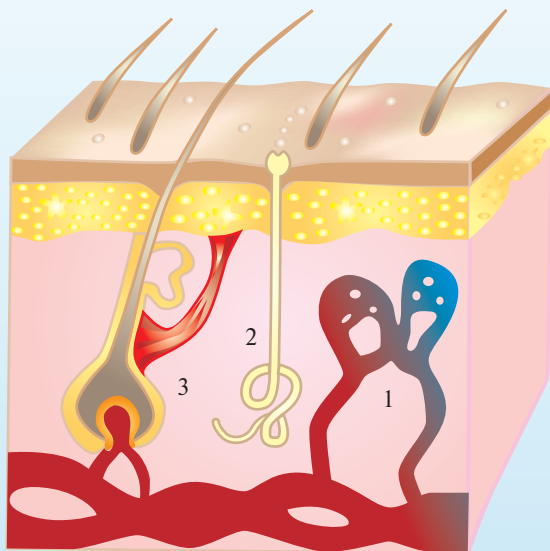
Главным механизмом увеличения кровотока в микроциркуляторном русле кожи является массивное сосудорасширение, вызываемое торможением симпатической активности заднего гипоталамуса. В ответ на холодное воздействие кровеносные сосуды кожи, главным образом артериолы, суживаются под влиянием возбуждений, поступающих по симпатическим адренергическим сосудосуживающим нервным волокнам, при этом хорошо развитые артериовенозные анастомозы открываются, и большая часть крови, минуя капиллярную сеть, возвращается в глубокие ткани тела, сохраняя тепло. В итоге теплоотдача с кожных покровов уменьшается (рис. 8.5, Б).

В условиях холода происходит сокращение мышц, выпрямляющих волосы тела (пилоэрекция), что сопровождается появлением феномена гусиной кожи. У человека эта реакция имеет в терморегуляции меньшее значение по сравнению с животными, имеющими шерстяной или перьевой покров, у которых при выпрямлении шерсти образуется «воздушный изолятор».

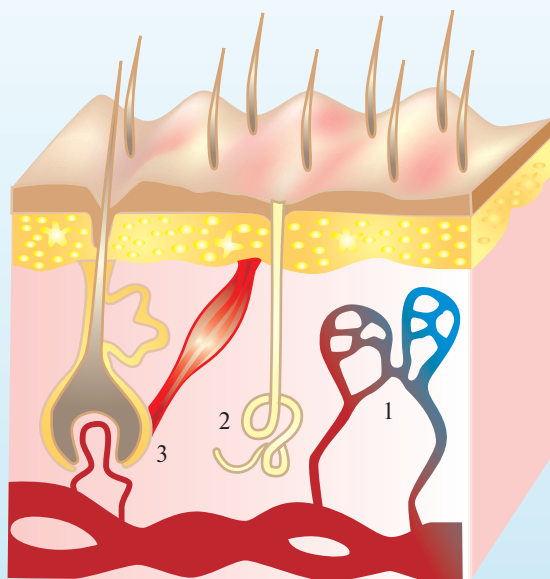
Рис. 8.5. Динамика изменения состояния кожных покровов в условиях разной температуры окружающей среды:

А — состояние кожных покровов в условиях тепла; Б — состояние кожных покровов в условиях холода
[1 — микроциркуляторное русло поверхностных слоев кожи; 2 — потовая железа; 3 — волосяной мешочек, волос тела, мышцы, выпрямляющие волос тела (пилоэрекция)]

A



Б



Роль потоотделения в гомеостатических функциях организма

Потоотделение является важным механизмом в поддержании ряда гомеостатических функций организма (поддержание температуры тела, водно-солевого обмена, участие в функциях выделения, поддержание объема циркулирующей крови и др.). Одной из главных функций потоотделения является участие в теплоотдаче путем испарения пота, проходящее с затратой энергии. На испарение 1 г воды затрачивается 0,58 ккал тепловой энергии. Путем испарения пота организм взрослого человека отдает в окружающую среду около 20% всего образующегося тепла. Ключевую роль в механизмах потоотделения играют потовые железы, которые по характеру секреции делятся на эккринные (мерокринные) и апокринные. Эккринные потовые железы расположены в коже почти всех областей тела, однако в разных частях тела они распределяются неравномерно. Общее их количество около 20 млн. Больше всего потовых желез на лице, на ладонях и подошвах, в подмышечной, паховой области и в коже наружных половых органов. Апокринные потовые железы (подмышечные, паховые) выделяют феромоны и принимают участие в создании запахов тела. Различают два вида испарения, или перспирации: неощущаемая и ощущаемая перспирация. Неощущаемая перспирация — это процесс непрерывного испарения воды, проникающей путем диффузии через клетки кожи и слизистые дыхательных путей. Даже без видимого потоотделения происходит испарение воды в пределах 450–700 мл в день в условиях нормальной температуры среды. При жаркой погоде или продолжительной физической нагрузке, лихорадке потоотделение может возрасти до 1400–10 000 мл в день. Количество пота главным образом зависит от температуры окружающей среды и интенсивности энергетического метаболизма (рис. 8.6).

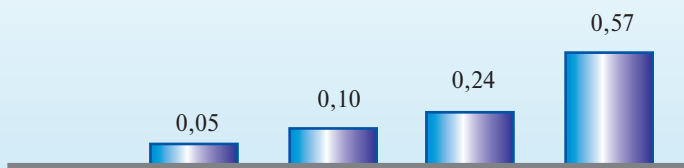
С потом из организма выводится в покое до 1/3 общего количества экскретируемой воды, 5–10% мочевины, мочевая кислота, креатин, хлориды, натрий, калий, кальций, органические вещества, липиды, микроэлементы. Полное отсутствие выделения пота называется ангидрозом, сниженное потообразование — гипогидрозом, повышенное потоотделение — гипергидрозом.

Рис. 8.6. Динамика изменения показателей потоотделения при различных видах деятельности в условиях разных температур окружающей среды:

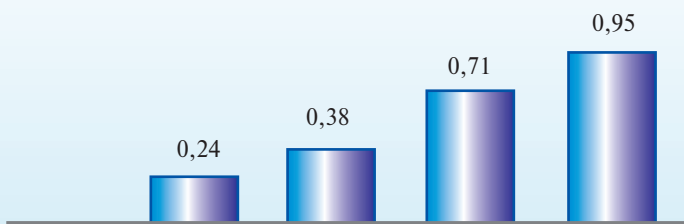
А — потоотделение при чтении книги; Б — потоотделение у водителей автотранспорта; В — потоотделение при физической нагрузке (ходьба)

А

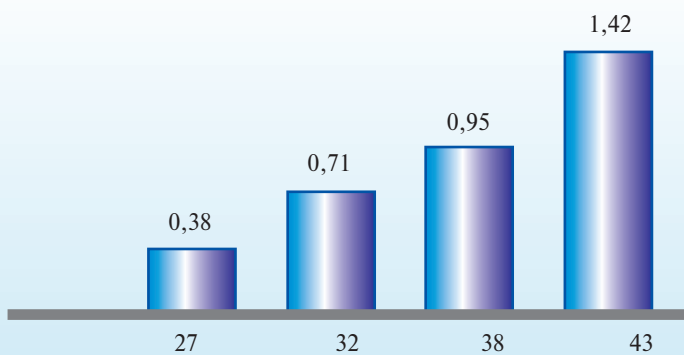
Потоотделение, л/ч



Б



В



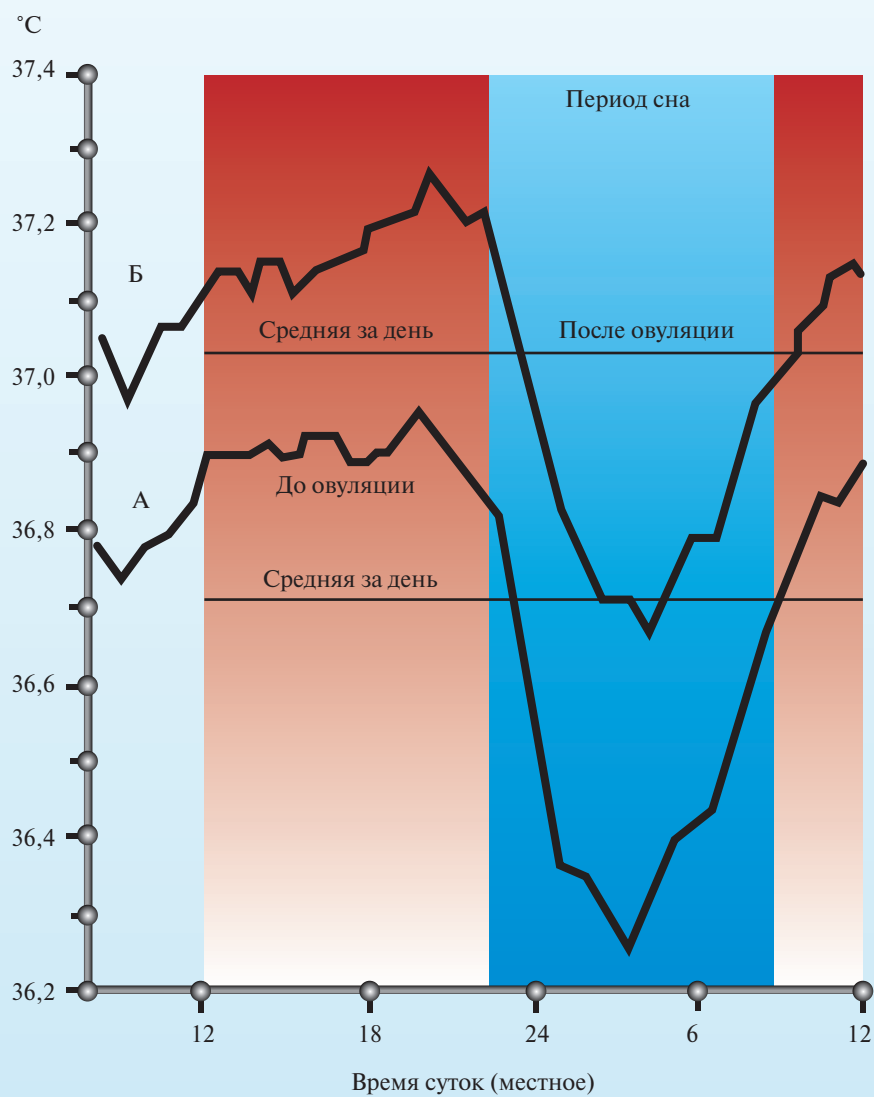
Температура воздуха, °C

Синхронизация биоритмов в механизмах регуляции температуры тела

Колебания температуры тела на протяжении 24 ч — это один из многих суточных ритмов. У человека насчитывается более 100 циклических процессов, изменяющихся в течение суток. Одним из таких наиболее выраженных ритмов является цикл сон—бодрствование. В структуре самого сна также наблюдается цикличность: последовательная смена чередующихся фаз медленного и быстрого сна. Температура тела как у мужчин, так и у женщин снижается в ночные часы — в предутренние часы (3–4 часа) она снижена, а в 16–18 часов — максимальная (рис. 8.7). Амплитуда суточных колебаний температуры в среднем составляет примерно 1°C . Суточные колебания температуры тела основаны на эндогенном ритме (биологические часы) и не зависят строго от условий внешней среды. В условиях путешествий, связанных с пересечением земных меридианов, требуется 1–2 нед для того, чтобы температурный ритм пришел в соответствие с жизненным укладом, определяемым новым местным временем. На ритм суточных изменений температуры могут накладываться другие ритмы с более продолжительными периодами. Наиболее известный и отчетливый из них — менструальный цикл у женщин, продолжающийся в течение 28 дней. После овуляции в лютеиновую фазу менструального цикла в желтом теле образуется гормон прогестерон, который, воздействуя на гипоталамические центры терморегуляции, повышает базальную температуру тела приблизительно на $0,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 8.7, Б). После овуляции температура тела у женщин, так же как и до овуляции, снижается в ночные часы, но на меньшую величину. Через 14 дней после овуляции с началом процессов дегенерации желтого тела базальная температура тела возвращается к исходным значениям (рис. 8.7, А).

Рис. 8.7. Динамика колебаний ректальной температуры тела в течение суток у женщин в разные фазы менструального цикла:

А — динамика изменений температуры в фолликулярную фазу менструального цикла; Б — динамика изменений температуры тела в лютеиновую фазу менструального цикла



Многоуровневая иерархическая нервная регуляция потоотделения

Терморецепторы, запускающие механизмы потоотделения, находятся в различных органах и тканях организма, большая часть их находится на кожной поверхности. Они подразделяются на две группы — рецепторы холодовой и тепловой чувствительности. Количество холодовых рецепторов в 5–10 раз превышает количество тепловых. Тепловые рецепторы представляют собой свободные нервные окончания, сигналы от которых передаются по нервным волокнам типа С со скоростью 0,4–2 м/с. При действии повышенной температуры тепловые терморецепторы возбуждаются, афферентная сигнализация от них по чувствительным нервам через задние корешки поступает к боковым рогам спинного мозга, где располагаются преганглионарные симпатические нейроны, и далее по эфферентным симпатическим нервам достигает потовых желез. Механизмы потоотделения на уровне спинного мозга осуществляются по рефлекторному механизму и носят сегментарно-регионарный характер (рис. 8.8, А). Так, например, потоотделение области головы или верхней части грудной клетки регулируется шейными и верхними грудными сегментами; верхних конечностей — 5–7 грудными сегментами; нижней части грудной клетки, поясничной области и нижних конечностей — нижними грудными и верхними поясничными сегментами спинного мозга. В постганглионарных симпатических волокнах, иннервирующих потовые железы, выделяется медиатор ацетилхолин. Одновременно афферентная сигнализация от тепловых рецепторов по восходящим проводящим путям (спиноталамическим) достигает соматосенсорной коры больших полушарий и способствует формированию субъективного ощущения температурного комфорта или дискомфорта. Другая часть потока нервных импульсов от периферических терморецепторов по спинально-ретикулярным путям поступает в ретикулярную формацию ствола мозга, неспецифические ядра таламуса, ассоциативные зоны коры и медиальную преоптическую область гипоталамуса (центр терморегуляции). В гипоталамусе имеются нейроны, отвечающие за средний интегративный уровень температуры тела (установочная точка), ее отклонение вызывает поток эфферентных сигналов по нисходящим проводящим путям к потовым железам, вызывая усиление или ослабление потоотделения — регионального или тотального (надсегментарно-диэнцефальный механизм регуляции) (рис. 8.8, Б).

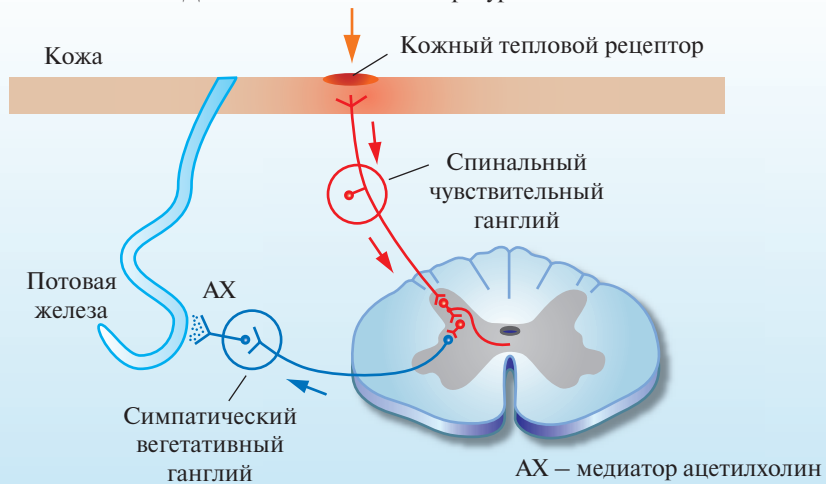
Возникновение субъективного ощущения перегрева тела, кроме участия вегетативных механизмов регуляции, вызывает формирование осознанных поведенческих реакций (снятие теплой одежды, включение вентилятора и т.п.), осуществляемых соматической нервной системой.

Рис. 8.8. Динамика последовательного взаимодействия сегментарных (спинальных) и надсегментарных (церебральных) механизмов регуляции потоотделения:

А — рефлекторно-сегментарный механизм; Б — надсегментарно-диэнцефальный механизм

А

Действие высокой температуры



Б

