

ОГЛАВЛЕНИЕ

Сведения об авторах	11
Предисловие	12
Список сокращений и условных обозначений	13
ЧАСТЬ I. БАЗОВЫЙ КУРС НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ	15
РАЗДЕЛ 1. Основы жизнедеятельности	17
Глава 1. Обмен веществ и энергии	19
1.1. Обмен белков	20
1.2. Обмен жиров	20
1.3. Обмен углеводов	21
1.4. Обмен минеральных веществ и воды	22
1.5. Физиологическая роль витаминов	23
1.6. Обмен энергии	23
1.7. Основы рационального питания	26
Вопросы для самоконтроля	28
Глава 2. Физиология возбудимых тканей	29
2.1. Основные понятия физиологии	29
2.2. Биоэлектрические явления в живых тканях. Природа возбуждения	30
2.3. Законы раздражения возбудимых тканей	40
2.4. Физиология нервов и нервных волокон	45
2.5. Физиология синапсов	49
2.6. Физиология мышц	54
2.7. Физиология желез	64
Вопросы для самоконтроля	67
РАЗДЕЛ 2. Управляющие системы организма	69
Глава 3. Управление функциями в живом организме	71
3.1. Принципы и механизмы управления	71
3.2. Саморегуляция физиологических функций	74
Вопросы для самоконтроля	77
Глава 4. Нервный механизм управления	78
4.1. Общая физиология центральной нервной системы	78
4.1.1. Функции центральной нервной системы	78
4.1.2. Методы исследования функций центральной нервной системы	79
4.1.3. Функциональная организация центральной нервной системы	84
4.1.4. Развитие рефлекторной теории	87
4.1.5. Основные свойства нервных центров	90
4.1.6. Торможение в центральной нервной системе	93
4.1.7. Принципы, лежащие в основе координационной деятельности центральной нервной системы	97

4.2. Частная физиология центральной нервной системы	100
4.2.1. Спинной мозг	100
4.2.2. Продолговатый мозг и варолиев мост	110
4.2.3. Мозжечок	120
4.2.4. Средний мозг	125
4.2.5. Промежуточный мозг	127
4.2.6. Лимбическая система	135
4.2.7. Базальные (подкорковые) ядра	139
4.2.8. Кора головного мозга	144
4.2.9. Межполушарные взаимоотношения	152
4.2.10. Физиология движений	153
Вопросы и задания для самоконтроля	160
Глава 5. Автономная нервная система	161
5.1. Симпатический отдел автономной нервной системы	162
5.2. Парасимпатический отдел автономной нервной системы	163
5.3. Метасимпатический отдел автономной нервной системы	166
5.4. Рецепторное звено рефлексов автономной нервной системы	167
5.5. Аfferентное звено висцеральных рефлексов	167
5.6. Центральное звено рефлексов автономной нервной системы	168
5.7. Эfferентное звено рефлексов автономной нервной системы	168
5.8. Функции висцеральных ганглиев	169
5.9. Виды рефлексов автономной нервной системы	169
5.10. Особенности синаптических процессов в автономной нервной системе.	172
5.11. Надсегментарные уровни регуляции функций автономной нервной системы	175
5.12. Адаптационно-трофическая функция симпатической нервной системы	178
Вопросы и задания для самоконтроля	179
Глава 6. Гуморальный механизм управления	180
6.1. Общая физиология эндокринной системы	180
6.1.1. Характеристика биологически активных веществ	182
6.1.2. Роль и функции гормонов.	183
6.1.3. Свойства и особенности действия гормонов.	183
6.1.4. Жизненный цикл гормонов	184
6.1.5. Взаимодействие гормона с клеткой-мишенью	186
6.1.6. Механизм действия гормонов	186
6.1.7. Регуляция эндокринных желез	192
6.1.8. Роль желез внутренней секреции в развитии и формировании челюстно-лицевой области.	195
6.2. Частная физиология желез внутренней секреции	197
6.2.1. Гипоталамус как эндокринная структура	197
6.2.2. Гипофиз	198
6.2.2.1. Эfferкторные гормоны гипофиза	199
6.2.2.2. Тропные гормоны гипофиза	200

6.2.2.3. Нейрогормоны гипофиза	201
6.2.2.4. Влияние гормонов гипоталамо-гипофизарной системы на структуры челюстно-лицевой области.	202
6.2.3. Щитовидная железа	203
6.2.4. Околощитовидные железы	206
6.2.5. Надпочечники.	207
6.2.5.1. Мозговой слой надпочечников	207
6.2.5.2. Корковый слой надпочечников	208
6.2.6. Поджелудочная железа	212
6.2.7. Половые железы	215
6.2.7.1. Гормональная регуляция менструального цикла.	216
6.2.7.2. Регуляция деятельности половых желез	218
6.2.8. Плацента и ее гормоны	219
6.2.9. Эпифиз.	220
6.2.10. Тимус	221
6.2.11. Диффузная эндокринная система	221
Вопросы и задания для самоконтроля	224
РАЗДЕЛ 3. Физиология висцеральных функций	225
Глава 7. Кровь.	227
7.1. Общие свойства крови	228
7.2. Характеристика плазмы и форменных элементов крови	234
7.3. Свертывание крови	241
7.4. Группы крови	253
7.5. Иммунные функции полости рта.	255
Вопросы для самоконтроля	257
Глава 8. Кровообращение.	258
8.1. Свойства сердечной мышцы	259
8.2. Фазы цикла сердечной деятельности	265
8.3. Методы исследования деятельности сердца и сосудов	268
8.4. Регуляция деятельности сердца	274
8.5. Функциональная организация сосудистой системы	278
8.6. Микроциркуляция	280
8.7. Регуляция кровообращения	282
8.8. Лимфообращение	288
8.9. Особенности микроциркуляции в челюстно-лицевой области и органах полости рта	292
Вопросы для самоконтроля	294
Глава 9. Дыхание	295
9.1. Внешнее дыхание. Биомеханика вдоха и выдоха	295
9.2. Транспорт газов кровью.	301
9.3. Регуляция дыхания	304
9.4. Роль полости рта в процессе дыхания	309
Вопросы для самоконтроля	313

Глава 10. Пищеварение	314
10.1. Физиологические основы голода и насыщения	315
10.2. Общая характеристика процесса пищеварения	319
10.3. Функции желудочно-кишечного тракта	322
10.4. Типы пищеварения	323
10.5. Принципы регуляции процессов пищеварения	324
10.6. Модульная концепция морфофункциональной организации деятельности крупных пищеварительных желез	325
10.7. Методы изучения функций пищеварительного тракта	326
10.8. Пищеварение в полости рта	331
10.9. Глотание	337
10.10. Пищеварение в желудке	338
10.11. Пищеварение в начальном отделе тонкой кишки	345
10.12. Пищеварение в тонкой кишке	351
10.13. Всасывание	355
10.14. Пищеварение в толстой кишке	358
10.15. Дефекация	359
Вопросы и задания для самоконтроля	360
Глава 11. Терморегуляция	361
11.1. Значение температуры для жизненных процессов	361
11.2. Температурный гомеостаз	363
11.3. Химическая терморегуляция	365
11.4. Физическая терморегуляция	366
Вопросы для самоконтроля	368
Глава 12. Выделение	369
12.1. Выделительная функция почек	371
12.2. Процесс образования мочи	373
12.3. Гомеостатическая функция почек	380
12.4. Регуляция мочеобразовательной функции почек	384
12.5. Мочеиспускание и его регуляция	385
Вопросы для самоконтроля	386
РАЗДЕЛ 4. Основы интегративной деятельности организма	387
Глава 13. Сенсорные системы	389
13.1. Общие принципы работы сенсорных систем	390
13.2. Структурно-функциональная организация сенсорных систем	390
13.3. Свойства сенсорных систем	398
13.4. Кодирование информации в сенсорных системах	399
13.5. Взаимодействие сенсорных систем	401
13.6. Регуляция деятельности сенсорных систем	401
Вопросы для самоконтроля	402
Глава 14. Частная физиология сенсорных систем	403
14.1. Сенсорная система зрения	403
14.1.1. Рецепторный отдел зрительной сенсорной системы	403

14.1.2. Проводниковый отдел сенсорной системы зрения	405
14.1.3. Кортикальный отдел зрительной сенсорной системы	407
14.1.4. Цветовое зрение	409
14.1.5. Характеристики зрения	410
14.2. Сенсорная система слуха	413
14.2.1. Структурно-функциональная характеристика сенсорной системы слуха	414
14.2.2. Восприятие высоты, силы звука и локализация источника звука	418
14.3. Вестибулярная сенсорная система	419
14.4. Сенсорная система движения (кинестетическая система)	422
14.5. Внутренние (висцеральные) сенсорные системы	424
14.6. Сенсорная система обоняния	427
Вопросы для самоконтроля	432
Глава 15. Высшая нервная деятельность	434
15.1. Безусловные рефлексы	434
15.2. Условные рефлексы	437
15.2.1. Локализация и механизмы образования временной связи	437
15.2.2. Конвергентный механизм формирования временной связи	439
15.2.3. Условные рефлексы в стоматологии	440
15.3. Торможение условных рефлексов	441
15.3.1. Безусловное торможение	441
15.3.2. Условное (внутреннее) торможение	442
15.3.3. Механизмы условного (внутреннего) торможения	443
15.4. Свойства нервных процессов	445
15.5. Типы высшей нервной деятельности	446
15.6. Влияние зубных протезов на физиологические функции	447
15.7. Обучение	449
Вопросы для самоконтроля	452
Глава 16. Высшие психические функции	453
16.1. Внимание	453
16.1.1. Нейрофизиологические механизмы внимания	454
16.1.2. Модулирующие системы мозга	454
16.2. Память	455
16.2.1. Виды памяти	455
16.2.2. Процессы памяти	458
16.2.3. Физиологические механизмы кратковременной памяти	458
16.2.4. Физиологические механизмы долговременной памяти	459
16.3. Мотивации	460
16.4. Эмоции	461
16.5. Мышление	464
16.6. Язык	465
16.7. Речь	465
16.8. Сознание	468
Вопросы и задания для самоконтроля	471

Глава 17. Физиология сна	472
Вопросы для самоконтроля	478
Глава 18. Системная организация поведения	479
18.1. Этапы (узловые механизмы) формирования функциональной системы поведенческого акта	480
18.2. Системная организация трудовой деятельности человека	481
18.2.1. Общая характеристика трудовой деятельности	482
18.2.2. Отдых и профилактика утомления	483
18.3. Труд учащихся и студентов (учебная деятельность)	484
18.4. Особенности труда врача-стоматолога	485
18.5. Деонтологические аспекты работы стоматолога	488
Вопросы и задания для самоконтроля	490
ЧАСТЬ II. ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ	491
Глава 19. Введение в предмет	493
Вопросы и задания для самоконтроля	497
Глава 20. Сенсорная функция	498
20.1. Сенсорная функция слизистой оболочки полости рта	501
20.1.1. Тактильная сенсорная система	502
20.1.2. Температурная сенсорная система	505
20.1.3. Вкусовая сенсорная система	510
20.1.4. Орган вкуса и функциональные элементы органа вкуса	514
20.2. Системный характер восприятия	517
Вопросы и задания для самоконтроля	520
Глава 21. Болевая сенсорная система	521
21.1. Общая физиология боли	521
21.1.1. Определение и сущность боли	521
21.1.2. Классификация боли	522
21.1.3. Реакция организма на боль	524
21.1.4. Рецепция повреждения	525
21.1.5. Проводниковый и центральный отделы ноцицептивной системы	529
21.1.6. Эндогенная система контроля и регуляции болевой чувствительности	530
21.1.6.1. Уровни и механизмы регуляции болевой чувствительности	530
21.1.6.2. Механизмы эндогенного обезболивания	531
21.1.6.3. Нейрональные механизмы антиноцицепции	532
21.2. Боль в челюстно-лицевой области	534
21.2.1. Болевая чувствительность и рецепция боли	534
21.2.2. Проводники и центральные механизмы дентальной боли	537
21.2.3. Особенности дентальной боли	540
21.2.4. Эндогенная система контроля и регуляции дентальной боли	542

21.2.5. Взаимодействие ноцицептивной и антиноцицептивной систем	543
21.2.6. Физиологические основы и методы обезболивания	545
Вопросы для самоконтроля	547
Глава 22. Защитная функция	548
22.1. Константа целостности тканей организма	548
22.2. Исполнительные механизмы функциональной системы, обеспечивающей целостность тканей	549
22.2.1. Поведение	549
22.2.2. Саливация	550
22.2.3. Барьерные функции	554
22.2.4. Факторы неспецифической резистентности	558
22.2.5. Факторы специфической резистентности	564
22.2.6. Антитела к антигенам пищевых продуктов	568
22.3. Значение боли в организации функциональной системы, обеспечивающей целостность тканей	570
Вопросы для самоконтроля	572
Глава 23. Пищеварительная функция	573
23.1. Функциональная система, обеспечивающая формирование адекватного для проглатывания пищевого комка	574
23.1.1. Функциональные элементы зубочелюстной системы	577
23.1.1.1. Зубной орган	579
23.1.1.2. Функциональный элемент зуба	589
23.1.2. Системная организация жевания	594
23.1.3. Методы исследования жевательного аппарата	605
23.2. Секреторный компонент жевания	611
23.2.1. Структурно-функциональные особенности слюнных желез	612
23.2.2. Секреторный цикл	617
23.2.3. Механизм образования слюны	619
23.2.4. Электрофизиологические особенности glanduloцитов	620
23.2.5. Функциональный элемент слюнных желез	621
23.2.6. Биологические жидкости полости рта	624
23.2.6.1. Десневая жидкость	624
23.2.6.2. Слюна	626
23.2.7. Регуляция слюноотделения	633
23.3. Другие компоненты жевания	637
23.4. Всасывание в полости рта	637
23.5. Непищеварительные функции слюнных желез	639
23.6. Глотание	641
Вопросы и задания для самоконтроля	644
Глава 24. Коммуникативная функция	645
24.1. Мимика	645
24.2. Речь	647
Вопросы и задания для самоконтроля	655

Глава 25. Дыхательная функция	656
25.1. Носовое дыхание	656
25.2. Ротовое дыхание	658
25.3. Взаимодействие дыхательной и пищеварительной функций	659
25.4. Взаимодействие дыхательной и речеобразовательной функций ...	661
Вопросы для самоконтроля	666
Глава 26. Возрастные особенности физиологии челюстно-лицевой области	667
26.1. Возрастная периодизация индивидуального развития	667
26.2. Концепции индивидуального развития	668
26.3. Формирование органов челюстно-лицевой области	672
26.3.1. Костный аппарат	672
26.3.2. Слизистая оболочка	678
26.3.3. Слюнные железы	679
26.4. Возрастные изменения органов челюстно-лицевой области	680
26.4.1. Изменения зубов	680
26.4.2. Изменения зубов и пародонта	681
26.4.3. Изменения периодонта	683
26.4.4. Изменения костей челюстей	684
26.4.5. Изменения мышц	687
26.4.6. Изменения слизистой оболочки полости рта	687
26.4.7. Изменения языка	688
26.4.8. Изменения слюнных желез	689
26.4.9. Возрастные изменения лица	690
26.5. Системогенез акта жевания	691
26.6. Системогенез функции речи	700
26.7. Системогенез мимики	702
26.8. Системогенез вкусовой сенсорной системы	703
Вопросы и задания для самоконтроля	705
Глава 27. Адаптация и компенсация	706
27.1. Общие закономерности	706
27.2. Компенсация и адаптация в стоматологии	711
Вопросы для самоконтроля	720
Предметный указатель	721

ПРЕДИСЛОВИЕ

Нормальная физиология как раздел общей физиологии изучает жизнедеятельность здорового человека и его адаптацию к изменяющимся условиям окружающего мира. Настоящий учебник ориентирован как на изучение основ жизнедеятельности и работы отдельных органов и систем, так и на понимание системных механизмов функционирования всего организма в целом.

Физиология челюстно-лицевой области является частным разделом физиологии человека, который рассматривает вопросы участия органов челюстно-лицевой области в процессах реализации разнообразных функций организма. Изучение этих аспектов имеет самостоятельное значение для подготовки врача-стоматолога. Учебник соответствует требованиям современного стандарта подготовки специалиста по направлению 31.05.03 «Стоматология» в рамках дисциплины «Нормальная физиология».

С появлением новых данных, касающихся молекулярных и генетических основ организации функций организма, стало возможным более конкретное понимание особенностей реализации физиологических функций в процессах взаимодействия организма с окружающей средой.

При изложении этих вопросов авторы использовали принципы аналитического и системного подходов. Это дало возможность более полно осветить участие органов челюстно-лицевой области в интегративной деятельности организма, а также их включение в различные виды целенаправленного поведения для достижения полезных приспособительных результатов.

В учебнике отражен многолетний опыт преподавания курса нормальной физиологии и физиологии челюстно-лицевой области на кафедре нормальной физиологии Московского государственного медико-стоматологического университета им. А.И. Евдокимова. Авторы отдельных его глав являются одновременно и исследователями, которые внесли существенный вклад в изучение закономерностей функционирования челюстно-лицевой области.

В основу настоящего издания положены выходившие ранее учебники для студентов стоматологических факультетов («Физиология челюстно-лицевой области», «Нормальная физиология», «Нормальная физиология с курсом физиологии челюстно-лицевой области»), значительно переработанные и дополненные. Новый учебник содержит материал, дающий обучающимся возможность в дальнейшем практически использовать полученную информацию, осваивать современные научные знания в области нормальной физиологии и устанавливать межпредметные связи с дисциплинами профиля профессиональной подготовки.

Раздел 1

ОСНОВЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Физиология — наука, изучающая процессы жизнедеятельности организма. В ходе своего развития физиология прошла несколько этапов: эмпирический, анатомио-физиологический, функциональный. На каждом этапе в изучении физиологического процесса или явления существовало два методологических направления (подхода) — аналитическое и системное. Для развития физиологии как науки необходимы оба этих направления.

Аналитическое направление характеризуется изучением конкретного процесса, протекающего в каком-либо живом объекте (органе, ткани или клетке), как самостоятельного, т.е. вне связи его с другими процессами в изучаемом объекте. Такое направление дает всестороннее представление о механизмах данного процесса. В основе аналитического подхода лежат представления о структурно-функциональной организации живого организма: клетке, ткани, органе, физиологической системе. При этом каждая структура характеризуется определенной функцией. С позиций аналитической методологии функция — форма деятельности, характерная для живой структуры на любом уровне организации.

Для современного этапа характерно дальнейшее углубление аналитического подхода (изучение процессов на клеточном, субклеточном и молекулярном уровнях). Вместе с тем стало обычным соотносить эти процессы с функциями целого организма.

Изучение функций с позиций аналитической методологии базируется на концепции А.М. Чёрнуха о функциональном элементе. Под функциональным элементом понимают пространственно ориентированный структурно-функциональный комплекс, состоящий из клеточных и волокнистых образований органа, объединенных общей системой кровообращения и иннервации. Развитие аналитического подхода привело к представлениям о физиологических системах как интеграции центральных и периферических структур, деятельность которых направлена на выполнение определенной функции. Физиологическими системами являются системы дыхания, кровообращения, пищеварения и др.

Системное направление ставит своей целью изучение конкретного процесса во взаимосвязи его с другими, протекающими на уровне организма, как единого целого образования. С этих позиций функция — взаимозависимость элементов в системе, взаимодействие и субординация части и целого в живом.

Открытие системных закономерностей в деятельности живого организма показало, что для выполнения определенных функций происходит избирательное объединение его отдельных органов и их систем, обеспечивающее достижение полезного приспособительного результата. Такие объединения П.К. Анохин назвал функциональными системами. Эта совокупность периферических и центральных структур, их процессов и механизмов, которые функционируют как единое целое, складывается динамически. Объединение функций различных органов и систем органов (т.е. интеграция их функций) осуществляется за счет их способности к взаимодействию.

На современном этапе изучения физиологических функций применяют интегративные подходы, сочетающие методические приемы, характерные как для аналитического, так и для системного направления.

Глава 1

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Существенным признаком жизни является непрерывный обмен веществ и энергии, который протекает внутри организма, а также между организмом и внешней средой. Обмен веществ лежит в основе постоянного обновления клеточных структур, синтеза и разрушения химических соединений в организме. Источником обеспечения его пластических и энергетических потребностей служат питательные вещества, которые поступают в организм с пищей. Потенциальная энергия, высвобождающаяся при расщеплении питательных веществ пищи, превращается в энергию тепловую, механическую и частично в электрическую. Эта энергия, а также структурные компоненты питательных веществ непрерывно расходуются на синтез различных соединений, необходимых для восстановления и обновления клеточных и тканевых структур, ресинтеза биологически и физиологически активных веществ, на совершение мышечной работы и другие проявления жизнедеятельности. Превращения веществ при жизнедеятельности с момента поступления их в клетки до образования конечных продуктов обмена называются *метаболизмом*.

В организме метаболизм представлен двумя взаимосвязанными и взаимозависимыми процессами — анаболизмом и катаболизмом.

Анаболизм, в основе которого лежат процессы ассимиляции органических веществ, объединяет биосинтез структурных компонентов клетки, ткани и органа, синтез и накопление энергии. При этом происходят рост и развитие тканей и органов, обновляются клеточные элементы, обеспечивается накопление энергоемких субстратов.

Катаболизм, основу которого составляют процессы диссимиляции, связан с расщеплением сложных структур клеток, тканей и органов до простых веществ — воды, углекислого газа, аммиака, в результате чего образуется энергия, необходимая для жизнедеятельности.

В живом организме процессы анаболизма и катаболизма находятся в динамическом равновесии, которое может изменяться при некоторых состояниях. Преобладание процессов ассимиляции сопровождается ростом тканей, накоплением массы тела, развитием резервных сил организма. Такая необходимость возрастает в период восстановления после инфекционных и других заболеваний, при беременности, в детском возрасте. При старении организма, длительном физическом или психоэмоциональном напряжении, в период развития инфекционных заболеваний преобладают процессы катаболизма (диссимиляции), сопровождающиеся потерей энергии.

1.1. ОБМЕН БЕЛКОВ

Белки составляют основу всех тканевых элементов организма и представляют собой вещества, состоящие из аминокислот. На их долю приходится 50% сухого остатка клетки. Они используются для синтеза соединений, необходимых для жизнедеятельности организма и построения его структур: мышц, ферментов, белков плазмы крови. Интенсивность обмена белков в организме чрезвычайно велика. Минимальное количество белка, постоянно распадающегося в организме, называется *коэффициентом изнашивания*. Его величина составляет около 0,028–0,065 г азота на 1 кг массы тела в сутки в условиях покоя. То есть человек массой тела 70 кг теряет 23 г/сут. Так, например, половина всех белков клеток печени обновляется за 1 нед. Высокая скорость обновления характерна для эпителия слизистой оболочки кишечника, клеток крови и других внутренних органов. Медленнее обновляются белки, входящие в состав клеток мозга, сердца, половых желез. Наименьшей скоростью обновления характеризуются белки мышц, кожи и опорных тканей.

Анаболизм белков регулируют гормоны соматотропин, инсулин, андрогены. Их действие направлено на усиление роста, увеличение массы тела. При их недостатке наблюдается задержка роста у детей.

Катаболизм белков регулируют гормоны щитовидной железы, глюкокортикоиды, адреналин. Их избыток может сопровождаться истощением, тогда как недостаток — ожирением.

Азот, необходимый для структурных потребностей организма, может усваиваться только в форме аминокислот. Из 20 входящих в состав белков аминокислот 12 синтезируются в организме и носят название заменимых, 8 — не синтезируются и называются незаменимыми аминокислотами.

1.2. ОБМЕН ЖИРОВ

Жиры (липиды) — нерастворимые в воде органические соединения, входящие в состав всех клеток организма. Они состоят главным образом из смеси различных триглицеридов, представляющих собой эфиры глицерина и 3 жирных кислот. Различают *насыщенные* и *ненасыщенные* жирные кислоты. Некоторые ненасыщенные жирные кислоты не синтезируются в организме (*незаменимые* жирные кислоты).

Значимость липидов определяется следующими их функциями:

- ▶ представляют собой структурные компоненты всех клеточных мембран и некоторых тканевых структур;
- ▶ при расщеплении служат источником энергии: их теплотворная способность более чем в 2 раза превышает таковую углеводов и белков;
- ▶ являются источниками тканевых гормонов — простагландинов и такикининов;
- ▶ служат растворителем для витаминов;
- ▶ защищают внутренние органы от механических повреждений;
- ▶ участвуют в процессах терморегуляции.

Общее количество жира в организме человека колеблется в широких пределах и в среднем составляет 10–20% массы тела, а в случае патологического ожирения может достигать 50%. При окислении 1 г нейтральных жиров выделяется 37,7 кДж (9,3 ккал) тепла. За счет окисления нейтральных жиров образуется 50% всей энергии в организме.

Жиры обязательно входят в состав всех пищевых продуктов животного происхождения. Растительные жиры отличаются от большинства животных жиров высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот.

Одним из компонентов животных жиров является *холестерин (холестерол)*. Он выполняет две главные функции — структурную и метаболическую. Первая связана с тем, что холестерин входит в состав клеточных мембран, влияет на их физико-химические свойства, регулирует проницаемость и активность мембранных ферментов. Метаболическая функция обусловлена участием холестерина в синтезе половых гормонов и гормонов коры надпочечников, синтезе желчи, витаминов группы D, липопротеидов. Источниками холестерина служат пища и эндогенный синтез в печени и (частично) в кишечнике. У здорового человека за сутки синтезируется около 1000 мг холестерина, еще около 250–750 мг поступает с продуктами питания. Высоко его содержание в жирном мясе, яйцах, молочном жире. Концентрация холестерина в крови у взрослых составляет 3,2–5,2 ммоль/л (144–250 мг%). Он транспортируется в виде липопротеидов разной плотности:

- ▶ липопротеиды низкой плотности (<3,3 ммоль/л) образуются в сосудистом русле, являются основными источниками холестерина для тканей и эндотелия сосудов. Увеличение содержания липопротеидов низкой плотности может приводить к атеросклерозу сосудов;
- ▶ липопротеиды высокой плотности (1,03–1,95 ммоль/л) образуются в печени и способствуют удалению холестерина из клеток;
- ▶ липопротеиды очень низкой плотности (0,04–0,72 ммоль/л) имеют максимальные показатели атерогенности и способствуют развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Высокие значения уровня холестерина в крови (*гиперхолестеринемия*) статистически значимо повышают риск возникновения атеросклероза, инфаркта миокарда и инсульта. Насыщенные жирные кислоты пищевых продуктов увеличивают, а полиненасыщенные — снижают концентрацию холестерина в крови.

1.3. ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

Углеводы составляют всего около 2% сухого остатка тканей. Однако пластическая роль их чрезвычайно велика. Многие из них входят в состав соединений, имеющих важное значение в передаче наследственной информации. Углеводы входят в состав рецепторных образований клеточных мембран, некоторых гормонов (тиреоглобулина), гликопротеинов (фибриногена, протромбина), участвующих в свертывании крови и определяющих группу крови. Углеводы используются и для образования жирных кислот.

Углеводы играют существенную роль как источник энергии, обеспечивая 60% суммарного энергообмена. При окислении 1 г углеводов выделяется 16,7 кДж (4 ккал) тепла. При физических и эмоциональных нагрузках глюкоза быстро извлекается из депо и обеспечивает экстренную мобилизацию энергетических ресурсов. Основной резервный запас углеводов содержится в печени в виде гликогена. Около 1–2% гликогена содержится в мышцах. Уровень глюкозы в крови — важнейшая *гомеостатическая константа*. В норме содержание глюкозы в плазме составляет 4,22–6,11 ммоль/л, в цельной капиллярной крови — 3,88–5,55 ммоль/л (60–100 мг%). Уровень глюкозы в крови регулируют гормоны инсулин, глюкагон, адреналин, соматотропин и кортизол.

1.4. ОБМЕН МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ВОДЫ

Вода у взрослого человека составляет от 60 до 70% массы тела. Основная ее часть (около 71%) входит в состав протоплазмы клеток (внутриклеточная вода). Внеклеточная вода (около 21%) входит в состав тканевой или интерстициальной жидкости, 8% составляет вода плазмы крови. Вода служит средой, в которой происходят процессы обмена веществ в клетках, органах и тканях. Поступление воды в организм регулируется потребностью в ней, на основе чего возникает мотивация жажды.

Минеральные соли относятся к числу пищевых продуктов. Несмотря на то что они не обладают питательной ценностью, они нужны организму как вещества, участвующие в обмене веществ. На значение минеральных элементов в конце XIX в. обратил внимание русский ученый Н.И. Лунин. У мышей, получавших пищу, не содержащую солей, он наблюдал выраженные нарушения в организме вплоть до гибели животных.

В состав тканей организма входят почти все элементы, встречающиеся в природе. Одни из них, так называемые *макроэлементы*, содержатся в тканях в значительных количествах — от 10^{-2} до 10^{-3} , другие, *микроэлементы*, в очень небольших — от 10^{-6} до 10^{-12} массы ткани. Первые играют роль пластического материала в построении тканей, создают оптимальные физико-химические условия для физиологических процессов. Вторые, наряду с ферментами, гормонами, витаминами, принимают участие в обмене веществ в качестве биологических катализаторов химических процессов в тканях и средах организма.

Ионам *кальция* принадлежит важная роль в биологических процессах организма. Кальций — основной компонент костного скелета и зубов. Присутствуя в крови, он регулирует возбудимость клеток центральной нервной системы (ЦНС), участвует в передаче нервных импульсов и процессах свертывания крови, обеспечивает мышечное сокращение. Кальций необходим для секреторной активности практически всех эндо- и экзокринных железистых клеток. Ионы кальция служат вторыми посредниками внутриклеточных биохимических реакций.

Концентрация кальция в плазме составляет 2,3–2,7 ммоль/л (8,5–10,3 мг%). Немногим более половины этого количества (1,05–1,3 ммоль/л) находится в ионизированном состоянии, остальная часть связана с белками и анионами органических кислот, например с цитратом.

1.5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ВИТАМИНОВ

Витамины относятся к группе органических соединений, необходимых для нормальной жизнедеятельности. Они регулируют все виды обмена веществ, клеточное дыхание, участвуют в синтезе жирных кислот, гормонов, в обмене кальция и фосфора, свертывании крови, являются составной частью ферментов, участвующих в биохимических процессах в клетках. При недостатке или отсутствии витаминов в пище соответствующие ферменты не образуются и обмен веществ нарушается. В настоящее время известно более 20 различных витаминов, которые делят на *водорастворимые* и *жирорастворимые*.

Витамины, растворимые в жирах, участвуют в обменных процессах, повышают устойчивость организма к неблагоприятным факторам. Например, витамин Q (убихинон) усиливает процессы биологического окисления, витамин К повышает свертывание крови, витамин А улучшает остроту зрения, витамин D способствует нормальному отложению солей кальция и фосфора в костях, витамин Е способствует нормальной трофике в мышечной ткани, витамин F препятствует развитию атеросклероза.

Водорастворимые витамины обуславливают нормальное функционирование нервной ткани (витамин B₆), участвуют в процессах биологического окисления (витамины B₂, PP), обмене и синтезе аминокислот (B₆), нуклеиновых кислот (B₁₂), жиров и жироподобных веществ.

При отсутствии какого-либо витамина или его предшественника возникает патологическое состояние, получившее название «авитаминоз». Менее выраженная его форма, *гиповитаминоз*, наблюдается при недостатке витамина.

Проявление недостаточности витаминов возможно при нарушении их всасывания в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) либо в результате неправильного, несбалансированного, малокалорийного рациона, при питании преимущественно консервами, продуктами, подвергшимися копчению либо длительной тепловой обработке. При достаточной калорийности пищи гиповитаминоз может развиваться в случае однообразия рациона питания.

1.6. ОБМЕН ЭНЕРГИИ

Для обеспечения нормальных условий жизнедеятельности человека важно соответствие количества расходуемой энергии тому количеству, которое он восполняет. Общее количество энергии не зависит от промежуточных стадий ее превращения, а определяется только начальным и конечным состоянием химической системы, поэтому общие энергетические затраты организма можно точно определить по количеству тепла, выделенного им во внешнюю среду. Высвобождающаяся при этом энергия выражается в единицах тепла — калориях, методы определения количества образовавшейся в организме энергии называются *калориметрическими*. В качестве основной единицы энергии принят джоуль (Дж): 1 ккал = 4,19 кДж.

Существуют два вида калориметрии: прямая и непрямая (косвенная).

Прямая калориметрия — метод определения энергетических затрат организма по количеству выделенного им тепла (рис. 1.1). Прямую калориметрию проводят в специальных камерах-биокалориметрах, где поддерживаются постоянные газовый состав среды, влажность и давление. Общее количество выделенного организмом тепла рассчитывают по объему циркулирующей в трубах охлаждения воды и изменению ее температуры. Более широкое распространение получил метод непрямой калориметрии.

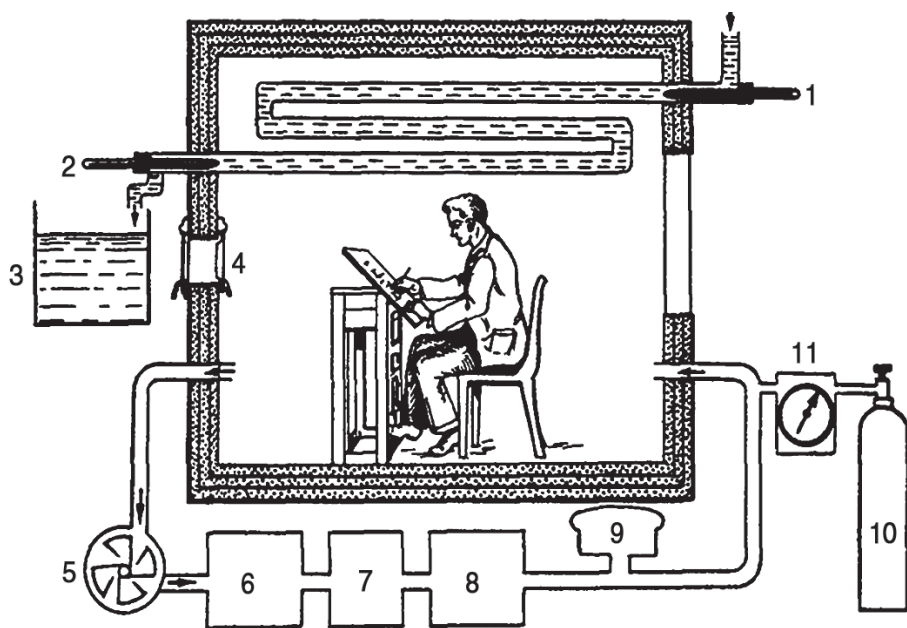


Рис. 1.1. Прямая калориметрия (биокалориметр Этуотера-Бенедикта): 1–3 — жидкостный теплообменник; 4 — окно для наблюдения; 5 — вентилятор; 6–7 — фильтры; 8 — поглотитель влаги; 9 — поглотитель CO_2 ; 10–11 — баллон с кислородом и манометром

Непрямая калориметрия бывает нескольких видов.

1. *Непрямая калориметрия, основанная на учете теплотворной способности питательных веществ.* Теплотворную способность, или калорическую ценность питательных веществ, определяют при сжигании 1 г вещества в специальном калориметре («бомба» Бертло) путем пропускания электрического тока. Сам калориметр погружен в воду; о количестве выделившегося тепла судят по изменению температуры воды. Калорическая ценность 1 г белка, а также 1 г углеводов равна 4,1 ккал (17,17 кДж), 1 г жира — 9,3 ккал (38,96 кДж). В живом организме эти вещества не горят, а медленно окисляются, но конечный эффект остается таким же. Зная количество принятых питательных веществ и их калорическую ценность, можно рассчитать количество энергии, выделившейся в организме.
2. *Непрямая калориметрия, основанная на данных газового анализа.* Окисление питательных веществ сопровождается потреблением определенно-

го количества кислорода и выделением соответствующего количества углекислого газа за один и тот же промежуток времени. При этом выделяется тепло. Соотношение между количеством углекислого газа, выделившегося в процессе окисления, и количеством кислорода, пошедшего на окисление, называется *дыхательным коэффициентом*. Последний при окислении белков равен 0,8, жиров — 0,7, углеводов — 1,0. Таким образом, по величине дыхательного коэффициента можно судить о том, какие вещества преимущественно окисляются в организме. При питании смешанной пищей дыхательный коэффициент равен 0,85–0,9.

Экспериментальными исследованиями установлено, что каждому значению дыхательного коэффициента соответствует определенный *калорический эквивалент кислорода*, т.е. количество тепла, высвобождаемое при полном окислении какого-либо вещества до углекислого газа и воды в 1 л кислорода (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Соотношение дыхательного коэффициента и калорического эквивалента кислорода

Соотношение	Дыхательный коэффициент						
Калорический эквивалент кислорода	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
кДж	19,6	19,8	20,1	20,4	20,6	20,8	21,1
ккал	4,68	4,73	4,80	4,86	4,92	4,98	5,05

Калорический эквивалент кислорода при питании смешанной пищей равен 4,8 ккал (20,1 кДж). Это означает, что при полном сгорании пищевых веществ в атмосфере 1 л кислорода выделяется 4,8 ккал (20,4 кДж). Определив реальное количество кислорода, потребленного организмом, можно рассчитать энергетические затраты.

Интенсивность обменных процессов и превращения энергии зависит от индивидуальных особенностей организма — пола, возраста, массы тела и роста, условий и характера питания, от физической нагрузки, состояния эндокринных желез, нервной системы и внутренних органов. Существенную роль играют и условия внешней среды — температура, давление, влажность воздуха. Минимальные для бодрствующего организма затраты энергии, определенные в строгих стандартных условиях, составляют *основной обмен*. Энергия основного обмена необходима для поддержания жизнедеятельности организма; она обеспечивает деятельность систем кровообращения, дыхания, выделения, функций мозга и других внутренних органов. Исследование основного обмена проводят:

- ▶ в положении лежа, при полном мышечном и эмоциональном покое (так как мышечное и эмоциональное напряжение значительно повышают энергозатраты);
- ▶ натощак, т.е. спустя 14–16 ч после приема пищи (для исключения ее *специфического динамического действия* — увеличения основного обмена после приема пищи). Прием белковой пищи увеличивает основной обмен в среднем на 30%, жирной и углеводной пищи — на 14–15%. Эффект возникает примерно через 1 ч после приема пищи и сохраняется несколько часов;

- ▶ при температуре комфорта — 18–20 °С: температура выше или ниже этих значений может значительно изменить (увеличить или уменьшить) энергозатраты;
- ▶ при исключении в течение 3 сут перед исследованием приема белковой пищи.

В среднем величина основного обмена составляет 1 ккал в час на 1 кг массы тела. У мужчин в сутки основной обмен равен примерно 1700 ккал, у женщин он на 10% ниже.

Суточный расход энергии у здорового человека составляет рабочий обмен. Он значительно превышает величину основного обмена и складывается из следующих компонентов:

- ▶ основного обмена;
- ▶ рабочей прибавки, т.е. энергозатрат, связанных с движением и выполнением той или иной работы;
- ▶ специфического динамического действия пищи.

1.7. ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Питание человека должно быть рациональным. Оно должно точно соответствовать потребностям организма в пластических веществах и энергии, минеральных солях, витаминах и воде, обеспечивать нормальную деятельность организма, хорошее самочувствие, высокую работоспособность, высокую сопротивляемость инфекциям, правильный рост и развитие детского организма.

Основа рационального питания — сбалансированность, т.е. оптимальное соотношение компонентов пищи: аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, фосфатидов, стерина, сахаров, органических кислот.

Рациональный подход к организации питания предполагает соблюдение ряда принципов при составлении пищевого рациона, т.е. определении количества и состава продуктов питания, необходимых человеку в сутки.

Калорийность пищевого рациона должна покрывать энергетические затраты организма, которые определяются видом трудовой деятельности. В методическом руководстве «Нормы физиологических потребностей для взрослого населения» (МР Минздрава РФ 2.3.1.2432-2008) в соответствии с величиной энергозатрат выделяют 5 групп трудоспособного населения для мужчин и 4 — для женщин. В каждой группе выделены 3 возрастные категории: 18–29 лет, 30–39 лет и 40–59 лет.

- ▶ К 1-й группе относятся преимущественно работники умственного труда, руководители, медицинские работники, воспитатели и педагоги. Коэффициент физической активности (КФА) равен 1,4; энергетические траты этой группы находятся в пределах от 2100 до 2400 ккал.
- ▶ Ко 2-й группе относятся работники, занятые легким физическим трудом: работники радиоэлектронной, часовой промышленности, связи и телеграфа, сферы обслуживания, медицинские сестры и санитарки. КФА равен 1,6; энергетические затраты во 2-й группе составляют 2500–2800 ккал.

- ▶ 3-я группа представлена работниками, занятыми средним по тяжести трудом: слесари, токари, наладчики, химики, водители средств транспорта, врачи-хирурги, продавцы продовольственных магазинов и др. КФА равен 1,9; энергетические траты в этой группе составляют 2950–3300 ккал.
- ▶ К 4-й группе относятся работники тяжелого физического труда — механизаторы, сельскохозяйственные работники, металлурги, литейщики, плотники и др. КФА равен 2,2; энергозатраты составляют 3400–3850 ккал.
- ▶ В 5-ю группу включены работники, занятые особо тяжелым физическим трудом: каменщики, вальщики леса, сталевары, землекопы, грузчики. В эту группу входят представители только мужского пола, так как законодательством запрещается женская работа с такой интенсивностью труда. КФА равен 2,5; энергозатраты в этой группе находятся в пределах от 3750 до 4200 ккал.

Градации населения по группам основана на физиолого-биохимических особенностях и осуществляется по величине основного обмена с учетом КФА. КФА — отношение суточных энергозатрат к величине основного обмена. Если, к примеру, энергозатраты на все виды жизнедеятельности в 2 раза выше величины основного обмена для соответствующей группы по полу и возрасту, это значит, что для данной группы КФА будет равен 2.

- ▶ Рацион составляют с учетом калорической ценности питательных веществ. Окисление питательного вещества в организме сопровождается выделением тепла. Так, при поступлении 1 г белка и 1 г углеводов выделяется по 4,1 ккал, 1 г жиров — 9,3 ккал.
- ▶ Допустимо использование закона изодинамии питательных веществ, т.е. взаимозаменяемости белков, жиров и углеводов на основе энергетической ценности питательных веществ. Например, 1 г белка может быть заменен 1 г углеводов. Однако следует помнить, что такая замена возможна только на короткое время, так как питательные вещества выполняют не только энергетическую, но и пластическую функцию.
- ▶ В пищевом рационе должно содержаться оптимальное для данной группы работников количество белков, жиров и углеводов в соотношении 1:1:4. Например, для работников 1-й группы в суточном рационе должно быть не менее 70 г белков, 80 г жиров и 400 г углеводов. Особое значение имеет содержание белков в суточном рационе. О достаточности или недостаточности белкового рациона позволяет судить так называемый азотистый баланс — соответствие количества азота, вводимого с пищей, количеству азота, выводимого из организма. В норме должно соблюдаться указанное азотистое равновесие.
- ▶ Пищевой рацион должен:
 - полностью удовлетворять потребности организма в витаминах и минеральных солях;
 - содержать полноценные и неполноценные белки; рекомендуется включать в пищевой рацион 1/3 суточной нормы белков и жиров животного происхождения;
 - включать достаточное потребление воды с учетом ее суточной экскреции.

- ▶ При составлении суточного рациона питания следует учитывать объем пищи, так как от наличия в ней балластных веществ, растительных волокон зависят чувство насыщения, а также моторная функция ЖКТ.
- ▶ Необходимо учитывать степень усвоения различных питательных веществ. Лучшее их усвоение обеспечивается правильным режимом питания.
- ▶ При составлении пищевого рациона необходимо помнить, что внешний вид, запах, обстановка приема пищи, вкус имеют большое значение для условно-рефлекторной регуляции функций ЖКТ.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что изучает физиология?
2. Какие методологические направления использует физиология?
3. Что является существенным признаком жизни?
4. Какие конечные продукты образуются в результате обмена углеводов, жиров и белков?
5. Что характеризует основной обмен?
6. Каковы основные принципы организации рационального питания?