

Л. К. КАРАУЛОВА, Н. А. КРАСНОПЕРОВА,  
М. М. РАСУЛОВ

# ФИЗИОЛОГИЯ

*Рекомендовано  
Учебно-методическим объединением  
по образованию в области физической культуры и спорта  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности «Физическая культура и спорт»*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2009

УДК 612(075.8)  
ББК 28.073я73  
К845

Рецензенты:

канд. биол. наук, проф. *Л. Л. Головина* (Российский государственный университет физической культуры, спорта и туризма);  
д-р биол. наук, проф. *Н. П. Александрова*  
(Столичная финансово-гуманитарная академия)

**Караулова Л. К.**

К845 Физиология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Л. К. Караулова, Н. А. Красноперова, М. М. Расулов. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 384 с., [8] с. цв. вкл.  
ISBN 978-5-7695-5422-3

В учебном пособии с учетом возрастных и половых особенностей развития человека показана роль нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем в регуляции обмена веществ. На основании данных анатомии и физиологии человека рассмотрены механизмы адаптации организма к двигательной активности; изложены физиологические механизмы компенсации нарушенных функций организма методами адаптивной физической культуры.

Для студентов высших учебных заведений. Может заинтересовать работников физической культуры и спорта, осуществляющих образовательную деятельность.

УДК 612(075.8)  
ББК 28.073я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается*

© Караулова Л. К., Красноперова Н. А., Расулов М. М., 2009  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009  
ISBN 978-5-7695-5422-3 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Организм человека — сложная многоуровневая система. Все его клетки и ткани поддерживают между собой связь, их деятельность четко скоординирована, все органы и системы человеческого тела функционируют согласованно, представляя организм как единое целое не только в процессе работы, но и в состоянии физиологического покоя (и даже во время сна). Сердце прокачивает кровь, направляя ее по всему организму, желудочно-кишечный тракт «переваривает» питательные вещества, почки выводят из организма продукты распада, легкие усваивают кислород, мышечный тонус находится в оптимальном режиме. Умственная или физическая работа повышают активность всех систем организма. С увеличением физической нагрузки возрастает и физиологическая активность мышц. Активным мышцам необходимо больше питательных веществ и кислорода, в них выше скорость обменных процессов и более эффективно происходит выведение продуктов распада. В учебном пособии рассмотрены процессы адаптации организма к физическим нагрузкам и механизмы компенсации нарушенных функций.

Содержание учебного материала отличается от традиционного, так как включает не только изложение теоретического материала по различным отделам физиологии, но и описание практических занятий. В пособии рассматриваются вопросы общей и возрастной физиологии, физиологии физической культуры и спорта, основы адаптивной физической культуры. Приведены основные методы и способы исследования физиологической нормы развивающегося организма в состоянии относительного покоя, в процессе выполнения физических упражнений, а также в восстановительном периоде после их окончания.

# ОБЩАЯ И ВОЗРАСТНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

## Глава 1

### История и методы физиологических исследований

Основополагающими вопросами рассмотрения любой фундаментальной науки являются история ее зарождения, основные этапы развития, предмет и методы исследования.

#### 1.1. История развития физиологической науки

Основными разделами современной физиологии является совокупность физиологических знаний, которые подразделяются на ряд отдельных, но взаимосвязанных направлений — *общую, частную и прикладную физиологию*.

Общая физиология — изучает общие для всех живых организмов механизмы основных жизненных процессов; частная — функции тканей, органов и систем. К прикладной физиологии относят возрастную физиологию и физиологию физического воспитания и спорта. Первая рассматривает закономерности индивидуального развития организма, вторая изучает изменение структур и функций организма под воздействием оздоровительной и спортивной тренировок.

Физиология, как и другие науки, возникла из потребностей медицины. Нельзя лечить больного человека, не зная, как функционируют отдельные органы и системы его организма. Первоначальные представления о функциях организма были сформулированы врачами и учеными Древней Греции — Гиппократом (460 — 377 лет до н. э.) и Аристотелем (384 — 322 гг. до н. э.), Древнего Рима — Галеном (201 — 131 гг. до н. э.), Древнего Китая, Индии.

Развитию физиологии в эпоху Возрождения способствовали достижения в анатомии. Труд А. Везалия «Структура человеческого тела» (1543) изменил направление последующих исследований в физиологии. В 1628 г. английский врач В. Гарвей открыл круги кровообращения. Этот год считается годом рождения физиологии как науки. В эту же эпоху французский ученый Р. Декарт ввел

понятие «рефлекс» (отражение). XVIII в. отмечен работами гениального русского ученого М. В. Ломоносова и немецкого физика Г. Гельмгольца о трехкомпонентной природе цветового зрения; трактатом чеха Г. Прохазки о функциях нервной системы и наблюдениями итальянца Л. Гальвани о животном электричестве в нервах и мышцах. В XIX в. английский физиолог Ч. Шеррингтон сформулировал основные положения об интегративных процессах в нервной системе (1906). Итальянец А. Моссо провел первые исследования по утомлению. И. Р. Тарханов зарегистрировал изменения постоянных потенциалов кожи человека при раздражении (феномен Тарханова).

Этап развития физиологии второй половины XIX и начала XX в. связан с именем великого русского ученого И. М. Сеченова (1829 — 1905). Ему принадлежат основополагающие исследования во многих разделах физиологии: изучение газового состава крови, процессов утомления и «активного отдыха», открытие в 1862 г. торможения в центральной нервной системе («сеченовское торможение»). В труде «Рефлексы головного мозга» (1863) И. М. Сеченов впервые теоретически обосновал физиологическую природу психических процессов человека и описал рефлекторный механизм его поведенческих реакций.

Идеи И. М. Сеченова были продолжены его учениками Н. Е. Введенским и А. А. Ухтомским. Н. Е. Введенский (1852 — 1922) сформулировал понятия о парабioзе (от греч. *para* — возле; *bio* — жизнь) и лабильности нервной и мышечной тканей. А. А. Ухтомский (1875 — 1942) создал учение о доминанте (от лат. *dominantis* — господствующий). И. П. Павлов (1849 — 1936) в условиях хронического эксперимента впервые обосновал механизм образования условных рефлексов. Его работы открыли новый раздел физиологии — физиологию высшей нервной деятельности. В 1904 г. за работы в области нервной регуляции пищеварения И. П. Павлову была присуждена Нобелевская премия. Физиологические основы поведения человека и роль сочетанных рефлексов были разработаны В. М. Бехтеревым (1857 — 1927).

Большая заслуга в развитии современной физиологии принадлежит ученикам И. П. Павлова. Так, Л. А. Орбели (1882 — 1958) создал учение об адаптационно-трофической функции симпатической нервной системы. К. М. Быков (1886 — 1959), применив метод условных рефлексов, впервые показал роль коры головного мозга в регуляции функций внутренних органов. П. К. Анохин (1899 — 1974) ввел понятие о функциональных системах, лежащих в основе формирования целостных поведенческих фактов. Крупный вклад в развитие физиологии внесли М. Н. Ливанов — основатель отечественной электроэнцефалографии, В. В. Парин, возглавивший исследования в новой отрасли — космической физиологии, Н. А. Бернштейн — один из основных разработчиков

физиологии двигательной активности, и многие другие исследователи.

Возрастная анатомия и физиология как самостоятельная наука определилась и стала развиваться в России только с конца XIX в. Основоположником ее считают русского педиатра Н. П. Гундобина. В 1906 г. была опубликована его книга «Особенности детского возраста». Н. П. Гундобин был одним из основателей и руководителей Союза борьбы с детской смертностью в России (1913). В 1922 г. открылся Государственный научный институт охраны материнства и детства, который возглавил профессор Г. Н. Сперанский. Большой вклад в развитие возрастной анатомии и физиологии внесли выдающиеся советские педиатры Г. С. Медовиков, М. С. Маслов, А. Ф. Тур, В. И. Молчанов, Ю. Ф. Домбровская и многие другие.

Первый опубликованный учебник по физиологии физических нагрузок принадлежит английскому исследователю Ф. Ла Гранжу — «Физиология физической нагрузки» (1889). А. В. Хилл получил Нобелевскую премию за исследования энергетического метаболизма (1921). Основателем отечественной физиологии спорта является А. Н. Крестовников (1885 — 1955), написавший первый учебник по физиологии человека для студентов институтов физической культуры (1938) и первую монографию по физиологии спорта (1939). В области физиологии спорта работали известные ученые Е. К. Жуков, В. С. Фарфель, Н. В. Зимкин, А. С. Мозжухин и др.

В 1996 г. был утвержден Государственный образовательный стандарт по специальности «Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура)». Инициатором и разработчиком данного направления стала кафедра теории и методики адаптивной физической культуры им. П. Ф. Лесгафта, возглавляемая академиком С. П. Евсеевым.

## 1.2. Физиология как предмет и характеризующие его понятия

**Физиология** (от греч. *phisis* — природа; *logos* — учение, наука) — наука о функциях и процессах, протекающих в организме, и механизмах их регуляции, обеспечивающих жизнедеятельность человека в его взаимодействии с окружающей средой. Под **функцией** понимают специфическую деятельность органа или системы органов. **Физиологический процесс** определяют как последовательную смену явлений или состояний в развитии какого-либо действия либо совокупность последовательных действий, направленных на достижение определенного развития.

Понятие **система** в физиологии подразумевает совокупность органов или тканей, связанных общей функцией. Свойство клеток, органов и систем организма выполнять специфические функции, сохраняя характерные для них величины в течение определенного времени, характеризует **надежность биологических систем**. Организм повышает свою надежность различными способами: 1) путем усиления регенеративных процессов, в результате которых происходит замена погибших клеток; 2) парностью органов (почки, доли легких и др.); 3) включением, по мере возрастания активности, ранее не функционирующих (резервных) систем; 4) использованием охранительного торможения; 5) достижением одного и того же результата разными поведенческими действиями.

Физиология изучает жизнедеятельность организма в норме. **Физиологическая норма** — это биологический оптимум жизнедеятельности; **нормальный организм** представляет собой оптимально функционирующую систему с четкими **механизмами** (способами) регулирования всех ее процессов или функций. Под **регуляцией** понимают направленное изменение функций с целью обеспечения приспособительной деятельности органов и систем организма. **Реакцией** называют изменения (усиление или ослабление) деятельности отдельных структур или целого организма в ответ на **раздражение**, т.е. на воздействие внешних или внутренних факторов — **раздражителей (стимулов)**. Чем сильнее и продолжительнее воздействие раздражителя, тем сильнее (до определенного предела) ответная реакция. По силе воздействия раздражители подразделяются на: **пороговый** (наименьший по величине стимул, вызывающий видимую ответную реакцию); **подпороговый** (величина данного стимула не вызывает ответной реакции), **максимальный** (вызывает максимальное воздействие) и **сверхмаксимальный** (величина данного стимула может оказывать болевой или повреждающий эффект, либо приводить к неадекватным ощущениям). Ответная реакция организма на раздражение **нервных окончаний** (рецепторов), происходящая при участии **центральной нервной системы**, называется **рефлексом**.

Под влиянием различных раздражителей (стимулов), вследствие свойства живой клетки — возбудимости, в организме осуществляются процессы возбуждения и торможения. **Возбудимость** — способность живых клеток воспринимать изменения внешней или внутренней среды и отвечать на эти изменения реакцией возбуждения. Чем ниже пороговая сила раздражителя, тем выше возбудимость, и наоборот. **Возбуждение** — активный физиологический процесс, в основе которого лежат сложные физико-химические процессы клеточных мембран. В физиологии к возбудимым тканям относят нервную, мышечную и железистую. Процесс, противоположный возбуждению, — **торможение** — также является активной реакцией на раздражение. Торможение

приводит к уменьшению или предупреждению возбуждения и проявляется подавлением или угнетением деятельности клеток, тканей или органов. Способность ткани осуществлять единичный процесс возбуждения за определенный промежуток времени называется *лабильностью*. Предельный ритм импульсов, который возбудимая ткань в состоянии воспроизвести в единицу времени, является *мерой лабильности*, или *функциональной подвижности*, ткани.

Важной особенностью организма человека является постоянство химического состава и физико-химических свойств его внутренней среды, что обозначается термином *гомеостазис (гомеостаз)*. *Внутренняя среда организма* — совокупность жидкостей (кровь, лимфа, тканевая жидкость), принимающих непосредственное участие в процессах обмена веществ и поддержания гомеостазиса в организме. Постоянство внутренней среды обеспечивается совокупностью физиологических механизмов, поддерживающих *биологические константы* организма на уровне оптимума: температуру тела, осмотическое давление крови и тканевой жидкости, содержание в них микроэлементов, белков, сахара, концентрацию водородных ионов и др. Постоянство биологических констант является не абсолютным, а *относительным* и *динамическим*. Оно корректируется в зависимости от изменений внешней среды и в результате жизнедеятельности организма, т. е. имеет приспособительный характер.

*Обмен веществ и энергии (метаболизм)* включает поступление в организм из внешней среды с пищей сложных органических соединений, их переработку и усвоение с последующим выделением продуктов распада. Метаболизм состоит из двух процессов: анаболизма и катаболизма. *Анаболизм* обеспечивается реакциями *ассимиляции*, т. е. синтезом в организме собственных сложных химических соединений (белков, углеводов, жиров) из простых; процессы протекают с накоплением энергии. *Катаболизм* сопровождается реакциями *диссимиляции*, т. е. разрушением, распадом, расщеплением сложных органических веществ до простых, идущих с выделением энергии.

*Адаптацией* называют приспособление живого организма к меняющимся условиям среды; для человека это означает возможность приспособления не только к природным, но также к производственным и социальным условиям.

### 1.3. Методы физиологических исследований

Физиология — наука экспериментальная. Она располагает двумя основными методами исследования — *наблюдением* и *экспериментом (опытом)*. Наблюдение позволяет проследить



за работой того или иного органа (например, сокращение обнаженного сердца). Однако наблюдение не отвечает на вопросы, почему сердце сокращается и как регулируется его деятельность. Для ответа необходим эксперимент. В зависимости от цели и задач, стоящих перед исследователем, эксперимент может быть *острым* и *хроническим*. Острые опыты осуществляются на специальных лабораторных животных в условиях вивисекции (живосечения) и позволяют получить представление об отдельных функциях лишь в течение короткого времени. Кроме того, наркоз, травма, кровопотеря извращают нормальное течение функций, которое возможно только в целом организме, и, как правило, ведут к гибели подопытных животных. Полученные в острых опытах результаты не отражают истинных явлений, происходящих в целом организме, тем не менее, такой подход к изучению живого организма, получивший название *аналитического метода*, широко используется в научных исследованиях. Хронический эксперимент позволяет изучать функции организма в условиях нормального взаимодействия его с окружающей средой в течение длительного времени (до нескольких лет). При этом можно изучать как функцию отдельного органа, так и его взаимосвязь с другими органами. Разработка данного эксперимента принадлежит И. П. Павлову. Такой подход, получивший название *синтетического метода*, находит все большее применение, а в целом ряде исследований является единственно возможным.

В хронических экспериментах на животных с помощью хирургических методов, таких как *экстирпация (удаление)* или *пересадка* органов и тканей, можно в течение длительного времени наблюдать за изменением тех или иных функций и организма в целом.

Современные достижения электроники позволяют изучать многие функции и в человеческом организме, используя *электрофизиологические методы* исследования — регистрацию *биотоков сердца* (электрокардиография), *головного мозга* (электроэнцефалография), *скелетных мышц* (электромиография), *желудка* (электрогастрография) и др. Развитие радиотелеметрии позволяет регистрировать функции на больших расстояниях. Компьютерные технологии и специальные программы применяются для анализа физиологических данных. С помощью *компьютерной томографии*, не вскрывая головного мозга, можно видеть структурные изменения на различной его глубине.

#### **1.4. Биоэлектрическая активность возбудимых тканей**

Основой проявления функций возбудимых тканей является образование биологических токов (*биотоков*). К факторам, определяющим формирование биологического электричества, относят:

особенность структуры мембраны клеток, концентрационный градиент (разность концентрации), в первую очередь ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  внутри и вне клетки (асимметрия ионов), и виды транспорта веществ через мембрану.

Мембрана клетки состоит из двух слоев **липидов**, гидрофильные «головки» которых повернуты наружу, а гидрофобные «хвосты» внутрь друг к другу (см. цветную вклейку, рис. 1). Между ними свободно располагаются **белковые молекулы**, выполняющие разнообразные функции: рецепторные белки; белки ионных каналов, обеспечивающие пассивное движение ионов калия; белки, ответственные за активный перенос ионов натрия.

В мембране белки формируют три вида ионных каналов: 1) каналы утечки калия, они всегда открыты; 2) каналы натрий-калиевого насоса, которые за счет энергии АТФ активно перекачивают натрий из клетки наружу, а калий внутрь клетки; 3) натриевые каналы, закрытые в состоянии покоя (рис. 1.1).

Перемещение веществ осуществляется двумя механизмами: пассивным и активным транспортом. **Пассивный транспорт** протекает без помощи специфического переносчика за счет **градиента концентрации** ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  (в цитоплазме клетки ионов  $\text{K}^+$  в 30 — 50 раз больше, чем в окружающей клетку тканевой жидкости, а ионов  $\text{Na}^+$  в 8 — 10 раз меньше) путем **диффузии**.

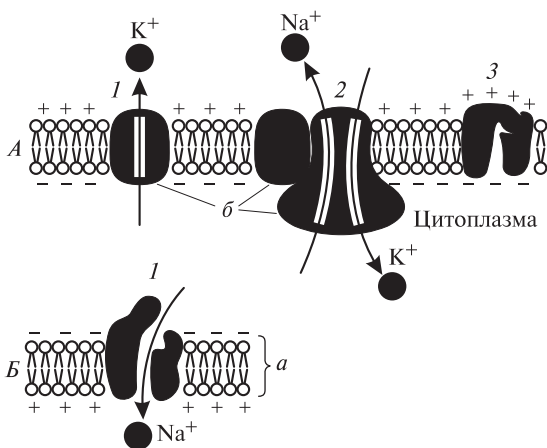


Рис. 1.1. Мембрана возбудимых клеток в покое (А) и при возбуждении (Б):

А — каналы «утечки калия» (1), «натрий-калиевый насос» (2) и закрытый в покое натриевый канал (3); Б — открытый при возбуждении натриевый канал (1), вхождение ионов натрия в клетку и смена зарядов на наружной и внутренней сторонах мембраны; а — двойной слой липидов; б — белки мембраны

**Активный транспорт** против градиента концентраций осуществляется *белками-переносчиками* с использованием энергии АТФ. Этот механизм транспорта называют *натрий-калиевым насосом*. При этом ионы  $\text{Na}^+$  активно перекачиваются из клетки наружу, а ионы  $\text{K}^+$  закачиваются внутрь клетки.

Разность потенциалов между мембраной и цитоплазмой клетки в состоянии относительного покоя называют **мембранным потенциалом** (МП), или **потенциалом покоя** (МПП). Он обусловлен пассивным транспортом ионов  $\text{K}^+$  через калиевые каналы в окружающую среду за счет так называемой утечки калия из клетки (см. рис. 1.1, А). В результате ионы калия создают положительный заряд на поверхности мембраны. Внутренняя часть мембраны по отношению к наружной оказывается заряженной отрицательно, так как в клетке увеличивается количество свободных анионов. Вследствие того, что по обе стороны мембраны имеется определенная разность потенциалов, мембрана в состоянии покоя *поляризована*. Для нейрона МПП равен  $-70 \dots -80$  мВ, для мышечного волокна  $-90$  мВ (рис. 1.2). Для поддержания градиента концентрации  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  периодически включается натрий-калиевый насос.

Внешнее раздражение (стимул) повышает проницаемость мембраны для ионов натрия за счет открывания натриевых каналов. Вследствие этого положительно заряженные частицы перемещаются внутрь клетки, и исходная разность потенциалов по обе стороны мембраны уменьшается, — происходит *деполяризация мембраны*. Подпороговые раздражители вызывают небольшую

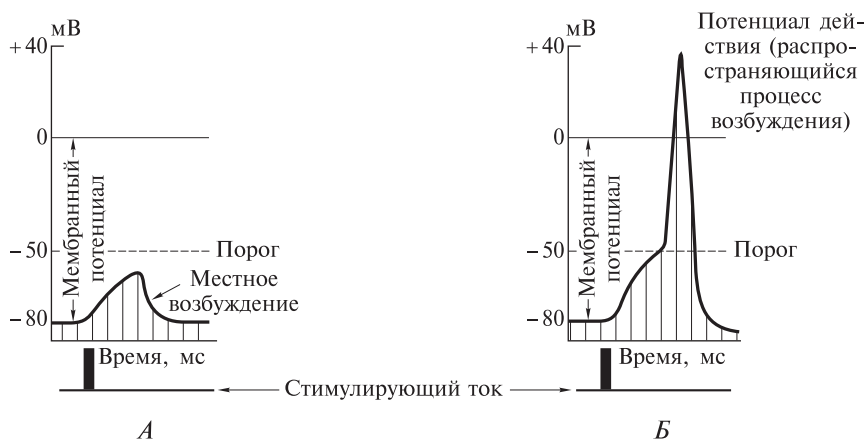


Рис. 1.2. Электрические процессы на мембране при действии подпорогового (А) и порогового (Б) стимулов:

А — местное возбуждение; Б — генерация потенциала действия

деполяризацию, так как открывается небольшая часть натриевых каналов и в клетку проникает незначительное количество натрия. При этом на мембране регистрируются *местные (локальные) изменения потенциала* (рис. 1.2, А).

При увеличении силы раздражения открывается значительная часть натриевых каналов, и изменения мембранного потенциала достигают *порога возбудимости*, или *критического уровня деполяризации*, равного примерно  $-20$  мВ (величина МПП при этом снижается до  $-50$  мВ). В данный период происходит лавинообразное вхождение ионов натрия внутрь клетки, вызывающее резкое изменение мембранного потенциала, которое регистрируется в виде *потенциала действия* (ПД). Внутренняя сторона мембраны в месте возбуждения оказывается заряженной *положительно*, а внешняя — *отрицательно* (см. рис. 1.1, Б; рис. 1.2). ПД длится около  $1-2$  мс, после чего начинается *фаза реполяризации*. Натриевые каналы закрываются. Выходящие из клетки ионы калия вызывают быстрое снижение ПД. В связи с этим в ПД различают кратковременную высоковольтную часть — *пик* (или спайк) и длительные малые колебания — *следовые потенциалы*. ПД мотонейронов имеют амплитуду пика около  $100$  мВ и длительность около  $1,5$  мс; ПД скелетных мышц достигают  $120-130$  мВ, а их длительность равна  $2-3$  мс. В процессе восстановления после ПД включается натрий-калиевый насос, обеспечивающий «откачку» излишних ионов натрия наружу и «накачивание» потерянных ионов калия внутрь, при этом затрачивается около  $70\%$  всей необходимой клетке энергии. Так происходит восстановление асимметрии ионов натрия и калия по обе стороны клеточной мембраны.

Возникновение ПД возможно только при достаточном количестве ионов натрия в тканевой жидкости, окружающей клетку. Так, при потере ионов натрия с выделяющимся потом во время тяжелой и продолжительной мышечной нагрузки, а также в условиях кислородного голодания и при высоком кислородном долге процесс возбуждения нарушается в результате инактивации натриевых каналов. На механизм инактивации натриевых каналов влияет концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в крови. При увеличении содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  возбудимость клеток снижается, а при их дефиците возрастает. В мышечной ткани это может вызывать непроизвольные мышечные судороги.

**Контрольные вопросы.** 1. Что собой представляет предмет *физиология человека*? 2. Какие разделы включает физиология? 3. Что обозначают понятия: «функция», «процесс», «система», «надежность биологических систем», «физиологическая норма», «адаптация», «механизм», «регуляция»? 4. Какими методами исследуют физиологические функции? 5. Какие формы физиологической активности вам известны? 6. Что



## Глава 2

# Онтогенез

**Онтогенез** (греч. *ontos* — особь, *genes* — развитие), или **индивидуальное развитие** организма, — это период с момента оплодотворения яйцеклетки до смерти.

### 2.1. Физиологические закономерности роста и развития человека

Каждый возрастной период характеризуется определенным состоянием всех структурных уровней организма: клеточного, тканевого, органного, системного. Выделяют два этапа развития: **пренатальный** (антенатальный, или внутриутробный) и **постнатальный** (неонатальный, или внеутробный). С учетом количественных и качественных изменений в организме каждый из этих этапов подразделяют на возрастные периоды («возрастная периодизация») (табл. 2.1).

Под **развитием** понимают процесс количественных и качественных изменений в организме, приводящих к повышению уровня сложности организации и взаимодействию всех его систем. Развитие включает рост, дифференцировку тканей и органов, формообразование. **Рост** — прогрессивное количественное увеличение числа клеток за счет их *деления* (например, клеток костной ткани, эпителиальных клеток) или увеличения размеров клеток в результате *синтеза белков* (например, мышечных и нервных волокон). **Дифференцирование** — генетически обусловленный процесс специализации и совершенствования тканей и закладки органов развивающегося организма. **Формообразование** — качественные и количественные возрастные изменения пропорций тела.

Основными закономерностями возрастного развития являются: непрерывность, последовательность и гетерохронность (неравномерность). Чем моложе организм, тем интенсивнее он растет и развивается. **Непрерывность** развития обусловлена постоянным делением клеток и синтезом белков. **Последовательность** развития отдельных органов и тканей в ходе онтогенеза определяется созреванием необходимых структур и функций на данном этапе или в недалеком будущем. Так, для новорожден-

**Возрастные периоды онтогенетического развития**

Период	Возраст	
Пренатальный период		
Эмбриональный (зародышевый)	0 — 2 месяца	
Фетальный (плодный)	2 — 9 месяцев	
Постнатальный период		
Новорожденность	От рождения до 4 недель	
Грудной	4 недели — 1 год	
Раннее детство (ясельный)	1 — 3 года	
Первое детство (дошкольный)	4 — 7 лет	
Второе детство (отрочество, младший школьный возраст)	Мальчики 7 — 12 лет	
	Девочки 7 — 11 лет	
Подростковый (пубертатный, средний школьный возраст)	Мальчики 12 — 16 лет	
	Девочки 11 — 15 лет	
Юношеский (старший школьный возраст)	Юноши 16 — 22 года Девушки 15 — 21 год	
Зрелый I период	Мужчины 22 — 36 лет Женщины 21 — 35 лет Мужчины 36 — 60 лет Женщины 35 — 55 лет	
		II период
Пожилой		До 75 лет
Старческий		75 — 90 лет
Долгожители	90 лет и старше	

ного основное значение имеет развитие органов, обеспечивающих его существование в воздушной среде, тогда как для подростков важно развитие органов, связанных с половым созреванием. **Гетерохронность** характеризуется периодами ускорения и замедления формирования отдельных функций, органов и систем организма. Максимальный темп роста отмечают в антенатальном (внутриутробном) периоде и раннем детском возрасте. Так, например, начиная с двухмесячного возраста эмбрион увеличивается примерно на 1 — 1,5 мм в сутки. Если бы после рождения ребенок рос с такой же скоростью, то в 10 лет размеры его тела достигли бы 6 м. Длина тела к концу первого года жизни увеличивается на 47% относительно периода новорожденности, на

втором году жизни — на 13%, на третьем — на 9%. Постепенно темпы роста замедляются и вновь становятся интенсивными в подростковом возрасте; к 20—22 годам рост приостанавливается.

Детский организм, развиваясь по сложнейшей наследственно закрепленной программе, на протяжении жизни подвергается воздействию множества биологических и социальных факторов. Однако воздействие неблагоприятных экзогенных факторов может привести лишь к задержке развития, но не остановить его. При создании оптимальных условий темпы роста нормализуются. При этом ребенок сохраняет относительно устойчивое состояние в окружающей среде, которое достигается за счет нескольких физиологических механизмов, в первую очередь **системогенеза** (от греч. *genes* — происхождение, возникновение, образование) и **саморегуляции** физиологических функций.

Учение о системогенезе и гетерохронии (неравномерном созревании функциональных систем) создал выдающийся русский ученый П. К. Анохин. Под **функциональной системой** он понимал широкое функциональное объединение различных органов и тканей для достижения полезного (приспособительного) результата. При этом конечный результат рассматривается как системообразующий фактор. **Системогенез** как общая закономерность развития характеризуется **гетерохронным созреванием функциональных систем**, их поэтапным включением и сменой одной на другую — ту, которая на данном этапе онтогенеза составляет основу жизнедеятельности. Например, созревание структур, обеспечивающих сосательный рефлекс у новорожденного, происходит задолго до рождения ребенка.

На рост и развитие организма большое влияние оказывает его двигательная активность, поскольку каждое движение, начиная с зиготы, используя энергию, активизирует процессы синтеза как в клетке, так и в организме в целом. Согласно «энергетическому правилу скелетных мышц», сформулированному И. А. Аршавским, развитие организма находится в прямой зависимости от активности скелетной мускулатуры: гиподинамия, как и чрезмерная активность, тормозят этот процесс. Особенности энергетических процессов, а также преобразования кардио-респираторной системы в процессе онтогенеза находятся в зависимости от развития скелетной мускулатуры. Наряду с общими закономерностями каждый человек имеет свои индивидуальные особенности роста и развития.

Все факторы, характеризующие рост и развитие, можно условно разделить на три группы: генетические, средовые и трудноклассифицируемые. По данным генетики, скорость и пределы роста человека определяются приблизительно 100 генами. Влияние наследственности на показатели роста сказывается после 2 лет жизни. Выделяют два периода онтогенеза, когда между длиной



тела родителей и детей прослеживается отчетливая связь: от 2 до 9 лет и от 13 до 18 лет. Гены определяют, главным образом, темп и возможный предел роста при оптимальных условиях среды. К средовым факторам относят питание, витаминную обеспеченность, двигательный режим, эмоциональные нагрузки, острые и хронические заболевания, влияние климатогеографических условий и др. К трудноклассифицируемым факторам относят акселерацию.

## 2.2. Акселерация. Биологический возраст

**Акселерация** (от лат. *aceleracio* — ускорение) — процесс ускоренного роста и развития детей и подростков по сравнению с предшествующими поколениями за определенный исторический промежуток времени (*эпохальная акселерация*), а ускоренное физическое развитие в определенных возрастных группах — *индивидуальная акселерация*.

В последние десятилетия во всех странах мира произошли существенные изменения в физическом развитии детей. Отмечено увеличение антропометрических показателей, ускоренное физическое развитие и раннее наступление половой зрелости. Акселерация начинает проявляться уже во внутриутробном периоде развития и хорошо выражена у новорожденных. Исследование детей в Москве показало, что за последнее столетие вес тела 6-месячных детей увеличился на 500 г, длина тела на 1,5 см. Годовалые дети стали на 5 см длиннее и на 1,5—2 кг тяжелее. В последние десятилетия окостенение скелета завершается на 1—3 года раньше, в более ранние сроки появляются постоянные зубы, половое созревание девушек заканчивается в 13—15 лет, юношей в 15—17 лет. Взрослый человек в среднем на 10 см выше, чем 100 лет назад. Называются разные причины акселерации — внешние, средовые (лучшее, сбалансированное питание, занятия спортом, уровень радиации и др.) и наследственные. В связи с акселерацией изменяются стандарты мебели, одежды, обуви, пересматриваются сроки начала обучения в школе и начала спортивной специализации, режимы труда и отдыха детей.

Реальный уровень развития организма человека не всегда соответствует его *хронологическому*, или *паспортному, возрасту*, т. е. количеству прожитых лет. В связи с этим появилось понятие **биологический возраст**, который реально отражает состояние развития органов и систем организма в онтогенезе. Биологический возраст определяют по следующим признакам: общим размерам тела; темпам прорезывания молочных зубов и их замены на постоянные зубы (зубной возраст); по степени зрелости костной системы (костный возраст); показателям развития вторичных