# МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СПОРТА»

# КАФЕДРА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ, ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

# ФИЗИОЛОГИЯ МЫШЦ

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов

УДК 691:612.

Составители: Попова Н.Н., Артемьева С.С.

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов «Физиология мышц» подготовлено на кафедре медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин Воронежского государственного института физической культуры.

В пособии представлен материал лекционных и лабораторных занятий по теме «Физиология мышц», перечислены вопросы проверочных контрольных работ, представлены задания и задачи для индивидуального выполнения, темы рефератов и рекомендации по их написанию. Большой объем занимает справочный раздел, включающий словарь физиологических терминов с подробными комментариями, цифровой справочный материал, а также библиографический указатель.

Пособие рекомендовано для студентов 3 курса факультета дневной формы обучения по направлению подготовки 49.03.01. «Физическая культура» и 49.03.02 «Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура)»

Рецензенты: Д-р биол.наук, проф.каф. биохимии и физиологии клетки ВГУ

М.Ю. Грабович

Д.м.н., проф.. каф. медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин ВГАС

В.П.Федоров

# ОГЛАВЛЕНИЕ

| ПРЕДИСЛОВИЕ   | 4  |
|---|----|
| Лекционный материал по теме «Физиология мышц»:        | 6  |
| Двигательные единицы. Композиция мышц                 | 6  |
| Строение мышц. Механизм мышечного сокращения          | 8  |
| Химизм и энергетика мышечного сокращения              | 12 |
| Формы, типы и режимы мышечного сокращения             | 14 |
| Сила мышц, рабочая гипертрофия                        | 16 |
| Регуляция величины напряжения мышц                    | 19 |
| Материалы лабораторных занятий                        | 22 |
| Работа 1. Одиночные и тетанические сокращения         | 22 |
| Работа 2. Оптимум и пессимум частоты раздражения      | 24 |
| Работа 3. Зависимость амплитуды сокращения нервно-    | 26 |
| мышечного препарата от силы раздражителя              |    |
| Работа 4. Сила мышц. Работа при различной нагрузке    | 27 |
| Работа 5. Измерение усилий мышц (динамометрия). Закон |    |
| средних нагрузок                                      |    |
| Работа 6. Эргометрия (определение величины работы     | 30 |
| человека)   |    |
| Цифровой справочный материал                          | 31 |
| Словарь физиологических терминов и понятий            | 32 |
| Вопросы контрольных работ                             | 42 |
| Задания и задачи                                      | 46 |
| Темы рефератов и рекомендации по их оформлению        | 56 |
| Тестовый контроль по теме «Физиология мышц»           | 59 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК                              | 42 |

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью преподавания курса «Физиология человека» является ознакомление студентов с основными представлениями о физиологических процессах жизнедеятельности в состоянии покоя, во время занятий физической культурой и спортом, а также в период восстановления. Знание закономерностей функционирования систем человека в покое и при мышечных нагрузках позволит правильно построить тренировочный процесс и повысить его эффективность. Поэтому изучение физиологии необходимо будущему тренеру, учителю физкультуры, спортивному врачу и другим специалистам.

В процессе освоения дисциплины студент овладевает следующими общекультурными компетенциями: использование основных законов естественнонаучных дисциплин профессиональной деятельности, применением методов математического анализа моделирования, теоретического исследования; И экспериментального обшепрофессиональными способностью компетенциями: определять анатомо-морфологические, физиологические, биохимические, биомеханические, психологические особенности физкультурно-спортивной деятельности и характер ее влияния на организм человека с учетом пола и знание морфофункциональных, социально-психологических особенностей лиц с отклонениями в состоянии здоровья различных нозологических форм, возрастных и тендерных групп; профессиональными компетенциями: способностью использовать знания об истоках и эволюции формирования теории спортивной тренировки, медико-биологических и психологических основах и технологии тренировки в избранном виде спорта, сфере санитарно-гигиенических основах деятельности В культуры и спорта; способностью осуществлять самоконтроль, оценивать процесс и результаты индивидуальной спортивной деятельности, сохранять и поддерживать спортивную форму; знание закономерностей физических и психических качеств лиц с отклонениями в состоянии обусловленные кризисы, ИХ физическим психическим созреванием и функционированием, сенситивные периоды развития тех или иных функций; готовностью к использованию методов измерения и оценки физического развития, функциональной подготовленности, психического состояния лиц с отклонениями в состоянии здоровья и внесению коррекций в воздействия в зависимости от результатов измерений и(или) рекомендаций членов междисциплинарной команды; способностью проводить научные эффективности исследования ПО определению различных деятельности в сфере адаптивной физической культуры с использованием современных методов исследования

Будучи фундаментальной базой в познании адаптивных возможностей организма, «Физиология человека» как учебная дисциплина нуждается в глубоком и прочном усвоении студентами, что подразумевает большой объем самостоятельной работы. Целью настоящего издания является

повышение эффективности и качество самостоятельной работы студентов. На наш взгляд, оно будет способствовать усвоению основного содержания предмета, развитию логического, творческого мышления у студентов, стимулировать их к более глубокой подготовке к каждому занятию.

Поскольку разнообразие форм контроля существенно повышает эффективность учебного процесса, в пособие включены задания и задачи, выполнение которых требует творческой реализации полученных знаний. Задачи приведены с решениями, самостоятельная проработка которых будет способствовать развитию логического мышления и более глубокому усвоению теоретического материала. Для углубленного изучения ряда вопросов студентам предлагается подготовка рефератов. Для каждой из тем дается примерный план и рекомендации по написанию рефератов в целом.

Для облегчения подготовки к семинарам и существенной экономии времени большой объем в пособии занимает справочный раздел, представленный в виде словаря физиологических терминов и цифрового материала. Толкование ряда терминов и понятий дано в словаре более развернуто, чем это принято в кратких словарях с тем, чтобы у студента сложилось полное представление о том или ином явлении. Для справки приведен обширный цифровой материал, который позволяет количественно оценить физиологические функции организма в покое и при мышечной работе, в зависимости от возраста, пола и других факторов.

Заключает пособие библиографический список, подразделенный на основную и дополнительную литературу.

# **ЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ «МЫШЦЫ»**

### ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ. КОМПОЗИЦИЯ МЫШЦ.

Сокращение скелетных мышц возникает в ответ на нервные импульсы, идущие от специальных нервных клеток — мотонейронов. Мышцы и иннервирующие их мотонейроны составляют нервно-мышечный или двигательный аппарат человека.

Связь мотонейронов с мышцами осуществляется через аксоны, которые отходят от тел мотонейронов и в составе периферических нервов достигают мышц. Внутри мышцы каждый аксон многократно ветвится, образуя концевые веточки каждая из которых оканчивается на одном мышечном волокне, образуя нервно-мышечный синапс. Следовательно, один мотонейрон иннервирует столько мышечных волокон, сколько концевых веточек имеет аксон.

Мотонейрон, его аксон, нервно-мышечный синапс и мышечные волокна, иннервируемые этим аксоном, составляют вместе двигательную единицу (ДЕ). ДЕ представляет собой основной функционально-структурный элемент двигательного аппарата. С морфологической точки зрения двигательные единицы (ДЕ) отличаются друг от друга размерами: объёмом тела мотонейрона, толщиной его аксона и числом мышечных волокон, входящих в состав ДЕ.

Малая ДЕ включает относительно маленький мотонейрон с тонким аксоном и иннервирует небольшое число мышечных волокон (не более 10-12). Малые ДЕ входят в состав всех мелких мышц лица, пальцев рук и ног, и частично — в состав более крупных мышц. Большая ДЕ включает крупный мотонейрон с толстым аксоном и большее число мышечных волокон. Она входит в состав больших мышц туловища и конечностей. Морфологические различия ДЕ определяют и их функциональные различия (рис. 1). С функциональной точки зрения ДЕ разделяют на медленные и быстрые, соответственно с медленными и быстрыми мышечными волокнами.

Различия в физиологических характеристиках медленных и быстрых мышечных волокон - в их силе, скорости сокращения и выносливости - определяются их морфологическими и биохимическими особенностями.

Быстрые мышечные волокна как более толстые и содержащие большое миофибрилл обладают большей силой, чем количество медленные. Благодаря большей активности миозин-АТФазы они обладают и более высокой скоростью сокращений. Медленные мышечные волокна сравнению с быстрыми имеют богатую капиллярную сеть, что позволяет им получить большое количество кислорода из крови. Эти волокна содержат большое количество жиров, характеризуются высокой активностью окислительных ферментов. Bcë ЭТО обуславливает мышечными волокнами более эффективного аэробного, окислительного пути энергопродукции и определяет их высокую выносливость, т.е. способность к выполнению длительной работы преимущественно аэробного характера.

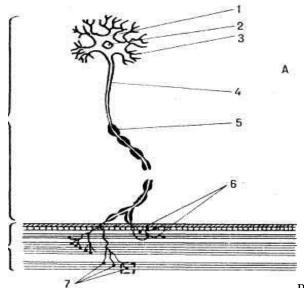


Рис. 1. Двигательная единица: 1 – тело мотонейрона, 2 – ядро, 3 – дендриты, 4 – аксон, 5 – миелиновые оболочки, 6 – концевые веточки аксона, 7 – нервно-мышечные синапсы

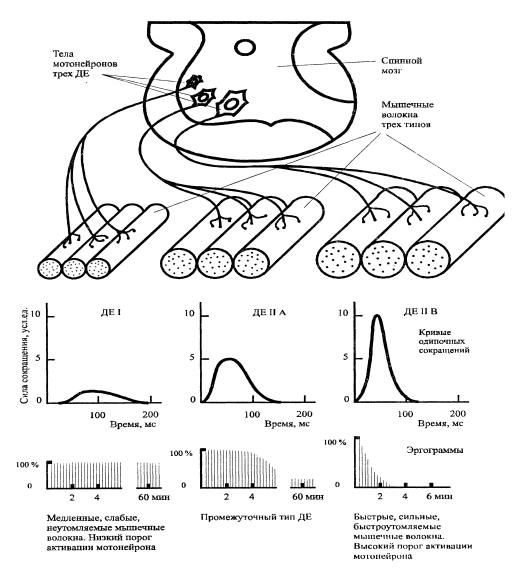


Рис.2. Двигательные единицы и их типы

По международной номенклатуре медленные волокна обозначают как медленные окислительные или So — тип (Slow — медленный, Oxisdative — окислительный), быстрые — быстрые гликолитические, или FG тип (Fast — быстрый, Glucolitie — гликолитические). Быстрые волокна в свою очередь делятся на два типа — быстрые окислительно-гликолитические (FOG) и быстрые гликолитические (FG).

С функциональной точки зрения быстрые окислительногликолитические волокна можно рассматривать как промежуточные между медленными и быстрыми гликолитическими.

Таким образом, нервно-мышечный аппарат человека составлен их трёх видов ДЕ – медленных неутомляемых (SO), быстрых малоутомляемых (FOG) и быстрых утомляемых (FG). В разных мышцах тела соотношение между числом этих волокон (мышечная композиция) неодинаково и очень сильно отличается у разных людей (табл. 1).

Процентное соотношение различных типов волокон в мышцах человека

| Мышца             | Средний %       | Соответственно     |
|-------------------|-----------------|--------------------|
|                   | медленного типа | быстрых типов II А |
|                   |                 | и II В             |
| Двуглавая плеча   | 49+/-13         | 51+/-13            |
| (бицепс)          |                 |                    |
| Трёхглавая плеча  | 33+/-15         | 67+/-15            |
| Дельтовидная      | 47+/-35         | 53+/-35            |
| Разгибатели спины | 56+/-30         | 44+/-30            |
| Наружная мышца    | 51+/-40         | 49+/-40            |
| бедра             |                 |                    |
| Икроножная        | 58+/-30         | 42+/-30            |
| Камбаловидная     | 84+/-20         | 16+/-20            |
| Четырёхглавая     | 70+/-30         | 30+/-30            |

Общая физиологическая характеристика мышц (сила, скорость сокращения, выносливость) определяется процентным соотношением в мышце типов волокон. Чем больше в мышце быстрых волокон, тем выше скорость сокращения, максимальная сила, развиваемая мышцей; тем больше «градиент силы» или «взрывная сила».

Поскольку быстрые волокна используют в большей степени анаэробный или гликолитический путь энергопродукции в мышцах с более высоким процентом таких волокон, максимальная концентрация лактата выше, чем в медленных. Быстрые мышцы приспособлены к кратковременной работе большой мощности. А чем выше в мышцах процент медленных волокон, тем они выносливее и обладают большей способностью к длительной работе. По мере старения человека число быстрых волокон в мышцах уменьшается.

СТРОЕНИЕ МЫШЦ, МЕХАНИЗМ СОКРАЩЕНИЯ. Скелетная мышца состоит из мышечных волокон, количество которых у человека в мышцах

Таблица 1

устанавливается через 5 месяцев после рождения и затем практически не изменяется.

В каждом мышечном волокие содержится до 1000 и более миофибрилл, состоящих из толстых и тонких сократительных нитей. Толстые нити состоят из белка миозина, тонкие из белка актина. (В одном грамме скелетной мышцы содержится около 100 мг сократительных белков). Световой на всём протяжении миофибрилл микроскоп выявляет правильно чередующие светлые и темные полосы. Группа толстых нитей составляет так называемый тёмный А - диск, который чередуется с Үобразованном группой тонких нитей. Светлые диски делятся пополам поперечной линией, с обеих сторон которой крепятся тонкие актиновые нити. Участок между двумя соединениями- линиями, называется саркомером (рис. 3). В центральной области А - диска – Н зоне толстые и тонкие нити не перекрывают друг друга.

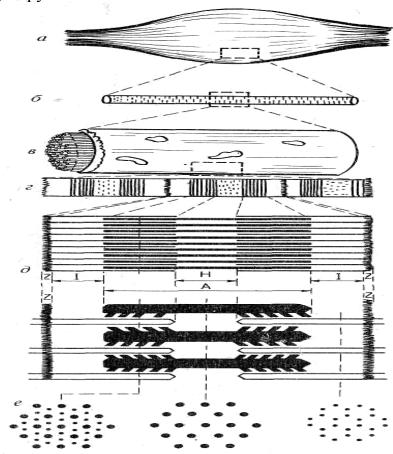


Рис. 3. Схематическое изображение мышцы.

Мышца (а) состоит из мышечных волокон  $(\delta)$ , каждое из них — из миофибрилл (е). Миофибрилла (г) составлена из толстых и тонких миофиламентов  $(\partial)$ . На рисунке показан один саркомер, ограниченный с двух сторон Z-линиями; I — изотропный диск; А — анизотропный диск; Н — участок с уменьшенной анизотропностью.

Снаружи мышечное волокно покрыто тонкой эластичной мембраной - сарколеммой, которая играет важную роль в возникновении и проведении возбуждения. Внутреннее содержимое мышечного волокна называется саркоплазмой, которая состоит из двух частей. Первая —

саркоплазматический матрикс - представляет собой жидкость, в которую погружены сократительные элементы мышечного волокна — миофибриллы. В этой жидкости также находятся растворимые белки, гранулы гликогена, капельки жира, другие молекулы и ионы.

Вторая часть саркоплазмы — саркоплазматический ретикулум — это система сложно связанных между собой элементов в виде вытянутых мешочков и продольных трубочек, расположенных между миофибриллами параллельно им. Внутри мышечное волокно пересекают поперечные Ттрубочки. Они соединяются с поверхностной мембраной мышечного волокна, связывая его внутренние части с межклеточным пространством. Продольные трубочки примыкают к поперечным, образуя в зоне контактов так называемые цистерны. Саркоплазматический ретикулум играет важную роль в передаче возбуждения, в акте сокращения, также через ретикулум и поперечные трубочки может происходить выделение продуктов обмена (молочная кислота) из мышечной клетки далее в кровь.

Мышца укорачивается в результате сокращения множества саркомеров, соединённых последовательно в миофибриллах. При укорочении тонкие актиновые нити скользят вдоль толстых миозиновых нитей, двигаясь между ними к середине пучка и саркомера. Рис. 4 иллюстрирует основное положение теории скользящих нитей. Во время скольжения сами актиновые и миозиновые нити не укорачиваются. Длина нитей не меняется и при растяжении мышцы. Вместо этого пучки тонких нитей, скользя, выходят из промежутков между толстыми нитями, так что степень их перекрывания уменьшается.

Моторная передается от больших команда коры полушарий мотонейронам спинного мозга и по двигательным волокнам к мышце. Подойдя к мышце, процесс возбуждения должен с помощью медиатора преодолеть нервно-мышечный синапс, что занимает примерно 0.5 мс. Медиатором Действие ацетилхолина на постсинаптическую является ацетилхолин. кратковременно, чрезвычайно после чего ОН ацетилхолинэстеразой на уксусную кислоту и холин. По мере расходования запасы ацетилхолина постоянно пополняются путем его пресинаптической мембране. Однако при очень частой и длительной импульсации мотонейрона расход ацетилхолина превышает его пополнение, а также снижается чувствительность постсинаптической мембраны к его действию, в результате чего нарушается проведение возбуждения через нервно-мышечный синапс. Эти процессы лежат в основе периферических механизмов утомления при длительной и тяжелой мышечной работе.

При достаточной частоте нервных импульсов на мышечной мембране развивается мышечный потенциал действия, который (со скоростью 5м/сек) распространяется вдоль по поверхности мышечного волокна и заходит в поперечные трубочки внутрь волокна. Повышая проницаемость клеточных мембран, потенциал действия вызывает выход из цистерн и трубочек

саркоплазматического ретикулума ионов  $Ca^{2+}$ , которые проникают в миофибриллы, к центрам связывания этих ионов на молекулах актина (рис.4).

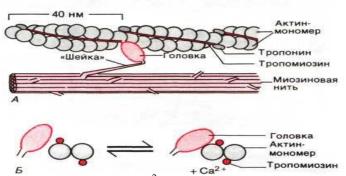


Рис. 4. Действие Ca<sup>2+</sup> во время активации.

А. Изображение актиновой и миозиновой нитей на продольном сечении. Б. Поперечное сечение волокна.

Под влиянием Ca<sup>2+</sup> длинные молекулы тропомиозина проворачиваются вдоль оси и скрываются в желобки между сферическими молекулами актина, открывая участки прикрепления головок миозина к актину (Puc.5). Тем самым между актином и миозином образуются так называемые поперечные мостики. При этом головки миозина совершают гребковые движения, обеспечивая скольжение нитей актина вдоль нитей миозина с обоих концов саркомера к его центру, т.е. механическую реакцию мышечного волокна.

Энергия гребкового движения одного мостика производит перемещение на 1% длины актиновой нити. Для дальнейшего скольжения сократительных белков друг относительно друга мостики между актином и миозином должны распадаться и вновь образовываться на следующем центре связывания  $\operatorname{Ca}^{2+}$ . Такой процесс происходит в результате активации в этот момент молекул миозина. Миозин приобретает свойства фермента  $\operatorname{AT}\Phi$ -азы, который вызывает распад  $\operatorname{AT}\Phi$ . Выделившаяся при распаде  $\operatorname{AT}\Phi$  энергия приводит к разрушению имеющихся мостиков и образованию в присутствии  $\operatorname{Ca}^{2+}$  новых мостиков на следующем участке актиновой нити.

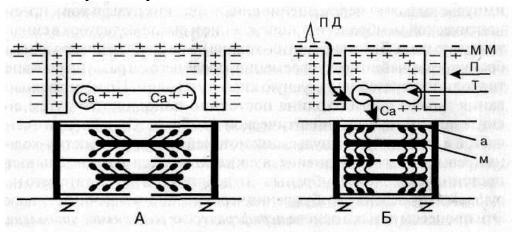


Рис. 5. Схема электромеханической связи в мышечном волокне. А - состояние покоя, Б - возбуждение и сокращение. Пд — потенциал действия, мм - мембрана мышечного волокна, п - поперечные трубочки, т - продольные трубочки и цистерны с ионами  $Ca^{2*}$ , а - тонкие нити актина, м - толстые нити миозина с утолщениями (головками) на концах. Толстые стрелки - распространение потенциала действия и перемещение ионов.

В результате повторения подобных процессов многократного образования и распада мостиков сокращается длина отдельных саркомеров и всего мышечного волокна в целом. Максимальная концентрация кальция в миофибрилле достигается уже через 3 мс после появления потенциала действия в поперечных трубочках, а максимальное напряжение мышечного волокна — через 20 мс. Напряжение, развиваемое мышечным волокном, зависит от числа замкнутых мостиков.

Весь процесс от появления мышечного потенциала действия до сокращения мышечного волокна называется электромехан и ческой связью (или электромеханическим сопряжением). В результате сокращения мышечного волокна актин и миозин более равномерно распределяются внутри саркомера, и исчезает видимая под микроскопом поперечная исчерченность мышцы.

Расслабление мышечного волокна связано с работой особого механизма - «кальциевого насоса», который обеспечивает откачку ионов  $Ca^{2+}$  из миофибрилл обратно в трубочки саркоплазматического ретикулума. На это также тратится энергия  $AT\Phi$ .

ХИМИЗМ И ЭНЕРГЕТИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ. Единственным непосредственным (прямым) источником энергии для мышечного сокращения служит аденозинтрифосфат (АТФ). Справедливость этого положения больше не вызывает сомнений, с тех пор как было прямо показано гидролитическое расщепление АТФ до аденозиндифосфата (АДФ) и фосфата (Р). Все другие, обеспечивающие энергию реакции в мышцы, например аэробное и анаэробное расщепление углеводов и распад креатинфосфата (КФ), служат только для постоянного воспроизведения настоящего горючего для машины – АТФ:

Ресинтез АТФ в мышце может происходить двумя основными путями – анаэробным (без участия кислорода) и аэробным (при участии кислорода).

Для образования и использования АТФ в качестве непосредственного источника энергии в сокращающейся мышце могут действовать три энергетические системы:

- 1. фосфагенная, или АТФ-КФ-система;
- 2. лактацидная, или гликолитическая;
- 3. кислородная, или окислительная.

Первые две системы работают по анаэробному пути, третья - по аэробному.

Эти три системы используют для энергопродукции различные вещества (энергетические субстраты). Они отличаются по энергетической ёмкости, т.е. максимальному количеству образуемой энергией, или максимальному количеству АТФ, которое может ресинтезироваться за счёт энергии этих систем; и по энергетической мощности, т.е. максимальному количеству энергии (или АТФ), выделяющейся (образующейся) в единицу времени за счёт энергии этих систем (табл.2).

Таблица 2 Максимальная мощность и емкость энергосистем

| Системы              | Макс. Мощность - моль | Макс. Ёмкость - общее |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                      | АТФ/ мин              | число молей АТФ       |
| 1. фосфагенная       | 3,6                   | 0,5                   |
| 2. лактацидная       | 1,2                   | 1,2                   |
| 3. кислородная       |                       |                       |
| Окисление гликогена, | 0,8                   | 80                    |
| глюкозы.             |                       |                       |
| Окисление жира       | 0,4                   | 6000                  |

В таблице даны примерные величины из расчёта на 20 кг активной мышечной массы.

Фосфагенная система (энергосубстраты – АТФ, КФ) обладает наибольшей мощностью по сравнению с другими системами (в 3 раза превышает максимальную мощность лактацидной и в 4-10 раз кислородной систем). Поэтому эта система играет решающую роль в энергообеспечении работ предельной мощности, осуществляемых с максимально возможными по силе и скорости сокращениями мышц (спринтерский бег, метания, прыжки, подъём штанги и т. д.). Ёмкость же этой системе невелика, т.к. запасы АТФ и КФ в мышце весьма ограничены. Поэтому работа с использованием только фосфагенной системы теоретически может продолжаться не более 20 секунд.

Энергетическими субстратами лактацидной системы являются гликоген мышцы и глюкоза (при их анаэробном расщеплении). Анаэробный гликогенолиз (гликолиз) развёртывается практически с началом мышечной работы, но достигает максимальной мощности лишь через 30-40 секунд. Лактацидная система характеризуется большой мощностью (хотя ниже чем фосфагенная, но в 1,5 раза выше кислородной). Лактацидная система играет решающую роль в энергетическом обеспечении работ очень большой мощности, которые могут продолжаться от 20с. до 1-2 мин. (бег- 200-800м, плавание 50-200м и т.д.), при статичечких усилиях даже небольшой мощности. Ёмкость лактацидной системы в основном лимитируется (ограничивается) не содержанием её энергетических субстратов (мышечного крови), глюкозы а количеством конечного деятельности этой системы – молочной кислоты. По мере накопления в крови молочной кислоты (пик 60-90 сек.) происходит угнетение вплоть до полного торможения процессов гликолиза и гликогенолиза.

**Кислородная система** энергопродукции действует при непрерывном поступлении кислорода к мышечным клеткам. При работах аэробного характера с повышением мощности выполняемой работы увеличивается количество O2, потребляемого организмом в единицу времени.

Для энергетического обеспечения мышечной работы в качестве субстратов кислородная система может использовать углеводы (гликоген и глюкозу), жиры, белки. Вклад белков в энергопродукцию очень мал и

практически не учитывается. Чем больше относительная мощность выполняемой аэробной работы, тем относительно выше энергетический вклад окисляемых углеводов.

Во время выполнения лёгкой работы (при потреблении от 0 до 50% от МПК) с продолжительностью до нескольких часов большая часть энергии для мышц образуется за счёт окисления жиров.

Кислородная система обладает наибольшей энергетической мощностью; её ёмкость во много тысяч раз превышает ёмкость лактацидной и гликолитической систем. Одних только запасов жиров вполне достаточно для энергетического обеспечения непрерывной ходьбы в течении 7-10 дней.

# ФОРМЫ, ТИПЫ И РЕЖИМЫ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Таблица 3

Формы и типы мышечных сокращений.

| Форма        | Тип сокращений  | Движение в    | Внешняя     | Внешняя       |
|--------------|-----------------|---------------|-------------|---------------|
| сокращений   |                 | суставе       | нагрузка    | работа мышц   |
| Динамическая | Концентрический | С ускорением  | Меньше, чем | положительная |
|              | или             |               | напряжение  |               |
|              | изотонический   |               | мышц        |               |
|              | Эксцентрический | С замедлением | Больше, чем | отрицательная |
|              | или             |               | напряжение  |               |
|              | плиометрический |               | мышц        |               |
|              | Изокинетический | С постоянной  | переменная  | положительная |
|              |                 | скоростью     |             |               |
| Статическая  | Изометрический  | Отсутствует   | Равна       | Нулевая       |
|              |                 | фиксация      | напряжению  |               |
|              |                 | сустава       | мышц        |               |

При внешней нагрузке меньшей, чем напряжение мышц, мышца укорачивается и вызывает движение. Это концентрический тип сокращения.

Если внешняя нагрузка на мышце, чем её напряжение, мышца растягивается. Это эксцентрический тип сокращения. Концентрический и эксцентрический типы сокращения, при которых мышца изменяет свою длину, относятся к динамической форме сокращения.

В экспериментальных условиях при электрическом раздражении изолированной мышцы её укорочение происходит при постоянном напряжении, равном внешней нагрузке. Поэтому этот тип сокращения называют также изотоническим (изос – равный, тонус – напряжение).

Сокращение мышцы, при котором она развивает напряжение, но не изменяет своей длины, называется изометрическим (изос – равный, метр – длина). Это статическая форма сокращения.

Смешанная форма сокращения, при которой изменяется и длина, и напряжение мышцы, называется ауксотонической.

При динамической работе, внешняя работа положительная - при концентрическом типе, и отрицательная — при эксцентрическом. Величина внешней работы определяется как произведение нагрузки на пройденное

расстояние. При изометрическом сокращении «расстояние» равно нулю и в этом случае внешняя работа равна 0. Но с физиологической точки зрения этот тип сокращения требует большого расхода энергии (для поддержания веса, позы тела) и может быть очень утомительна.

Режим сокращения мышечных волокон определяется частотой импульсации мотонейронов. В ответ на одиночный импульс, приходящий к мышечному волокну происходит быстрая сократительная реакция волокна – одиночное сокращение. В кривой одиночного сокращения можно выделить три фазы: а) латентный (скрытый период); б) фаза укорочения; в) фаза расслабления. Латентный период характеризуется временем от момента поступления импульса к волокну до её механической реакции (сокращение). В этот период в мышце происходит электромеханическая передача.

Длительность этих фаз находится в зависимости от силы раздражения, сложности рефлекторного акта, функционального состояния мышечной ткани, условий внешней среды и т. д.

Длительность фазы укорочения вдвое короче, чем фазы расслабления. В некоторых случаях возникает длительное укорочение (или расслабление) мышцы. Это явление носит название контрактура (трупное окончание, судорога мышц при болевых раздражениях и др.).

В естественных условиях мышечной деятельности мотонейроны посылают не одиночные импульсы, а серию импульсов. В зависимости от частоты импульсации мышечные волокна могут работать в режиме тетанического сокращения или полного или зубчатого.

Если к мышечным волокнам приходит серия импульсов с большой частотой то сокращение, вызванное вторым импульсом накладывается на первое сокращение; на второе сокращение накладывается ответ на третий импульс и т. д., т.е. происходит суперпозиция (наложение отдельных ответов друг на друга). При этом величина ответа на каждый последующий импульс чем на предыдущий. После нескольких первых импульсов последующие ответы уже не вызывают достигнутого напряжения мышцы, но поддерживают его. Такой режим сокращения мышечных волокон называется полным, или гладким тетанусом. Он возникает при максимальной активности элементов и при максимальной частоте импульсации сократительных мотонейронов. Амплитуда сокращения мышцы при полном тетанусе обычно в 2-4 раза больше, чем при одиночном сокращении. Если же частота импульсации мотонейронов выше частоты, характерной для одиночного сокращения, но ниже частоты полного тетануса, происходит суперпозиция, но при этом не возникает полного механического слияния. Возникает волнообразный ответ мышцы – неполный или зубчатый тетанус.

Режим тетанического сокращения вызывает утомление мышечных волокон и не может поддерживаться длительное время (из-за укорочения или полного отсутствия фазы расслабления при тетанусе не успевают мышечные волокна восстановить энергетический потенциал).

В результате, сокращения мышечных волокон при тетаническом режиме, с энергетической точки зрения происходит в «долг». Особенно утомителен режим полного тетануса (поэтому режим максимальных статических усилий может поддерживаться считанными секундами).

СИЛА МЫШЦ, РАБОЧАЯ ГИПЕРТРОФИЯ. Сила мышцы может быть определена по максимальному напряжению, которое она развивает в условиях изометрического сокращения. Сила сокращения мышцы зависит от ее длины. Определяя силу мышцы, важно учитывать длину, при которой она сокращается. Изометрически сокращающаяся мышца развивает максимально возможное для нее напряжение при соблюдении следующих трех условий: первое — активация всех двигательных единиц (мышечных волокон) данной мышцы; второе — режим полного тетануса у всех двигательных единиц; третье — сокращение мышцы при длине покоя. В этом случае изометрическое напряжение мышцы соответствует ее максимальной силе.

Максимальная сила мышцы зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу, и от толщины этих волокон. Число и толщина их определяют толщину мышцы в целом, или, иначе, площадь поперечного сечения мышцы (анатомический поперечник). Отношение максимальной силы мышцы к ее анатомическому поперечнику называется  $omhocumeльной силой мышцы. Она измеряется в <math>\kappa r/cm^2$ . Анатомический поперечник определяется как площадь поперечного разреза мышцы, длине. При этом проведенного перпендикулярно ee параллельным ходом волокон, такой поперечный разрез проходит перпендикулярно ходу волокон. Для точного определения поперечника мышц с косым расположением волокон разрез должен проходить также перпендикулярно ходу волокон и потому расположен под углом к длиннику мышцы. Поперечный разрез мышцы, перпендикулярный ходу ее волокон, позволяет получить физиологический поперечник мышцы. Для мышц с параллельным ходом волокон физиологический поперечник совпадает с анатомическим. Отношение максимальной силы мышцы физиологическому поперечнику называется *абсолютной силой* мышцы. Она колеблется в пределах 4-8 кг/см<sup>2</sup>.

Поскольку сила мышцы зависит от ее поперечника, увеличение последнего сопровождается ростом силы данной мышцы. Увеличение мышечного поперечника в результате мышечной тренировки называется рабочей гипертрофией мышцы (от лат. hypertrophia— усиленное питание). Рабочая гипертрофия мышцы происходит отчасти за счет продольного расщепления, а главным образом за счет утолщения (увеличения объема) мышечных волокон.

Можно выделить два основных типа рабочей гипертрофии мышечных волокон. Первый тип — саркоплазматический — утолщение мышечных волокон за счет преимущественного увеличения объема саркоплазмы, т. е. несократительной части мышечных волокон. Этот тип гипертрофии приводит к повышению метаболических резервов мышцы: гликогена,

безазотистых веществ, креатинфосфата, миоглобина и др. Значительное увеличение числа капилляров в результате тренировки также вызывает некоторое утолщение мышцы.

Первый тип рабочей гипертрофии мало влияет на рост силы мышц, но зато значительно повышает выносливость.

Второй тип рабочей гипертрофии — миофибриллярный — связан с увеличением объема миофибрилл, т. е. собственно сократительного аппарата мышечных волокон. При этом мышечный поперечник может увеличиваться не очень значительно, так как в основном возрастает плотность укладки миофибрилл в мышечном волокне. Второй тип рабочей гипертрофии ведет к значительному росту максимальной силы мышцы. Существенно увеличивается и абсолютная сил мышцы, тогда как при первом типе рабочей гипертрофии она или совсем не изменяется или даже несколько уменьшается.

Преимущественное развитие первого или второго типа рабочей гипертрофии определяется характером мышечной тренировки. Длительные динамические упражнения с относительно не большой нагрузкой вызывают рабочую гипертрофию главным образом первого типа. Изометрические упражнения с применением больших мышечных напряжений (более <sup>2</sup>/з от максимальной произвольной силы тренируемых мышечных групп), наоборот, способствуют развитию рабочей гипертрофии второго типа.

В основе рабочей гипертрофии лежит интенсивный синтез мышечных белков. Усиленная мышечная активность воздействует на генетический аппарат мышечных клеток, ответственный за регуляцию синтеза белков. Соответственно концентрация ДНК и РНК в гипертрофированной мышце больше, чем в нормальной.

Очень важную роль в регуляции объема мышечной массы, в частности в развитии рабочей гипертрофии мышцы, играют особые гормоны — андрогены.

Измерение мышечной силы у человека осуществляется при произвольном напряжении мышц. Поэтому когда говорят о мышечной силе у человека, речь идет о максимальной произвольной мышечной силе, т. е. о суммарной величине изометрического напряжения группы мышц при максимальном произвольном усилии испытуемого. Максимальная произвольная мышечная сила зависит от двух групп факторов, которые можно обозначить как мышечные (периферические) факторы и координационные (нервные) факторы.

К мышечным (периферическим) факторам относятся:

- а) механические условия действия мышечной тяги плечо рычага действия мышечной силы и угол приложения этой силы к костным рычагам;
- б) длина мышц, так как напряжение мышцы зависит от ее длины; в) поперечник активируемых мышц, так как при прочих равных условиях проявляемая мышечная сила тем больше, чем больше суммарный поперечник произвольно сокращающихся мышц.

К координационным (нервным) факторам относится совокупность центральнонервных координационных механизмов управления мышечным аппаратом. Их онжом разделить на две группы внутримышечной И межмышечной координации. механизмах внутримышечной координации (числе активных двигательных единиц частоте импульсации ее мотонейронов и связи их данной мышцы, импульсации во времени) указано выше. Эти три механизма центральной регуляции напряжения мышцы определяют, какой вклад в общий силовой показатель вносит каждая из них.

Поскольку при измерении силы сокращается много мышц — синергисты антагонисты нескольких суставов показатель максимальной произвольной силы зависит также от координации активности всех этих (межмышечная координация). В частности, совершенство межмышечной проявляется выборе координации правильном активируемых мышц-синергистов, в адекватном ограничении активности мышц-антагонистов данного сустава и усилении активности антагонистов, обеспечивающих фиксацию смежных суставов и т. п.

Все сказанное позволяет сделать следующее заключение. Управление мышцами в случае, когда требуется проявить максимальную произвольную силу, является сложной задачей для центральной нервной системы. Отсюда понятно, почему в обычных условиях максимальная произвольная сила тех или иных групп мышц меньше, чем их максимальная сила. Разница между максимальной силой мышц и их силой, проявляемой при максимальном произвольном усилии, называется силовым дефицитом.

Различие между максимальной силой и произвольной максимальной силой данной мышечной группы (силовой дефицит) тем меньше, чем совершеннее центральное управление мышечным аппаратом. Величина силового дефицита зависит от трех факторов.

Первый фактор – психологическое состояние испытуемого. Известно, что при некоторых эмоциональных состояниях человек может проявлять такую силу, которая намного превышает его максимальные силовые возможности в обычных условиях. К таким эмоциональным (стрессовым) состояниям относится, в частности, состояние спортсмена во время соревнования. В экспериментальных условиях значительное повышение максимальной произвольной силы (т. е. уменьшение силового дефицита) ситуациях, обнаруживается в вызывающих сильную эмоциональную реакцию испытуемого, например после неожиданного выстрела. То же отмечается при гипнозе, приеме некоторых лекарственных препаратов. При этом положительный эффект (уменьшение силового дефицита) более выражен у нетренированных испытуемых и слабее или совсем отсутствует у хорошо тренированных спортсменов.

Второй фактор — количество одновременно активируемых мышечных групп. При одинаковых условиях измерения величина силового дефицита, тем больше, чем больше число одновременно сокращающихся мышечных групп.

Например, когда измеряется максимальная произвольная сила только приводящих мышц большого пальца руки, силовой дефицит составляет у разных испытуемых 5—15% от максимальной силы этих мышц. При определении же произвольной силы двух групп мышц, приводящих этот палец и сгибающих его концевую фалангу, силовой дефицит возрастает до 20%.

Третий фактор - степень совершенства произвольного управления Систематическая тренировка тэжом повышать совершенства произвольного управления мышцами и уменьшать силовой дефицит. Степень совершенства произвольного управления мышцами определяется эффективностью действия двух координационных механизмов — межмышечных и внутримышечных. Максимальная произвольная сила может быть снижена из-за «ненужного» напряжения мышц-антагонистов, которое уменьшает суммарное напряжение, развиваемое мышцами агонистами (дефект механизмов межмышечной координации). В результате «дефектов» внутримышечной координации часть наиболее высокопороговых ДЕ не вовлекается в произвольную активность и не все активные ДЕ работают в режиме полного тетануса. Обычно силовой дефицит возникает как следствие обеих этих причин. Во всех таких случаях максимальная произвольная сила мышцы меньше, чем ее максимальная сила.

Как указывалось выше, наиболее высокопороговыми являются большие ДЕ мышцы. Вместе с тем их вклад в общее напряжение мышцы особенно велик, так как каждая из них содержит большое число мышечных волокон. Поэтому когда перед спортсменом стоит задача развивать мышечную силу, он должен систематически применять на тренировках упражнения, которые требуют проявления большой мышечной силы, составляющей не менее <sup>2</sup>/з от его максимальной произвольной силы. В этом случае совершенствуется произвольное управление мышцами, И частности механизмы В внутримышечной координации, обеспечивающие включение как можно большего числа двигательных единиц.

РЕГУЛЯЦИЯ ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ МЫШЦ. Управление движениями и сохранение определенного положения тела и его звеньев в поле тяжести земли связано с сокращением мышц. Помимо выбора нужных мышц и моментов их включения центральная нервная система при управлении движениями и сохранении позы должна регулировать степень напряжения (укорочения) этих мышц.

Гамма-регуляция мышечного тонуса. Степень тонического напряжения мышцы зависит от частоты импульсов, посылаемых к ней альфамотонейронами. Частота разрядов альфа-мотонейронов, в свою очередь, регулируется импульсами от проприорецепторов той же самой мышцы. Получается замкнутое кольцо между мышцей и иннервирующими ее мотонейронами. Однако потоки импульсов в этом кольце могут регулироваться вышележащими этажами нервной системы с помощью гамма-мотонейронов спинного мозга (рис. 6). Разряд гамма-мотонейронов

повышает чувствительность мышечных веретен, в результате увеличивается поток импульсов от рецепторов к альфа-мотонейронам и далее к мышце. Тем самым повышается мышечный тонус.

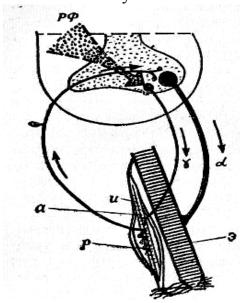


Рис. 6. Гамма-регуляция мышечного тонуса.

Изменение напряжения мышц под влиянием деятельности гаммамотонейронов называется *гамма-регуляцией*. Активность гаммамотонейронов находится под контролем ретикулярной формации ствола мозга. В регуляции их деятельности, а следовательно, и в регуляции тонуса скелетных мышц участвуют мозжечок, подкорковые ядра и другие структуры экстрапирамидной системы. Высший контроль осуществляется корой больших полушарий.

**Регуляция напряжения мышцы.** Для регуляции мышечного напряжения используются три механизма: 1) регуляция числа активных ДЕ (мотонейронов) данной мышцы, 2) регуляция режима их работы (частоты импульсации мотонейронов), 3) регуляция временной связи активности ДЕ (мотонейронов).

1. Число активных двигательных единии. ДЕ становится активной, когда ее мотонейрон посылает импульсы, а соответствующие мышечные волокна отвечают на них сокращением. Чем больше активных ДЕ у данной мышцы, тем большее напряжение она развивает. Число активных ДЕ определяется интенсивностью возбуждающих влияний, которым подвергаются мотонейроны данной мышцы со стороны более высоких моторных уровней (моторной коры, подкорковых моторных центров), внутриспинальных периферических рецепторов моторных путей (мышечных веретен и др.). Реакция мотонейронов на ЭТИ влияния определяется их возбудимостью или (обратно) порогом возбуждения, который в значительной степени находится в прямой зависимости от размера мотонейрона.

Если для выполнения данной двигательной задачи мышца должна небольшое напряжение, TO К ee мотонейронам возбуждающие относительно слабые влияния. Поскольку иннервируется мотонейронами, имеющими неодинаковые размеры (5.1), реакция их на эти возбуждающие влияния различна. Чем меньше размер тела мотонейрона, тем ниже порог его возбуждения. Поэтому при относительно слабых возбуждающих влияниях импульсная активность возникает лишь у мотонейронов данной мышцы. В наименьших ИЗ результате слабые обеспечиваются напряжения мышцы В основном низкопороговых, малых, мотонейронов (ДЕ), в основном это медленные ДЕ.

развивала большее чтобы мышца напряжение, мотонейроны должны подвергнуться более интенсивным возбуждающим влияниям. В ответ на такие влияния увеличивается число возбуждающихся (импульсно активных) мотонейронов: помимо малых, низкопороговых, мотонейронов активными становятся и более крупные, высокопороговые мотонейроны. Таким образом, по мере усиления возбуждающих влияний в активность вовлекаются более все крупные ПО размеру высокопороговые) мотонейроны (ДЕ). Следовательно, большие напряжения мышцы обеспечиваются активностью ДЕ, начиная от малых (низкопороговых) медленных и кончая большими (высокопороговыми) быстрыми ДЕ.

2. Режим активности двигательных единиц. Как уже отмечалось, чем выше (в определенных границах) частота импульсации мотонейрона, тем большее напряжение развивает ДЕ и тем значительнее ее вклад в общее напряжение мышцы. Поэтому регуляция частоты импульсации мотонейронов является важным механизмом, определяющим напряжение мышцы в целом. Особенно значительна роль этого механизма в регуляции напряжения быстрых ДЕ.

Частота мотонейронов импульсации зависит интенсивности OT возбуждающих влияний, которым они подвергаются. Если интенсивность небольшая, то работают низкопороговые медленные мотонейроны и частота их импульсации относительно невелика. В этом случае ДЕ могут даже режиме одиночных сокращений. Такая активность обеспечивает лишь слабое, но зато малоутомительное сокращение мышц. Его достаточно, например, для сохранения вертикальной позы тела. В связи с этим понятно, почему позная активность мышц может поддерживаться без утомления много часов подряд.

Увеличение напряжения мышцы возникает благодаря возбуждающих влияний на ее мотонейроны. Это усиление приводит не только к включению новых, более высокопороговых мотонейронов, но и к повышению частоты импуяьсации относительно более низкопороговых мотонейронов. При этом интенсивность возбуждающих влияний еще высокочастотный недостаточна, чтобы вызвать разряд наиболее высокопороговых из активных мотонейронов. Поэтому из активных ДЕ более низкопороговые работают с относительно большой для них частотой и, следовательно, в режиме тетанического сокращения, а наиболее высокопороговые — в режиме одиночных сокращений.

При очень больших напряжениях мышцы большинство ДЕ работает в тетаническом режиме (из-за высокой частоты импульсации их мотонейронов). Поэтому мышцы не могут поддерживать большие напряжения длительно.

3. *Связь активности ДЕ во времени*. Напряжение мышцы в определенной мере зависит от того, как связаны во времени импульсы, посылаемые разными мотонейронами данной мышцы.

Если ДЕ работают в режиме одиночных сокращений, но асинхронно, то общее напряжение всей мышцы колеблется незначительно. Чем больше число асинхронно сокращающихся ДЕ, тем меньше колебаний в напряжении мышц. Соответственно более плавно выполняется движение или точнее удерживается необходимая поза. В нормальных условиях большинство ДЕ одной мышцы работают асинхронно, независимо друг от друга, что и обеспечивает нормальную плавность ее сокращения.

При утомлении, вызванном мышечной работой, нарушается нормальная деятельность ДЕ. Они начинают возбуждаться одновременно (синхронно). В результате движение теряет плавность, нарушается его точность, возникает тремор утомления — большие размашистые дрожательные движения с частотой около 6 колебаний в 1 с.

Если ДЕ работают в режиме полного (или почти полного) тетануса, характер временной связи их активности практически не влияет на величину максимального статического напряжения, развиваемого мышцей в целом. Дело в том, что при полном тетанусе уровень напряжения каждой из работающих ДЕ поддерживается почти постоянным (гладкий тетанус). Поэтому при относительно длительных и сильных сокращениях мышцы характер связи во времени импульсной активности мотонейронов практически не отражается на максимальном напряжении мышцы.

Наоборот, при кратковременных сокращениях или в начале любого сокращения мышц синхронизация импульсной активности мотонейронов играет важную роль, влияя на скорость развития напряжения, т.е. на величину «градиента силы». Ясно, что чем больше совпадений в сократительных циклах разных ДЕ в начале развития напряжения мышцы, тем быстрее оно нарастает. Такая синхронизация импульсной истинности часто наблюдается в начале выполнения быстрых движений, совершаемых против большой внешней нагрузки.

### ЛАБРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### Работа 1. Одиночные и тетанические сокращения мышц

В ответ на изолированным раздражитель мышца сокращается однократно. Одиночное сокращение состоит из трех фаз:

- а) латентного или скрытого периода;
- б) укорочения (собственно сокращения);
- в) удлинения (расслабления) мышцы.

Для того, чтобы заставить мышцу работать в режиме ритмичных одиночных сокращений, необходимо, чтобы каждый следующий раздражитель воздействовал не ранее того, как закончится механический ответ (все три фазы) на предыдущий раздражитель.

Если же следующий раздражитель подействует в тот момент, когда мышца не закончила механический ответна предыдущий раздражитель, будет формироваться тетаническое, иначе - слитное или суммированное сокращение или тетанус (см. рис). При поступлении следующего раздражителя в момент удлинения формируется зубчатый тетанус, в момент укорочения – гладкий тетанус.

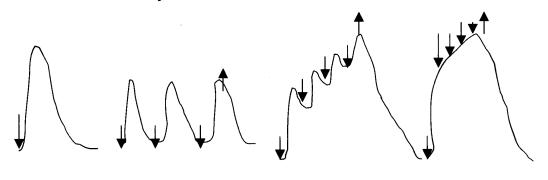


Рис. 1.4.1.

Рис. 1.4.2.

Рис. 1.4.3.

Рис 1.4.4.

-момент воздействия раздражителя;

↑ -момент выключения стимулятора.

*Цель работы*: изучить особенности одиночных и тетанических сокращений мышцы, исследовать условия развития зубчатого и гладкого тетануса.

# Одиночное мышечное сокращение и его фазы

Ход работы: приготовить нервно-мышечный препарат и закрепить его в миографе. Используя непрямой способ раздражения, подобрать напряжение эл. тока, вызывающего максимальное сокращение мышцы. Скорость вращения барабана кимографа должна быть высокой: около 2-х оборотов в секунду. Включить стимулятор и зарегистрировать графически кривую одиночного сокращения.

Задание: зарисовать полученную кривую и отметить фазы одиночного сокращения.

### Режим работы мышцы в виде одиночных сокращений

Ход работы: установить ручку регулировки частоты эл. тока в положение «1Гц», а ручку кимографа установить в положение «рабочий ход». Зарегистрировать графически сформированный режим работы.

Задание: зарисовать полученную кривую.

Bыводы: Для того чтобы мышца работала в режиме одиночных сокращений, частота раздражителя должна быть такой, чтобы... (продолжить) Зубчатый тетанус

*Ход работы:* Увеличить частоту эл. тока (обычно до 5-15Гц). Возникает несовершенная иначе, неполная суммация ряда единичных сокращений, т.е. зубчатый тетанус.

Задание: зарисовать полученную кривую.

Выводы: определить условия формирования полученного ответа.

### Гладкий тетанус

*Ход работы:* для получения гладкого (полного или совершенного) тетануса-основного вида сокращения скелетных мышц человека и животных, раздражают нерв с относительно высокой частотой: 30-50 Гц.

Задание: зарисовать полученную кривую.

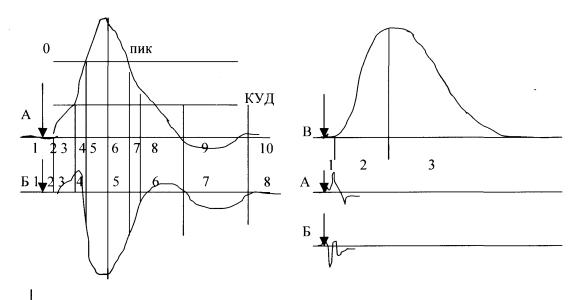
Выводы: сформулировать общее требование к частоте раздражителя, способного вызвать ответную реакцию мышцы в виде гладкого тетануса.

Вопросы для самопроверки

- 1. Какими приборами можно регистрировать укорочение и удлинение мышцы?
  - 2. Какая характеристика была зарегистрирована?
  - 3. Перечислить фазы одиночного сокращения мышцы.
- 4. Какие параметры изменяются при переходе живых структур из неактивного состояния в активное?
- 5. Какой должна быть частота раздражителя для формирования режима одиночных сокращений мышцы?
- 6. Какое требование предъявляется к частоте раздражителя, следовательно, к моменту воздействия очередного импульса для получения тетанического ответа?
  - 7. Как сформировать зубчатый тетанус?
- 8. В какой момент должен поступать очередной раздражитель для формирования гладкого тетануса?

# Работа 2. Оптимум и пессимум частоты раздражения

При относительно спокойном состоянии клетки возбудимость ее может меняться, но изменения эти происходят плавно. В том случае, когда после воздействия раздражителя формируется потенциал действия, то есть резко меняются электрические характеристики клетки, так же резко (фазово) меняется и возбудимость клетки. При этом фазы возбудимости сменяют др. друга синхронно сменам фаз потенциала действия.



▼-момент воздействия раздражителя.

Рис. Схема механического ответа, потенциала действия и изменения возбудимости при возбуждении:

А-электрический ответ:

- 1,10- потенциал покоя;
- 2- латентный период;
- 3- часть потенциала действия, не достигающая КУД-критического уровня деполяризации; 5- инверсия;
  - 3,4,5- деполяризация; 6,7,8,9- реполяризация; 6-реверсия;
  - 6,7- быстрая реполяризация; 8- медленная реполяризация;
  - 8- отрицательный следовой потенциал (следовая деполяризация);
  - 9- положительный следовой потенциал (следовая гиперполяризация);

Б-возбудимость:

- 1,8-нормальный (исходный) уровень;
- 2- латентный период;
- 3- фаза повышенной возбудимости;
- 4- фаза абсолютной рефрактерности;
- 5- фаза относительной рефрактерности;
- 6- фаза экзальтации;
- 7- фаза пониженной возбудимости.

В-механический ответ:

- 1 скрытый период (латентный);
- 2- укорочение (собственно сокращение);
- 3- удлиннение (расслабление).

*Цель работы*: исследовать явление оптимума и пессимума частоты раздражения и проанализировать условия перехода мышцы от состояния оптимума к состоянию пессимума при увеличении частоты стимуляции подходящего к ней нерва.

Ход работы: готовят нервно-мышечный препарат икроножной мышцы лягушки, укрепляют его в миографе для графической регистрации результатов непрямого раздражения мышцы. Подбирают амплитуду стимула, вызывающую максимальные одиночные сокращения. Находят оптимальную частоту стимуляции: ту частоту, на которую мышца отвечает гладким тетанусом наибольшей высоты. Записывают кривую гладкого тетануса при

оптимальной частоте стимуляции: оптимальный ответ. Резко увеличивают частоту стимуляции до максимума и записывают пессимальный ответ.

Контрольный опыт: Для выяснения вопроса о сходстве и различиях пессимума и проявлений утомления ткани следует после пессимального ответа НМП вновь (также резко) вернуться к оптимальной частоте стимуляции.

Задание: полученные кривые зарисовать в тетрадь, обозначив использованные частоты раздражителей и соответствующие им типы ответов.

Выводы: Ответить на вопросы: Что называют оптимальной частотой, пессимальной частотой? Чем обуслолвнео снижение амплитуды тетанического ответа при воздействии пессимальной частоты стимуляции? Применение оптимальной частоты после пессимальной в контрольном опыте является причиной возвращения к оптимальному ответу с исходными параметрами, что доказывает...

Вопросы для самопроверки

- 1. Можно ли доказать, что пессимум не является проявлением утомления ткани? Как?
- 2. Какую частоту называют оптимальной? Пессимальной? Как определить значения их?
  - 3. Какая частота больше: оптимальная или пессимальная?
  - 4. Какие фазы возбудимости вам известны?
- 5. Каким фазам потенциала действия соответствует снижение возбудимости? Повышение?
- 6. Какой степени возбудимости ткани должен соответствовать момент воздействия очередного раздражителя для увеличения амплитуды ответа (улучшения ответной реакции)? Для уменьшения (ухудшения)? Каким фазам возбудимости это соответствует?
  - 7. В чем физиологическое значение каждой из фаз возбудимости?
  - 8. В чем причины угнетения ткани и ухудшения ответной реакции?
- 9. Причина формирования пессимального тетанического ответа на воздействие раздражителя слишком большой частоты?

# Работа 3. Зависимость амплитуды сокращений мышцы нервномышечного препарата от силы раздражителя

различают пороговый, максимальный, подпороговый, силе надпороговый, субмаксимальный и супермаксимальный раздражитель. Максимальный и супермаксимальный раздражители всегда являются субмаксимальные могут быть как над -, так напороговыми, a подпороговыми. Чтобы быть уверенными в возможности увеличения степени сократительного ответа и наличии предела этого увеличения, необходимо структурно-функциональной единицей знать, ЧТО нервно-мышечного препарата является двигательная единица (ДЕ).

*Цель работы:* определить, как и до какого предела меняется амплитуда сокращения мышцы при ее прямом раздражении с увеличением силы одиночных стимулов.

Ход работы: готовят препарат икроножной мышцы и укрепляют его в миографе. Не приближая писчика к барабану кимографа, воздействуют на пробными одиночными стимулами, постепенно амплитуду (начиная каждый раз с нулевого деления). Определяют ориентировочную величину порогового раздражителя. После приближают писчик миографа к барабану кимографа и раздражают мышцу возрастающими по амплитуде стимулами, записывая ответные сокращения. После каждой записи барабан кимографа перемещают от руки так, чтобы следующая запись отстояла примерно на полсантиметра от предыдущей. Желательно, чтобы изолиния не смещалась.

Задание: зарисовать полученные данные, отметив соответствующие величины применявшихся раздражителей.

Величина порогового раздражителя . . . Вольт.

Величина максимального раздражителя . . . Вольт.



Выводы: сформулировать определения шести групп раздражителей в зависимости от их силы. В чем причина возможности изменения амплитуды укорочения мышцы при увеличении силы раздражителя? Почему для супермаксимальных раздражителей не наблюдается увеличение ответной реакции? Каков тип найденной зависимости и для каких раздражителей? Вопросы для самопроверки

- 1. Какие классификации раздражителей Вам известны?
- 2. Может ли быть зарегистрирован ответ на воздействие подпорогового раздражителя? Какие параметры следует измерять для этого? Как называют этот ответ?
- 3. Что называют нейромоторной (двигательной) единицей, ее строение?
- 4. Чем (какими параметрами) могут различаться между собой двигательные единицы? Одинаковы ли они по своей возбудимости?

### Работа 4. Сила мышц. Работа при разной нагрузке

Анатомический поперечник мышцы определяется площадью поперечного сечения, перпендикулярного анатомической оси (длиннику) мышцы. Физиологический поперечник должен быть перпендикулярен каждому мышечному волокну в месте его пересечения. Таким образом, для мышц с параллельным расположением мышечных волокон анатомический поперечник совпадает с физиологическим, для веретенообразных мышц: в

средней части, а для перистых и двуперистых мышц площадь физиологического поперечного сечения больше площади анатомического.

Относительная сила мышцы равна максимальной силе деленной на площадь анатомического поперечного сечения; абсолютная сила, делённая на площадь физиологического.

При работе в изотоническом режиме меняются размеры, тонус же (напряжение) сохраняются. В этом режиме возможно выполнение работы по перемещению груза. Для изометрического режима характерно изменение тонуса при сохранении размеров мышцы.

В естественных условиях не наблюдается чисто изотонического или изометрического сокращения, мышцы работают в ауксотоническом (смешанном) режиме.

*Цель работы:* измерить максимальную силу мышцы и доказать справедливость «Закона средних нагрузок».

Ход работы: Готовят нервно-мышечный препарат икроножной мышцы лягушки. Налаживают графическую регистрацию механических сокращений. После каждой записи на остановленном барабане кимографа его поворачивают от руки для получения очередной миограммы на новом месте.

Примечание: все раздражения должны быть краткими, чтобы уменьшить утомление мышцы.Вначале раздражают мышцу без нагрузки током, вызывающим максимальный ответ. Затем подвешивают к миографу у места прикрепления мышцы небольшой груз: 5, 10, 15, 20, 25 грамм, раздражая каждый раз нагружаемую мышцу током той же силы и частоты, продолжая все это до прекращения сокращений мышцы.

Максимальный груз, который мышца подняла, характеризует ее максимальную силу.

Работу мышцы по подъему грузов вычисляют по формуле:

$$A = P \times H$$
,

где А-работа в граммосантиметрах (г см); Р-масса груза в граммах (г); Н-высота поднятия груза перемещение в сантиметрах (см).

*Результаты:* полученные данные (Р и Н ) внести в таблицу, вычислив величину работы (А) для каждого груза:

| No          | P | Н | A |
|-------------|---|---|---|
|             |   |   |   |
| 1           |   |   |   |
| 2           |   |   |   |
| 2<br>3<br>4 |   |   |   |
| 4           |   |   |   |
|             |   |   |   |

Построить график зависимости величины совершенной работы от степени нагрузки мышцы:



Выводы: Чему равна максимальная сила мышцы данного НМП? Зависит ли величина внешней работы от массы поднимаемого груза? При каких нагрузках мышца выполняет наибольшую работу? Сформулируйте «Закон средних нагрузок». Докажите теоретически (логически) справедливость этого закона. Доказан ли «Закон средних нагрузок» на занятии (если нет, то почему)?

Вопросы для самопроверки

- 1. Что называют анатомическим поперечником мышцы? Физиологическим?
- 2. Как измерить максимальную силу мышцы? Относительную? Абсолютную?
  - 3. Что есть максимальное произвольное усилие? Силовой дефицит?
  - 4. Какие факторы снижают величину силового дефицита?
- 5. Какие параметры меняются при изотоническом сокращении мышцы? Изометрическом? При ауксотоническом?
- 6. Как вычислить величину работы мышцы по поднятию груза? В каких случаях работа будет равна нулю?
- 7. Сформулируйте «Закон средних нагрузок» и «Закон среднего ритма».

# Работа 5. Измерение величины усилий мышц человека (динамометрия). Закон среднего ритма

*Цель работы*: ознакомиться с методом измерения усилий мышц человека, оценить роль темпа развития мышечных усилий в изменении их величины.

ХОД РАБОТЫ: испытуемый десятикратно сжимает кистевой динамометр с интервалами 15 секунд. После отдыха в течение 3-5 минут тот же испытуемый при тех же условиях той же рукой выполняет новую серию измерений с интервалом в 10 сек. После отдыха - новая серия измерений из 10-ти измерений с интервалами 5 сек.

Примечания: длительности интервалов между измерениями могут быть иными, но для конкретности сравнения результатов разных серий эти интервалы должны различаться на одну и ту же величину; работу можно выполнять, используя два динамометра, их некачественная тарировка влияет на оценку динамики усилий, но не искажает суммарный результат.

Задание:

Дата..... День недели..... Время ... 1-й испытуемый......

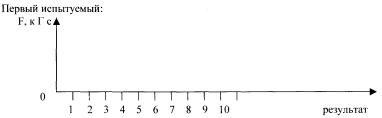
Возраст.. .Вид спорта.

| 1       |   | , , | 1 |   |   |   |   |   |   |    |       |
|---------|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|----|-------|
| Интерва | 1 | 2   | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Сумма |
| 15 сек  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |       |
| 10 сек  |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |       |
| 5 сек   |   |     |   |   |   |   |   |   |   |    |       |

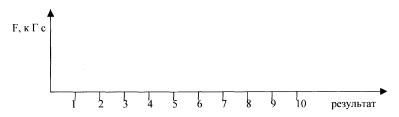
2-й испытуемый ..... + таблица......

В графе «сумма» должна быть суммарная величина единиц усилий мышц для каждого темпа (для каждой серии измерений) отдельно.

Динамику повторных результатов отобразить графически:



Второй испытуемый:



Выводы: сравнить величину суммарных усилий и динамику их развития при разном ритме работы. Подтверждают ли полученные данные «Закон среднего ритма»?

### Работа 6. Эргометрия (определение величины работы человека)

*Цель работы:* выявить зависимость величины совершенной работы от степени нагрузки и ее ритма.

Ход работы: испытуемый выполняет четырёх шаговое восхождение на одну и ту же ступеньку до отказа. И.П.: обе ноги на полу. 1-й шаг: правую (левую) ногу поднять на ступеньку; 2-й шаг: приставить вторую ногу; 3-й шаг: правую (левую) ногу спустить на пол; 4-й шаг: приставить вторую ногу. Эксперимент выполняется до субъективного или объективного отказа испытуемого. Величину совершенной работы вычислить по формуле:

 $A = P \times h \times n \times t \times 1,5,$ 

где А-работа (кГм);

Р-масса испытуемого (кг);

h-высота ступеньки (м);

 $\pi$  - количество восхождений в 1 минуту, составляющее 4-ю часть от значения частоты, задаваемой метрономом (f), т.е.: n=f/4 (мин-1);

t-время работы до отказа (мин);

1,5-суммарный коэффициент, учитывающий работу, выполняемую при восхождении (1,0) и при схождении (0,5) со ступеньки.

### ПЕРВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ:

Ход работы: испытуемый в ритме метронома выполняет четырех шаговое восхождение на нижнюю ( $\pi$ =0,2м), затем среднюю ( $\pi$ =0,3м) и верхнюю ( $\pi$ =0,4м). Ритм метронома для трех попыток = 160(180) ударов в минуту. Определяют длительность каждого варианта работы и вычисляют ее величину.

| ЗАДАНИЕ:                   | Дата       | День  | недели                   | Время                                   | ИспытуемыйВес |
|----------------------------|------------|-------|--------------------------|---|---------------|
| ВозрастВи                  | ід спорта. | Разря | яд Со <mark>ст</mark> оя | ние здоров                              | ья.f п        |
| 1. п=0,2м;                 | t=мин;     | ; A=  |                          |   | кΓм;          |
| 2. $\pi = 0.3 \text{ m}$ ; | t=мин;     | ; A=  |                          |   | кГм;          |
| 3. $\pi = 0.4$ м;          | t=мин      | ; A=  |                          | • | кГм;          |

*Выводы:* по результатам первого эксперимента выявить зависимость величины работы от высоты ступеньки и объяснить полученные результаты. Подтвержден ли «Закон средних нагрузок»? Если нет, то в чем Вы видите причины?

## ВТОРОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ.

Ход работы: тот или другой испытуемый выполняют до отказа четырех шаговое восхождение на самую высокую ступеньку: в ритме 120 ударов в минуту (метронома), затем 80 и наконец, 160(-г80). Время отдыха между восхождениями – 5 мин. Фиксируют время и величину работы.

Задание: оформлять так же, учитывать лишь постоянную h (0,4м) и меняющуюся частоту (i).

*Выводы:* по результатам второго эксперимента определить зависимость величины работы от ее ритма. Подтверждают ли результаты «Закон среднего ритма»? Если нет то почему?

# ЦИФРОВОЙ СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Амплитуда сокращений при гладком тетанусе в 2-4 раза больше, чем при одиночном сокращении.

В 1 г скелетной мышцы содержится 100 г сократительных белков.

Запас АТФ в мышцах обеспечивает лишь 10 одиночных сокращений.

Количество мышечных волокон устанавливается через 5 месяцев после рождения, у взрослого человека их 15-30 млн

Лактацидная энергосистема:

- в 1,5 раза мощнее окислительной;
- обеспечивает работу большой мощности в течение: 20с -1-2 мин.

Максимальная концентрация кальция в мембране наблюдается через 3 мс после появления ПД

Максимальная сила мышц составляет: 4-8 кг/см<sup>2</sup>

Максимальное напряжение мышечного волокна наблюдается через  $20~{\rm Mc}$  после появления  $\Pi Д$ 

Мышечное волокно содержит: около 1000 миофибрилл

Мышечное волокно имеет:

- толщину 10-100 мкм
- длину 5-400 мкм

Общая длина саркомера: 2,5 мкм.

Одиночное мышечное волокно способно развивать напряжение: 100-200 мг x с.

Окислительная энергосистема в тысячи раз превышает емкость лактацидной и фосфагенной.

Показатели силы различных мышечных групп для мужчин (числитель) и женщин (знаменатель):

Кисть (сжатие динамометра):

- правая рука 38,6 / 22,5
- левая рука 36,2 / 20,2

Бицепс:

- правая рука 27,9 / 13,6
- левая рука 26,8 / 13,0

Кисть (сгибание):

- правая рука 27,9 / 21,7
- левая рука 26,6 / 20,7

Кисть (разгибание):

- правая рука 11,9 /9,0
- левая рука 10.9 / 8,3

Стан (мышцы, выпрямляющие согнутое туловище): 123,1 / 71,9 Продолжительность сокращения:

- быстрых ДЕ 0,02 с
- медленных 0,1 с

Фосфагенная энергосистема: в 3 раза мощнее лактацидной и в 4-10 окислительной; обеспечивает работу предельной мощности не более 20 с

Хронаксия поперечнополосатой мышцы после дегенерации ее двигательного нерва: увеличивается примерно в 100 раз

Энергии на обеспечение работы ионной помпы в немиелинизированных волокнах расходуется в 100 раз больше, чем в миелинизированном волокне

### СЛОВАРЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

**Абсолютная сила мышц** — отношение максимальной силы мышцы к ее физиологическому поперечнику; колеблется в пределах 4-8 кг/см<sup>2</sup> Ср. Относительная сила мышц.

Актин – сократительный белок, наряду с миозином обеспечивает сокращение мышц, имеет упорядоченное расположение в миофибрилле (См. формирует двойные Саркомер). A. тонкие НИТИ (миофиламенты), закрученные в двойную спираль; в продольных бороздках актиновой спирали располагаются нитевидные молекулы белка тропомиозина; к нему в свою очередь прикреплена молекула другого белка – тропонина. В покое Что молекулы тропомиозина располагаются так. предотвращают прикрепление мостиком миозина к актиновым нитям.

**Анатомический поперечник** – площадь поперечного сечения мышцы, проведенного перпендикулярно ее длине. С р. Физиологический поперечник.

Ауксотонический тип мышечного сокращения — тип сокращения, при котором происходит изменение и длины, и напряжения, причем преобладает укорочение. Ср. Ауксотонический тип мышечного сокращения.

**Быстрые делательные единицы** (ДЕ) — функциональный тип ДЕ, имеют большую силу и скорость сокращения, но меньшую выносливость по сравнению с меленными ДЕ; волокна быстрых ДЕ более толстые, имеют высокий порог активации мотонейронов, большую активность АТФазы, обеспечивающей гликолитический (анаэробный) тип энергообеспечения. Быстрые ДЕ делят на 1) быстрые гликолитические (FG), или быстрые утомляемые и 2) быстрые окислительно-гликолитические (FJG), или быстрые малоутомляемые.

Быстрые, легкоутомляемые мышечные волокна - мотонейроны наиболее крупные, имеют толстый аксон, разветвляющийся на большое число концевых веточек и иннервирующий соответственно большую группу мышечных волокон. По сравнению с другими эти мотонейроны обладают наиболее высоким порогом возбуждения, а их аксон – большей скоростью импульсов. Частота импульсации проведения нервных мотонейронов возрастает с ростом силы сокращения, достигая при максимальных напряжениях мышцы 25-50 имп/с. Эти мотонейроны не способны в течение длительного времени поддерживать устойчивую частоту разрядов, то есть Мышечные волокна большее число быстро утомляются. содержат элементов (миофибрилл), поэтому при сокращении развивают большую силу, обладают высокой скоростью сокращения. Волокна этого типа содержат больше гликолитических ферментов, меньше миоглобина, митохондрий И окружены меньшим ПО сравнению медленными количеством капилляров. Эти волокна быстро утомляются. Более всего они приспособлены для выполнения кратковременной, но мощной работы.

**Быстрые, устойчивые к утомлению мышечные волокна** — по своим морфо-функциональным свойствам этот тип мышечных волокон занимает промежуточное положение между медленными неутомляемыми и быстрыми легкоутомляемыми мышечными волокнами. Это сильные, быстро сокращающиеся волокна, обладающие большой аэробной выносливостью благодаря присущей им возможности использовать для получения энергии как аэробные, так и анаэробные процессы.

*Гамма-регуляция мышечного тонуса* — изменение напряжения мышц под влиянием деятельности гамма-мотонейронов.

*Гипертрофия мыши, рабочая гипертрофия* — увеличение мышечного поперечника в результате мышечной тренировки.

Гладкие мышцы — один из двух основных типов мышц (наряду с поперечнополосватыми), отличаются отсутствием видимой поперечной исчерченности; располагаются в мышечной стенке внутренних органов, кровеносных и лимфатических сосудов, в коже; состоят из одноядерных веретенообразных клеток, тесно прилежащих друг к другу; Г.м. свойственна непрщоизвольная регуляция сокращений.

Гладкий тетанус — возникает, когда каждый последующий возбуждающий импульс поступает к мышце в фазу укорочения. Ср. Зубчатый тетанус.

**Двигательная единица** — основной функционально-структурный элемент нервно-мышечного аппарат; представляет собой совокупность мотонейрона, его аксона и мышечных волокон, иннервируемых этим аксоном. См. Нервно-мышечный аппарат.

**Двигательный аппарат**. См. Нервно-мышечный аппарат.

**Динамическая форма мышечной работы** — форма сокращений, при которой совершается работа.

Закон средних нагрузок — максимальная работа производится мышцей при средних величинах нагрузок. До определенного увеличение массы груза приводит к увеличению работы мышцы, однако после его достижения дальнейшее увеличение массы груза вызывает уменьшение работы, поскольку снижается высота подъема груза.

Зубчатый тетанус — тип мышечного сокращения, возникаетв том случае, когда каждый последующий импульс поступает к мышце в фазу расслабления. Ср. Гладкий тетанус.

*Изометрический тип мышечного сокращения* - характеризуется повышением напряжения мышцы при постоянной длине мышечных волокон; такой тип сокращений можно получить при попытке поднять непосильный груз. Ср. Изотонический тип мышечного сокращения.

*Изотонический тип мышечного сокращения* — характеризуется изменением длины мышцы при постоянном напряжении; такое сокращение происходит в том случае, когда мышца не перемещает груз (в естественных условиях близкими к этому типу являются сокращения мышц языка). Ср. Изометрический тип мышечного сокращения.

*Кислородная, окислительная энергосистема* — система энергообеспечения мышечного сокращения; субстратами являются углеводы, жиры, белки; обладает небольшой мощностью, но наибольшей емкостью.

Классификация овигательных единиц по функциональным характеристикам — различают медленные окислительные (1 тип), быстрые гликолитические (2 тип) и промежуточный тип (быстрые окислительногликолитические Д); отличаются по силе, скорости и выносливости.

*Классификация ДЕ по морфологическому принципу* — различают большие и малые ДЕ, которые отличаются объемом тела мотонейрона, толщиной его аксона, числом мышечных волокон, входящих в ДЕ (малые иннервируют не более 10-12 мышечных волокон, входят в состав мышц лица, пальцев рук и ног; большие ДЕ входят в состав больших мышц туловища, конечностей).

**Концентрический тип мышечных сокращений** — тип сокращений, при котором внешняя нагрузка на мышцу меньше, чем напряжение мышцы; мышца укорачивается, движение в суставе с ускорением, внешняя работа положительная.

**Пабильность мышцы** — наибольшее возможное число сокращений мышцы в единицу времени (находится в пределах 200-300 Гц).

**Лактацидная,** гликолитическая энергосистема — система энергообеспечения мышечного сокращения, энергосубстраты — гликоген и глюкоза; обладает достаточно большой мощностью (ниже фосфагенной, но 1,5 раза выше кислородной); обеспечивает работу большой мощности от 20 секунд до 1-2 минут; емкость системы ограничивается не количеством энергосубстрата. а количеством конечного продукта — молочной кислотой.

**Максимальная произвольная сила мышц** — суммарная величина изометрического напряжения группы мышц при максимальном произвольном усилии испытуемого.

*Максимальная сила мышцы* — сила, которая определяется по максимальному напряжению, которое она развивает в условиях изометрического сокращения при соблюдении следующих условий: 1) активация всех ДЕ, 2) режим полного тетануса для всех ДЕ, 3) сокращение мышцы при лине покоя.

Медленные двигательные единицы — функциональный тип мышечных волокон, характеризуются по сравнению с быстрыми ДЕ меньшей силой и скоростью сокращений, но большей выносливостью, низким порогом активации мотонейронов; имеют богатую капиллярную сеть, содержат большое количество жиров, имеют высокую активность окислительных ферментов; преобладает аэробный путь энергопродукции, что определяет способность выполнять длительную работу аэробного характера (обозначают как медленные окислительные — So, медленные неутомляемые). Ср. Быстрые двигательные единицы.

*Медленные, неутомляемые мышечные волокна* – содержат малые ДЕ, имеют наиболее низкие пороги их активации, меньшие толщина аксона и

скорость проведения возбуждения по нему. Аксон разветвляется на небольшое число концевых веточек и иннервирует небольшую группу мышечных волокон. У мотонейронов медленных ДЕ сравнительно низкая частота разрядов (6-10 имп/с). Они начинают функционировать уже при малых мышечных усилиях. С повышением силы сокращения мышцы частота мотонейронов медленных ДΕ повышается Мотонейроны медленных ДЕ способны поддерживать постоянную частоту разрядов в течение десятков минут. В связи с этим медленные мышечные волокна малоутомляемы. Мышечные волокна медленных ДЕ развивают небольшую силу при сокращении в связи с наличием в них меньшего по сравнению с быстрыми волокнами количества миофибрилл. Скорость сокращения этих волокон в 1,5-2 раза меньше, чем быстрых. Они обладают хорошо развитой капиллярной сетью. Благодаря этому во время сокращения они обеспечиваются достаточным количеством кислорода. Повышенное содержание миоглобина, переносящего кислород, обуславливает красный цвет мышечных волокон. В цитоплазме имеется большое количество митохондрий и наблюдается высокая активность окислительных ферментов. Все это определяет их существенную аэробную выносливость и позволяет выполнять работу умеренной мощности длительное время без утомления.

 $\it Muoзин$  — сократительный белок, наряду с актином обеспечивает процесс сокращение, имеет строго упорядоченное расположение (См. Саркомер). М. формирует толстые нити, на боковых сторонах имеются выступы — поперечные мостики, они ориентированы под углом  $120^0$  по отношению к оси и состоят из головки и шейки.

Миофибрилла — пучок параллельно лежащих нитей (миофиламентов); различают толстые нити (состоят из белка миозина) и тонкие (состоят из белка актина). Миозиновые нити имеют отходящие от них поперечные выступы с головками, состоящими из молекул миозина. Во время сокращения каждая головка миозина связывает миозиновую нить с соедней актиновой. В состав актиновых нитей входят еще два белка — тропонин и тропомиозин, необходимые для развития сокращения и расслабления мышц. На всем протяжении миофибриллы расположение тонких и толстых нитей строго упорядочено — группа параллельных толстых (миозиновых) нитей составляет темный А-диск, который чередуется со светлым І-диском, образованным группой тонких нитей. Светлые и І-диски делятся пополам поперечной Z-линией; с обеих сторон этой линии крепятся тонкие актиновые филаменты. Участок между соседними Z-линиями называется саркомером. См. Саркомер.

**Мотонейроны** — крупные нервные клетки в передних рогах спинного мозга; подразделяются на два типа: 1) альфа-мотонейроны иннервируют волокна скелетной мускулатуры, обеспечивая мышечное сокращение; гамма-мотонейроны иннервируют рецепторы растяжения (интрафузальные волокна); согласованная работа этих двух типов нейронов обеспечивает моторную координацию и поддержание мышечного тонуса.

**Мышечная композиция** — соотношение медленных неутомляемых, быстрых малоутомляемых и быстрых утомляемых двигательных единиц в разных мышцах тела человека.

**Мышечное волокно**. См. Миофибрилла.

*Непрямое раздражение* — опосредованное раздражение мыщцы через иннервирующий двигательный нерв.

**Нервно-мышечный, двигательный аппарат** — мышцы и составляющие их мотонейроны. Н-м.а. можно рассматривать как совокупность двигательных единиц.

Одиночное сокращение, режим одиночного сокращения — ответная реакция мышцы на одиночный стимул; в нем выделяют а) латентный период — время от начала действия раздражителя до начала ответной реакции, б) фазу сокращения (укорочения) и в) фазу расслабления.

Оптимальная частота раздражений — такая частота, при которой каждое последующее раздражение осуществляется в фазу повышенной возбудимости; тетанус при этом будет максимальным по амплитуде. Ср. Пессимальная частота раздражения.

**Относительная сила мышц** — отношение максимальной силы мышцы к ее анатомическому поперечнику (кг/см $^2$ ). Ср. Абсолютная сила мышц.

*Периферические, мышечные факторы*, определяющие максимальную произвольную силу мышц.

Пессимальная частота раздражения — такая частота раздражения, при которой каждое последующее раздражение осуществляется в фазу пониженной возбудимости; тетанус при этом будет минимальным по амплитуде.

*Прямое раздражение* — непосредственное воздействие раздражителя на мышцу. Ср. непрямое раздражение.

**Работа мышцы** — определяется произведением величины поднятого груза на высоту подъема.

**Рабочая гипертрофия**. См. Гипертрофия мышц.

**Растиянимость** — способность мышц изменять длину под действием растягивающей силы.

**Регуляция величины напряжения мыши** – осуществляется с помощью трех механизмов: 1) регуляция числа активных ДЕ (двигательных единиц) 2) регуляция режима их работы (частоты импульсации данной мышцы, мотонейронов), 3) регуляция временной связи активности ДЕ. Число активных двигательных единиц. Чем больше активных ДЕ у данной мышцы, тем большее напряжение она развивает. Поскольку мышца иннервируется мотонейронами, имеющими неодинаковые размеры, реакция их на возбуждающие влияния различна: чем меньше размер тела мотонейрона, тем ниже порог его возбуждения. В результате слабые напряжения мышцы обеспечиваются активностью низкопороговых малых медленных ДЕ. В ответ на более интенсивные влияния увеличивается число мотонейронов, возбуждающихся ПОМИМО малых низкопороговых

мотонейронов активными становятся и более крупные высокопороговые мотонейроны. Следовательно, чем выше (в определенных границах) частота импульсации мотонейрона, тем большее напряжение развивает ДЕ и тем значительнее ее вклад в общее напряжение мышцы. *Режим активности* **двигательных единии.** Если интенсивность импульсации небольшая, то работают низкопороговые медленные мотонейроны; в этом случае ДЕ могут даже работать в режиме одиночных сокращений. Такая активность ДЕ обеспечивает лишь слабое, но зато малоутомительное сокращение мышц (например, сохранение вертикальной позы тела). При увеличении частоты импульсации низкопороговые ДЕ работают в режиме тетанического сокращения, а наиболее высокопороговые — в режиме одиночных сокращений. При очень больших напряжениях мышцы большинство ДЕ работает в тетаническом режиме (из-за высокой частоты импульсации их мотонейронов). Поэтому мышцы могут не поддерживать напряжения длительно. *Связь активности ДЕ во времени*. Напряжение мышцы зависит от того, как связаны во времени импульсы, посылаемые разными мотонейронами данной мышцы. Если ДЕ работают в режиме одиночных сокращений, но асинхронно, то общее напряжение мышцы колеблется незначительно. Чем больше число асинхронно сокращающихся ДЕ, тем меньше колебаний в напряжении мышц и тем более плавно выполняется движение (или точнее удерживается необходимая поза). В условиях большинство ДЕ одной мышцы работают асинхронно, независимо друг от друга, что и обеспечивает нормальную плавность ее сокращения. При утомлении, вызванном мышечной работой, ДЕ начинают возбуждаться синхронно. В результате движение теряет плавность, нарушается его точность, возникает тремор утомления большие размашистые дрожательные движения с частотой около 6 колебаний в 1 с. Если ДЕ работают в режиме полного тетануса, характер временной связи их активности практически не влияет на величину максимального статического напряжения, развиваемого мышцей, так как при уровень напряжения каждой полном тетанусе ИЗ работающих поддерживается почти постоянным. Поэтому при относительно длительных и сильных сокращениях мышцы характер связи во времени импульсной активности мотонейронов практически не отражается на максимальном напряжении мышцы. Наоборот, при кратковременных сокращениях или в начале любого сокращения мышц синхронизация импульсной активности мотонейронов играет важную роль, влияя на скорость развития напряжения, т.е. на величину «градиента силы». Ясно, что чем больше совпадений в сократительных циклах разных ДЕ в начале развития напряжения мышцы, тем быстрее оно нарастает.

**Режимы мышечного сокращения**. См. Одиночное, Тетаническое сокращение.

Сарколемма – эластичная мембрана, покрывающая мышечное волокно.

Саркомер — основная повторяющаяся структура мышцы; участок между соседними Z-линиями (пластины, мембраны); является функциональной единицей сократительного аппарата. В центральной части С. свободно расположены толстые нити миозина, на обоих концах саркомера находятся тонкие нити актина, прикрепленные к Z-пластинам. Нити миозина в световом микроскопе выглядят в виде светлой полоски (Н-зоны) в центральной части темного диска; последний обладает двойным лучепреломлением, поскольку содержит нити и миозина, и актина (он называется анизотропным, или А — диском). По обе стороны этого диска расположены участки, содержащие только тонкие нити актина; они кажутся светлыми, поскольку преломляют свет только в одном направлении (называются изотропными, или І-дисками) Благодаря такому периодическому чередованию светлых и темных участков сердечная и скелетная мышцы выглядят поперечно-исчерченными.

*Саркоплазма* – внутреннее содержимое мышечного волокна.

Саркоплазматический матрикс — жидкость, в которую погружены сократительные элементы мышечного волокна — миофибриллы. В С.м. находятся растворимые белки, гранулы гликогена, капельки жира, фосфатсодержащие вещества и другие молекулы и ионы.

Саркоплазматический ретикулум – система связанных между собой виде вытянутых мешочков И продольных расположенных между миофибриллами параллельно им; мышечное волокно Т-трубочки, пересекают ОНИ соединяются с поверхностной мембраной волокна и связывают его внутренние части с межклеточным пространством. С.р. играет важную роль в передаче возбуждения от поверхностей мембраны волокна к миофибриллам. Через С.р. и поперечные трубочки могут выделяться продукты обмена (молочная кислота) мышечной клетки в межклеточное пространство и далее в кровь.

Саркоплазматический тип мышечной гипертрофии. Ср. Миофибриллярный тип мышечной гипертрофии.

Сердечная мышца — относится к поперечнополосатым мышцам, клетки С.м. одноядерные, ядро расположено в центре; характерна непроизвольная регуляция сокращений; свойства С.м.: возбудимость, проводимость, сократимость, эластичность, автоматия (способность к спонтанной генерации импульсов).

*Сила мышцы* — определяется максимальном грузом, который она в состоянии поднять.

Силовой дефиции — разница между максимальной силой мышц и максимальной произвольной силой мышц; зависит от: 1) психологического состояния испытуемого; 2) количества одновременно активируемых мышечных групп; 3) степени совершенства произвольного управления мышцами.

Скелетные мышцы — относятся к типу поперечнополосатых мышц, мышечная клетка одноядерная, ядро расположено ближе к сарколемме; физическими свойствами С.м. — растяжимость, эластичность, сила, работа;

физиологическими свойствами С.м. – возбудимость, проводимость, сократимость, лабильность; сокращения С.м. регулируются произвольно. Функции С.м.: передвижение тела в пространстве, перемещение частей тела друг относительно друга; поддержание позы, теплообразование, передвижение крови и лимфы (динамическая работа), участие в вентиляции легких, защита внутренних органов, антистрессорный фактор.

С*ократимость* – способность мышцы в ответ на действие раздражителя изменять длину и напряжение.

**Статическая форма мышечной работы** — форма мышечного сокращения. при которой развивается напряжение, но укорочения не происходит, то есть работа не совершается

**Теория скользящих нитей** – одна из теорий, объясняющая механизм мышечного сокращения, предложена в 1954 г. английским физиологом А.Хаксли. В основе мышечного сокращения лежит движение нитей актина по отношению к нитям миозина. Сокращение мышцы происходит при поступлении по аксонам двигательных нейронов нервных импульсов (ПД нервных волокон). Возникающий на мембране ПД вызывает высвобождение кальция, которые запускают процесс сокращения. взаимодействие тонких и толстых нитей невозможно, т.к. миозинсвязывающие участки актина заблокированы тропомиозином. При высокой концентрации  $Ca^{2+}$  эти ионы связываются с тропонином и вызывают освобождение миозин-связывающих участков актина. В результате головки миозина присоединяются к тонкой нити актина и изменяют свою конформацию, создавая тянущее усилие: тонкие нити начинают скользить между толстыми. За счёт шарнирного участка в области шейки миозина происходит гребковое движение, продвигающее тонкую нить к центру саркомера. В результате происходит скольжение тонких нитей относительно толстых. При этом сами нити актина не укорачиваются. Изменяется лишь расстояние между их концами: при сокращении оно уменьшается, при растяжении — увеличивается. Затем головка миозина связывается с молекулой АТФ, что приводит к отделению миозина от Последующий распад АТФ восстанавливает первоначальную структуру молекулы миозина, и она способна вступить в новый цикл.

Тетаническое сокращение, тетанический режим сокращений — длительное сокращение мышцы, возникающее в ответ на ритмическое раздражение; амплитуда Т.с. превышает амплитуду одиночного сокращения (примерно в 2-4 раза), однако это непросто сложение двух механических эффектов, поскольку сумма может быть то большей, то меньшей. Принято выделять два вида тетануса: гладкий и зубчатый. См. соответствующие рубрики.

**Типы двигательных единиц.** См. Быстрые гликолитические ДЕ, См. Медленные окислительные ДЕ, См. Быстрые окислительно-гликолитические ДЕ.

**Типы мышечного сокращения.** См. Изометрический, Изотонический, Ауксотонический, Концентрический, Эксцентрический типы мышечного сокращения.

*Тремор утомления*. См. Регуляция величины напряжения мышц.

*Тропомиозин.* См. Миофибрилла. См. Теория скользящих нитей.

Тропонин. См. Миофибрилла.

*Удельная сила мышцы* — масса максимального груза, которой способна поднять мышца, деленная на число квадратных сантиметров ее физиологического поперечника.

Удельная сила мышцы — масса максимального груза, который способна поднять мышца, деленная на число квадратных сантиметров ее физиологического поперечника.

Утомление мышц – признаками утомления являются: 1) увеличение сокращения уменьшение длительности периодов одиночного амплитуды; нарастание латентного периода сокращения; 3) появление Причины утомления: 40 понижение возбудимости. контрактуры; накопление продуктов обмена, которые угнетают работоспособность мышечных волокон; 2) истощение энергетических ресурсов в мышце; 3) утомление нервно-мышечных синапсов; 4) утомление нервного центра, отвечающего за деятельность данной мышцы.

**Фазы одиночного сокращения**. См. Одиночное сокращение.

Факторы, определяющие максимальную произвольную силу мышц — 1) мышечные или периферические факторы: а) механические условия действия мышечной тяги; б) длина мышцы; в) поперечник активируемых мышц; 2) координационные или нервные факторы — совокупность центральнонервных координационных механизмов управления мышечным аппаратом: а) механизмы внутримышечной координации (число активных ДЕ, частота импульсации, связи импульсации мотонейронов во времени; б) механизмы межмышечной координации (правильный выбор активируемых мышц-синергистов при адекватном ограничении мышц-антагонистов данного сустава).

**Физиологические свойства скелетных мышц** — возбудимость, проводимость, сократимость, лабильность. См. Возбудимость, Сократимость, Проводимость, Лабильность.

**Физиологический поперечник** – поперечный разрез мышцы, перпендикулярный ходу ее волокон. Ср. Анатомический поперечник.

**Физические свойства скелетных мышц** – растяжимость, эластичность, сила мышц, работа мышц. См. соответствующие рубрики.

**Формы мышечного сокращения**. См. Динамическая, Статическая форма мышечной работы.

Фосфагенная энергосистема — система энергетического обеспечения мышечного сокращения, энергосубстраты — АТФ и креатинфосфат (КФ); обладает наибольшей мощностью, но малой емкостью, так как запасы АТФ и

КФ ограничены; обеспечивает работу предельной мощности, но не более 20 секунд.

Эксцентрический тип мышечных сокращений — тип сокращения, при котором внешняя нагрузка на мышцу больше, чем ее напряжение; мышца при этом растягивается; движение в суставе с замедлением; внешняя работа мышцы отрицательная.

Эластичность — способность мышц принимать первоначальную длину после прекращения растягивающей или деформирующей силы. Живая мышца обладает совершенной Э.: даже незначительная сила способна вызвать относительно большое удлинение, при этом возвращение ее к первоначальным размерам является полным.

Электромеханическая связь, электромеханическое сопряжение — весь процесс от появления мышечного потенциала действия до сокращения мышечного волокна.

**Энергетическая емкость** — максимальное количество  $AT\Phi$ , которое может ресинтезироваться за счет энергии той или иной системы (выражается числом молей  $AT\Phi$ ).

Энергетическая мощность — максимальное количество АТФ, образующейся в единицу времени за счет энергии той или иной системы (выражается числом молей АТФ в минуту).

#### ВОПРОСЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

- 1. Что включает в себя нервно-мышечный или двигательный аппарат человека?
- 2. Перечислите свойства мышц: а) физические, б) физиологические.
- 3. Что понимается под: а) растяжимостью мышц, б) эластичностью, в) сократимостью?
- 4. Перечислите основные функции скелетных мышц.
- 5. Что понимается под двигательной единицей (ДЕ)?
- 6. В каких отделах ЦНС находятся мотонейроны, аксоны которых иннервируют скелетные мышцы?
- 7. Какими морфологическими признаками различаются между собой малые и большие ДЕ?
- 8. Назовите группы мышц, в которые преимущественно входят а) малые, б) большие ДЕ?
- 9. На какие типы можно подразделить ДЕ с функциональной точки зрения?
- 10. По каким физиологическим характеристикам различаются медленные и быстрые ДЕ?
- 11. Дайте сравнительную характеристику быстрых и медленных ДЕ.
- 12. Как различаются между собой быстрые и медленные ДЕ по А) порогу активации мотонейронов, б) скорости сокращения, в) степени выносливости, г) силе сокращения?
- 13. Расшифруйте аббревиатуры: SO, FG, FOG.
- 14. Из каких трех видов ДЕ состоит нервно-мышечный аппарат человека?
- 15. Что понимается под мышечной композицией?
- 16. От чего зависит «градиент силы» или «взрывная сила» мышц?
- 17. Чем определяется общая физиологическая характеристика мышц?
- 18. К какому виду работ (по мощности и продолжительности) приспособлены преимущественно а) быстрые ДЕ, б) медленные?
- 19. Существенно ли меняется с возрастом количество мышечных волокон, входящих в скелетные мышцы?
- 20. Что представляет собой миофибрилла и каково ее значение в механизме мышечного сокращения?
- 21. Что представляет собой саркоплазматический ретикулум и каково его значение в механизме мышечного сокращения?
- 22. Чем можно объяснить поперечную исчерченность скелетных мышц при рассмотрении в световой микроскоп?
- 23. Что такое саркомер? Описать детали строения саркомера.
- 24. Назовите структурные элементы мышечной клетки (мышечного волокна) и указать их функцию.
- 25. В чем особенности строения мышечной клетки в сравнении с клетками других тканей?
- 26. Каким образом различаются по клеточному строению и функциям гладкие и скелетные мышцы?

- 27. Перечислите и охарактеризуйте свойства гладких мышц. Каково значение пластичности гладких мышц в функционировании полых органов?
- 28. Перечислите и охарактеризовать особенности строения мышцы сердца.
- 29. Как называются основные сократительные белки мышечной клетки, каковы детали их строения?
- 30. Какое вещество является медиатором в нервно-мышечном синапсе?
- 31. Какие процессы лежат в основе периферических механизмов утомления при длительной и тяжелой работе?
- 32. Какую роль выполняет в мышцах миоглобин?
- 33. Опишите цепь событий в нервно-мышечном синапсе, ведущих к возникновению ПД в мышечной клетке.
- 34. Опишите последовательность процессов, приводящих к сокращению мышечного волокна.
- 35. В чем заключается сущность «теории скользящих нитей»?
- 36. Какой ион выполняет функцию пускового механизма в процессе мышечного сокращения? Что происходит под его влиянием?
- 37. На какие процессы, обеспечивающие сокращение и расслабление мышцы, тратится энергия АТФ?
- 38. Что понимается под электромеханическим сопряжением или электромеханической связью?
- 39. С работой какого механизма связано расслабление мышечного волокна?
- 40. Какое вещество служит единственным непосредственным (прямым) источником энергии мышечного сокращения?
- 41. Какими двумя путями может происходить ресинтез АТФ в мышце? Назовите источники энергии, обеспечивающие ресинтез АТФ.
- 42. Какие в мышце имеются системы энергообеспечения? По какому пути анаэробному или аэробному они работают?
- 43. Какие энергетические субстраты используют: а) фосфагенная система, б) лактацидная, в) кислородная?
- 44. Как различаются энергосистемы мышц по максимальной мощности и максимальной емкости?
- 45. Дайте краткую характеристику лактацидной системы энергообеспечения (энергосубстраты, мощность, емкость, виды работ). Чем лимитируется мощность этой системы?
- 46. Дайте краткую характеристику фосфагенной системы энергообеспечения. Какие виды работ она обеспечивает? Чем лимитируется мощность этой системы?
- 47. Дайте краткую характеристику окислительной системы энергообеспечения. Какие виды работ она обеспечивает?
- 48. Какие различают формы мышечной работы?
- 49. В чем различие между концентрическим и эксцентрическим типами сокращений по характеру движения в суставе, внешней нагрузке и внешней работе?

- 50. Перечислите и охарактеризовать типы сокращений.
- 51. Объясните, почему увеличение силы раздражителя увеличивает силу сокращения мышцы?
- 52. Объясните, почему максимальное сокращение мышцы наблюдается при ее естественной длине в состоянии покоя.
- 53. Означает ли что, если при изометрическом типе сокращений внешняя работа равна 0, затрат энергии не происходит?
- 54. Сформулируйте правило «средних нагрузок».
- 55. Как и почему изменится работоспособность скелетной мышцы при увеличении частоты ее сокращения?
- 56. Как различаются между собой изотонический, изометрический, ауксотонический и ауксометрический типы сокращений по характеру совершенной работы?
- 57. Какие различают два режима мышечных сокращений?
- 58. Какие фазы включает в себя цикл одиночного сокращения?
- 59. Что является условием появления а) зубчатого тетануса, б) гладкого тетануса?
- 60. Какое явление лежит в основе механизма тетануса? Различается ли амплитуда тетанического сокращения по сравнению с одиночным сокращением?
- 61. Почему режим тетанического сокращения не может поддерживаться длительное время?
- 62. Почему режим тетанического сокращения называют суммированным сокращением? При каких условиях раздражения скелетной мышцы вместо одиночных сокращений возникает тетанус?
- 63. Что понимается под оптимальной и пессимальной частотой раздражения? Какие опыты иллюстрируют эти явления?
- 64. В каком звене нервно-мышечного препарата (нерв-синапс-мышца) развивается пессимальное торможение Введенского?
- 65. Что понимается под максимальной силой мышц? Перечислить необходимые условия для проявления максимальной силы мышц.
- 66. От чего зависит максимальная сила мышц.
- 67. Чем отличается анатомический и физиологический поперечник мышцы?
- 68. Дайте определение «относительной» и «абсолютной» силе мышц. В каких пределах колеблется абсолютная сила мышц?
- 69. Что понимается под рабочей гипертрофией мышц? Какие выделяют два типа рабочей гипертрофии?
- 70. Кратко охарактеризуйте а) саркоплазматический и б) миофибриллярный типы рабочей гипертрофии.
- 71. Каким видами физических нагрузок определяется преимущественно а) саркоплазматический тип рабочей гипертрофии, б) миофибриллярный?
- 72. Какие процессы лежат в основе мышечной гипертрофии? Каким образом можно регулировать мышечную массу?

- 73. Что понимают под максимальной произвольной мышечной силой? Почему максимальную силу можно определить лишь в эксперименте?
- 74. От каких групп факторов зависит максимальная произвольная сила мышц?
- 75. Охарактеризуйте мышечные (периферические) факторы регуляции максимальной произвольной силы.
- 76. Охарактеризуйте нервные (координационные) факторы регуляции максимальной произвольной силы.
- 77. В чем заключается механизм: а) внутримышечной координации, б) межмышечной координации?
- 78. Что такое силовой дефицит? От каких факторов зависит его величина?
- 79. Каким образом психологическое состояние испытуемого влияет на силовой дефицит?
- 80. Почему при определении величины силового дефицита важно учитывать количество одновременно активируемых мышечных групп?
- 81. Каким образом влияет на силовой дефицит степень совершенства произвольного управления мышцами?
- 82. От чего зависит степень тонического напряжения мышцы?
- 83. Чем отличаются альфа-мотонейроны и гамма-мотонейроны?
- 84. В чем сущность гамма-регуляции мышечного тонуса.
- 85. Какие имеются механизмы регуляции напряжения мышцы?
- 86. Дайте характеристику такому механизму регуляции напряжения мышц как «число активных двигательных единиц».
- 87. Дайте характеристику такому механизму регуляции напряжения мышц как «режим активности двигательных единиц».
- 88. Дайте характеристику такому механизму регуляции напряжения мышц как «связь активности двигательных единиц во времени».
- 89. Синхронно или асинхронно сокращаются отдельные мышечные волокна в естественных условиях? При каких нагрузках ДЕ сокращаются синхронно?
- 90. Какое значение имеет синхронизация импульсной активности мотонейронов при выполнении разных видов движений?
- 91. Подчиняется ли одна двигательная единица закону «все или ничего»?
- 92. Что такое тремор утомления?
- 93. В условиях целого организма или в изолированной мышце утомление наступает медленнее? Почему?
- 94. Где в условиях целого организма утомление наступает раньше: в ЦНС, мышце, нервно-мышечном синапсе?
- 95. Что такое тонус скелетных мышц? Какие ДЕ (медленные или быстрые) его обеспечивают?
- 96. Какие процессы протекают в мышце во время латентного периода при непрямом раздражении?
- 97. Какова возбудимость мышцы в период расслабления?

- 98. В какую фазу одиночного мышечного сокращения нужно подействовать на мышцу, чтобы вызвать гладкий тетанус?
- 99. С какой частотой надо действовать раздражителем на мышцу, чтобы получить максимальную амплитуду сокращений?
- 100. Какие процессы в мышце идут с затратой энергии?
- 101. Отреагирует ли мышца на дополнительный стимул, нанесенный в латентный период сокращения? Почему?
- 102. Какие изменения на мембране характеризует состояние парабиоза?
- 103. Какие местные факторы способствуют развитию утомления мышц? В чем заключаются центральные механизмы утомления мышц?
- 104. Какие структуры нейромоторной (двигательной) единицы утомляются быстрее?
- 105. Какие структуры нейромоторной единицы обладают самой низкой лабильностью?
- 106. Как изменяется мышечная активность при тренировках?
- 107. Как можно контролировать процессы мышечного утомления?
- 108. Приведите формулу для расчета механической работы мышцы.
- 109. Какие гормоны играют важную роль в регуляции объема мышечной массы.

#### ЗАДАНИЯ И ЗАДАЧИ

#### Задания

| 1. Сравнить    | большие и     | малые  | двигательн | ные | единицы   | (ДЕ), | заполнив  |
|----------------|---------------|--------|------------|-----|-----------|-------|-----------|
| таблицу. Для   | составления   | количе | ественных  | xap | актеристи | к исп | ользовать |
| материалы цифр | рового раздел | a.     |            |     |           |       |           |

| Признак | Большие ДЕ | Малые ДЕ |
|---------|------------|----------|

- 2. Схематически изобразить строение мышцы и ее компонентов. Сделать соответствующие подписи. Более детально представить строение саркомера.
- 3. Представить схему электромеханического напряжения в мышечном волокне в покое и при возбуждении (фрагмент мембраны и саркомер).
- 4. Отметить стрелками распространение ПД и перемещение ионов, а также конфигурацию мостиков и длину саркомера покое и в момент сокращения.
- 5. Записать схематично последовательность процессов, обеспечивающих мышечное сокращение. Соединить этапы стрелочками.
- 6. Сравнить в виде таблицы медленные окислительные, быстрые гликолитические и быстрые окислительно-гликолитические ДЕ по физиологическим и биохимическим характеристикам.
- 7. Сравнить системы энергообеспечения мышечной деятельности, заполнив таблицу.

| Система Мощность Емкость Продолжительность и виды деятельности |
|--|
|--|

- 8. Представить графически режимы мышечных сокращений, отметив на оси ординат амплитуду сокращений, на оси абсцисс частоту раздражений.
- 9. Зарисовать кривую одиночного мышечного сокращения. Охарактеризовать основные фазы.
- 10. Провести сравнительную характеристику тетанических сокращений. Результаты оформить в виде таблицы.

| П                    |                  | Γ               |
|----------------------|------------------|-----------------|
| Признак              | Зубчатый тетанус | Гладкий тетанус |
| Частота импульсации  |                  |                 |
| мотонейрона          |                  |                 |
| Форма кривой         |                  |                 |
| механического ответа |                  |                 |
| Фаза возбудимости, в |                  |                 |
| которую приходят     |                  |                 |
| последующие импульсы |                  |                 |
| Суммация одиночных   |                  |                 |
| сокращений           |                  |                 |

11. Представить в виде таблицы формы, типы мышечных сокращений.

| Форма      | Тип        | Движение в | Внешняя  | Внешняя работа |
|------------|------------|------------|----------|----------------|
| сокращений | сокращений | суставе    | нагрузка |                |

- 12. Указать правильный порядок расположения составных частей двигательной единицы (ДЕ):
- А) мотонейрон, аксон, мышечные волокна, синапс;
- Б) мышечное волокно, аксон, мотонейрон;
- В) мотонейрон, аксон, синапс, мышечные волокна;
- Г) мышечные волокна, синапс, аксон, мотонейрон.
- 13. Указать соответствие.
  - 1) Быстрые ДЕ. 2) Медленные ДЕ
  - А) имеют высокий порог активации
  - Б) имеют низкий порог активации
  - В) сильные
  - Г) слабые
  - Д) неутомляемые
  - Е) быстроутомляемые
- 14. Указать соответствие:
- 1) медленные окислительные мышечные волокна
- 2) быстрые гликолитические
- 3) быстрые окислительно-гликолитические
- а) слабые неутомляемые
- б) сильные утомляемые
- в) достаточно сильные малоутомляемые
- 15. Вписать недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму—возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума --?-- взаимодействие его с тропонинтропомиозиновым комплексом—освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.
- 16. Поставить в соответствие цифры и буквы. 1. Быстрые мышечные волокна. 2. Медленные. А) сокращение быстрое, б) содержат миоглобин, в) основной источник энергообеспечения гликолиз, г) содержат запасы гликогена, д) сокращение медленное, е) источник энергии окислительное фосфорилирование, ж) приспособлены к работе на выносливость, з) красные, и) белые.
- 17. Объяснить явление трупного окоченения, опираясь на модель рабочего цикла поперечных мостиков.
- 18. Какое основное условие должно соблюдаться, чтобы в эксперименте с нервно-мышечным препаратом получить тетаническое сокращение?

19. Дать характеристику ДЕ, выделяемых по характеру возбуждения:

| , ,     | . 1          | 1 1 2 2 1  |
|---------|--------------|------------|
| Признак | Фазные:      | Тонические |
|         | А) быстрые   |            |
|         | Б) медленные |            |

20. Дать характеристику медленным и быстрым фазным ДЕ:

| Признак                | Быстрые | Медленные |
|------------------------|---------|-----------|
| Вид работы             |         |           |
| Скорость (постепенная, |         |           |
| взрывная)              |         |           |
| Длительность           |         |           |
| Поставщик энергии      |         |           |

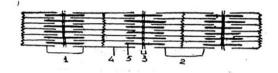
- 21. Какой источник энергии используется в ходе мышечной работы (вписать):
  - 1) в течение первых секунд...
  - 2) в течение нескольких десятков секунд после начала работы...
  - 3) через несколько минут после работы умеренной интенсивности...

4)

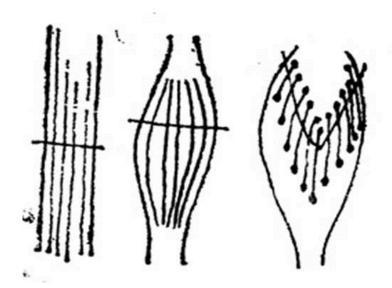
22. Дать характеристику основных видов мышечной ткани:

| Признак             | Скелетные мышцы | Гладкие мышцы | Сердечная мышца |
|---------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Строение            |                 |               |                 |
| Свойства            |                 |               |                 |
| Функции             |                 |               |                 |
| Масса в организме в |                 |               |                 |
| %                   |                 |               |                 |

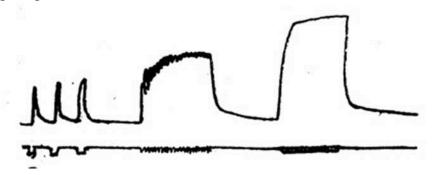
- 23. Площадь физиологического поперечного сечения мышцы 25 см<sup>2</sup>. Рассчитать удельную силу мышцы, если она в состоянии поднять максимально 200 кг.
- 24. Добавить недостающие звенья в цепи следующих процессов: нервный импульс --- высвобождение ацетилхолина --- ? --- повышение ионной проницаемости постсинаптической мембраны --- ? --- возникновение ПД и распространение его по мышечному волокну.
- 25. Зарисовать структуру саркомера, обозначить основные структурные компоненты.
- 26. Нарисовать схему двигательной единицы, обозначить структурные компоненты.
- 27. Зарисовать график одиночного и суммированного сокращения. Дать пояснения полученным кривым.
- 28. Назвать структурные единицы миофибриллы, обозначенные цифрами.



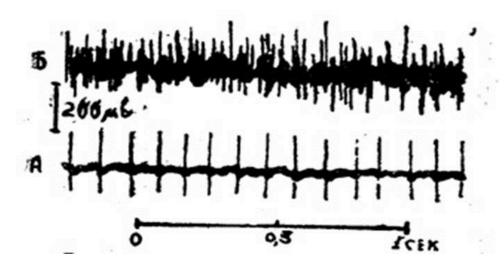
29. Какая из изображенных на схеме мышц обладает большей абсолютной силой?



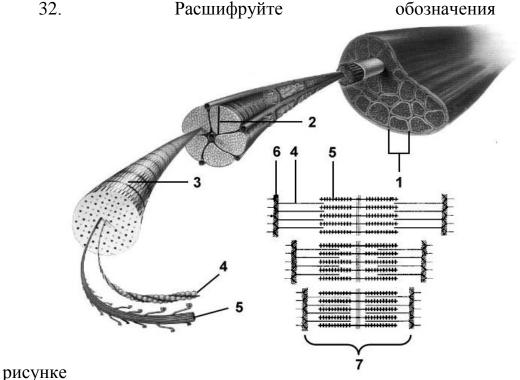
30. Какие виды сокращения мышцы представлены на рисунке? Какими раздражениями они вызваны?



31. Определить, где зарегистрирована биоэлектрическая активность целой мышцы, а где отдельной моторной единицы. Объясните причину различия электрограмм.







## Ситуационные задачи с решениями

Величина МП мышечного волокна уменьшилась. Станет ли при этом разница между возбудимостью этого волокна и иннервирующего его нервного волокна больше или меньше?

Возбудимость характеризуется величиной порогового потенциала. Для мышечных волокон эта величина больше, так как у них МП более отрицателен, чем у нервных волокон. При уменьшении МП мышечного волокна его пороговый потенциал тоже уменьшится и, следовательно, уровень возбудимости повысится и приблизится к таковому у нервного волокна.

К покоящейся мышце подвесили груз. Как при этом изменится ширина Нзоны саркомера?

Н-зона — это центральный участок толстой протофибриллы — мизиновой нити, который не перекрыт тонкими протофибриллами (актиновыми нитями). При растяжении мышцы степень перекрытия миозиновых нитей уменьшается, так как актиновые нити частично выходят из промежутков между миозиновыми нитями. Соответственно ширина Н-зоны увеличивается.

Совпадают ли физическое и физиологическое понятия работы мышц? Нет, не всегда совпадают. В физическом смысле механическая работа измеряется произведением силы на расстояние. В случае изотонического сокращения мышца действительно, перемещает какой-то груз на некоторое

расстояние. Однако при изометрическом сокращении (например, при попытке поднять непосильный груз) укорочения мышцы не происходит. Значит, в физическом смысле механическая работа равна в этом случае нулю. Тем не менее в мышце затрачивается энергия, которая идет на развитие напряжения в мышечных волокнах. Следовательно, в физиологическом смысле работа совершается.

Почему быстрые мышцы при сокращении потребляют в единицу времени больше энергии  $AT\Phi$ , чем медленные?

Основное отличие быстрых мышц от медленных состоит в том, что они, как показывает само название, укорачиваются более быстро. Это ответ на макроуровне. Однако в условии задачи говорится об использовании энергии АТФ. Следовательно, необходимо перейти на макроуровень. Прикрепление поперечных мостиков миозиновых нитей к актиновым нитям — активация АТФазы активным центром миозина, содержащимся в головке поперечного мостика, — расщепление АТФ на АДФ и фосфорный остаток — выделение энергии, которая позволяет мостику совершать гребковое движение — укорочение саркомера — работа кальциевого насоса — отщепление мостика и затем многократное повторение этого цикла. Теперь понятно, что при быстром сокращении мостики совершают больше гребковых движений в единицу времени, соответственно на это затрачивается больше энергии АТФ.

Как изменится минимальная частота раздражений, вызывающая тетанус, если будет ослаблена работа кальциевого насоса в мышце? Можно ли уменьшить этот эффект путем охлаждения мышцы?

Кальциевый насос откачивает ионы кальция из межклеточной среды в систему саркоплазматического ретикулума. При этом используется энергия  $AT\Phi$ . Когда концентрация  $Ca^{2+}$  в межклеточной среде уменьшается, происходит отсоединение поперечных мостиков миозина от актиновых нитей и расслабление мышцы. Если работа кальциевого насоса ослабевает, то уход  $Ca^{2+}$  из межклеточной среды замедлится, расслабление мышцы также замедлится и тетанус будет возникать при более низкой частоте раздражения. Поскольку охлаждение замедляет скорость химических реакций, то оно будет способствовать не ослаблению, а усилению указанного эффекта.

Из мочеточника и крупной артерии животного вырезаны отрезки одинаковой длины и помещены в раствор Рингера. Можно ли путем наблюдения (без каких-либо воздействий) отличить одно от другого? Различия во внешнем виде во внимание не принимаются.

Поскольку никакие воздействия не производятся, то тогда сами объекты должны вести себя по-разному. Одна из важных особенностей гладких мышц — наличие автоматии (способность к спонтанным сокращениям). Однако не во всех органах она выражена одинаково. Высокая активность имеет место в гладких мышцах желудка, кишечника, мочеточника, матки. Это понятно,

если мы подумаем об особенностях функционирования этих органов. Очень низкая активность в мышцах артерий, семенных протоков. Следовательно, изолированный и помещенный в раствор Рингера отрезок мочеточника будет самопроизвольно сокращаться, а отрезок артерии — нет.

Основные зоны саркомера — I, A, H. Ширина какой из них не изменяется при сокращении мышцы?

Зона А. Ее размеры зависят от длины толстых протофибрилл, которые в отличие от тонких никак не перемешаются в ходе сокращения. Ширина же зоны Н уменьшится.

Каков главный компонент электромеханического сопряжения в мышце? Как доказать ключевую роль этого компонента?

Система «электромеханическое сопряжение» состоит из двух подсистем «электрический процесс» (распространение ПД) и «механический процесс» мышцы). Какой элемент связывает (сокращение ЭТИ обеспечивая переход электрического процесса в механический? Это ионы кальция. ПД распространяется по поперечным трубочкам, достигает продольных трубочек, и приводит в конечном счете к высвобождению из терминальных цистерн ионов кальция, Этим заканчивается электрическая часть процесса, А механическая часть начинается с того, что ионы кальция способствуют прикреплению поперечных мостиков миозиновых нитей к актиновым с последующим укорочением волокна. Доказать роль ионов кальция очень просто. Если убрать его из внутриклеточной жидкости, находящейся между миофибриллами, сокращение не будет возникать.

Почему при раздражении разных двигательных единиц одной и той же мышцы можно получить сокращения различной силы?

Чем различаются различные двигательные единицы? Прежде всего количеством входящих в них мышечных волокон. Естественно, что двигательная единица, содержащая меньше волокон, будет при сокращении развивать меньшую силу.

Мышца состоит из волокон, волокна из миофибрилл, а те в свою очередь из протофибрилл. Какие из перечисленных объектов укорачиваются во время сокрашения?

Укорачиваются волокна, состоящие из миофибрилл. Входящие в состав миофибрилл протофибриллы не изменяют свою длину. А укорочение миофибрилл происходит за счет вдвигания тонких протофибрилл между толстыми.

На изолированной скелетной мышце поставили три опыта. Сначала мышцу раздражали в обычном состоянии, затем предварительно растянули ее (в небольшой степени) и раздражали током той же силы и, наконец,

предварительно подвергли значительному растяжению и снова раздражали тем же током. Как различалась сила сокращений мышцы в этих трех опытах? В чем причина этих различий?

Саркомер состоит из толстых протофибрилл, тонких протофибрилл, входящих в пространство между толстыми протофибриллами, поперечных мостиков в толстых протофибриллах и мембраны Z, в которой закреплены тонкие протофибриллы. Сокращение происходит за счет последовательных циклов соединения поперечных мостиков с тонкими протофибриллами, совершения «гребковых» движений с перемещением тонких протофибрилл между толстыми, отсоединения мостиков и т,д. Если мышца предварительно растянута, то количество мостиков, которые могут взаимодействовать с тонкими протофибриллами, уменьшается и поэтому сила сокращения снижается. При очень значительном растяжении тонкие и толстые протофибриллы вообще не будут перекрываться и сила сокращения упадет до нуля.

Возможно ли, чтобы при рабочей гипертрофии мышцы ее абсолютная сила не увеличилась?

Абсолютная сила мышцы — это максимальная ее сила, деленная на площадь поперечного сечения. Рабочая гипертрофия мышц возникает в результате физической тренировки и максимальная сила при этом, конечно, увеличивается. Но, если площадь поперечного сечения возрастает в такой же степени, то понятно, что абсолютная мышечная сила останется неизменной.

Представьте себе, что у какого-то животного имеется полый орган, стенки которого содержат не гладкие, а скелетные мышцы. Какими экспериментами можно было бы установить это? Из всех возможностей выберите самую простую.

Требуется сравнить особенности гладкой и скелетной мышц. При этом постараемся выявить различные в функциональном отношении элементы в этих мышцах. Таких различий много и можно думать о любом. Но попробуем полностью учесть условие задачи. В нем говорится не о мышцах вообще, а конкретно о мышцах стенок полого органа. Такой орган легко растянуть, например, раздуванием или поступлением в него жидкости. В связи с этим вспомним о свойстве пластичности. Гладкие мышцы обладают пластичностью и поэтому при растяжении их напряжение изменяется в очень малой степени. Скелетные же мышцы пластичностью не обладают. Если бы они находились в стенках полого органа, то при его растяжении в мышцах возникало большое напряжение и соответственно значительно возрастало бы давление, что физиологически невыгодно, например, в мочевом пузыре. В реальных же условиях давление в мочевом пузыре при растяжении его мочой почти не изменяется благодаря указанной особенности гладких мышц. Регуляция работы такого органа осуществляется за счет сигналов о растяжении его стенок.

Известно, что муравей может тащить в челюстях добычу, которая во много раз превышает его собственный вес. Можно ли из этого заключить, что мышцы муравьев необычайно сильны?

Понятно, что максимальная сила мышц, скажем, слона несравнима с таковой у мыши или кузнечика. Поэтому для сравнения мышц различных животных используют понятие абсолютной силы. Почему же муравей кажется таким сильным? Ответ одновременно и прост, и труден. Дело в том, что для решения приходится использовать не только физиологические, но и геометрические соображения, что для физиолога не совсем привычно. Оказывается, что с уменьшением размеров тела животного его масса уменьшается пропорционально третьей степени длины тела, а плошадь поперечного сечения мышц, которая определяет абсолютную силу, уменьшается соответственно лишь квадрату длины тела, т.е., в меньшей тела. Таким образом определяющий масса рассматриваемой системы — это «зависимость абсолютной силы мышц от размеров тела». Именно этот элемент и позволяет маленькому муравью перемешать груз большой не сам по себе, а по отношению к массе тела. Из этого следует, что муравьи производят на нас столь эффектное впечатление своей работоспособностью не потому что они очень сильные, а потому что очень маленькие.

Если рассмотреть рычаг, который образует мышца с поднимаемой ею костью, например, предплечьем, то нетрудно убедиться, что при работе рычага происходит очевидный проигрыш в силе. В чем физиологический смысл такого «попустительства» природы?

Любой школьник знает, что, если рычаг обеспечивает выигрыш в силе, то это сопровождается проигрышем в скорости перемещения и наоборот. Очевидно, для живых организмов более важной оказалась быстрота перемещения конечностей, чем затрачиваемая при этом энергия.

Штангист, пытаясь поднять чрезмерный груз, не может оторвать штангу от помоста. Какой тип мышечного сокращения при этом преобладает, будет ли при этом совершаться работа?

Изометрическое сокращение, внешняя работа мышц равна 0. При пороговом раздражении в сократительный акт включаются наиболее возбудимые двигательные единицы

Какие виды тетанических сокращений будут наблюдаться в мышце при частоте раздражения 20 имп/с и 90 имп/с?

При частоте 20 имп/с – зубчатый тетанус, 90 имп/с – гладкий.

При электрической стимуляции нерва мышца перестает сокращаться, наступило утомление. Какова будет реакция мышцы на прямую электростимуляцию?

Мышца сокращается, т. к. при стимуляции нерва в нервно-мышечном препарате быстрее всего утомляется синапс.

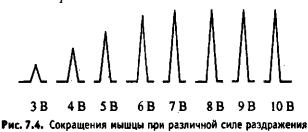
Скорость проведения возбуждения по мембране мышечного волокна равна 5 м/сек. Чему равна скорость проведения волны сокращения? Через какое время волна сокращения дойдет до синапса до конца мышцы, если это расстояние равно 5 см?

Скорость проведения волны сокращения совпадает со скоростью передвижения возбуждения, следовательно, время будет равно 0,01 сек.

На мышцу наносят частые раздражения. При этом возникает гладкий тетанус. Как установить, отвечает ли мышца на каждое раздражение или нет?

Нужно регистрировать ПД, возникающие в мышце и сравнивать их число в единицу времени с частотой раздражения. Если эти числа полностью совпадают, значит, мышца отвечает на каждое раздражение.

Одиночное мышечное волокно подчиняется закону «все или ничего». Но, если раздражать целую мышцу, то в отличие от одиночного волокна величина ее сокращения по мере усиления раздражения возрастает, но до определенного предела. Получаемая запись может иметь, например, такой вид. Чем объясняются эти различия?



Решение. Мышца, состоящая из многих волокон, не подчиняется закону «все или ничего», а одиночное волокно подчиняется. Почему наличие множества волокон приводит к отклонению от закона «все или ничего»? Поскольку каждое волокно сокращается в соответствии с этим законом, то усиление сокращения мышцы при увеличении силы раздражения нельзя объяснить усилением сокращения отдельных волокон. Значит, ступенчатое нарастание ответа мышцы на раздражение обусловлено тем, что при усилении раздражения увеличивается количество сокращающихся волокон.

Почему же при данной силе раздражения сокращается лишь часть волокон, а не все они? Мышечное волокно отвечает на раздражения пороговой и надпороговой силы. Каждое данное раздражение для одних волокон будет надпороговым, а для других — пороговым. Отсюда решающий вывод — разные мышечные волокна обладает неодинаковой возбудимостью. Поэтому при пороговом раздражении (для мышцы в целом)

возбуждаются и сокращаются лишь некоторые волокна, обладающие самой высокой возбудимостью. При усилении раздражения подключаются новые, менее возбудимые волокна, что приводит к увеличению суммарного сокращения мышцы. И, наконец, при достаточно большой силе раздражения сокращаются и наименее возбудимые волокнам. Теперь сокращена полностью вся мышца, и дальнейшее усиление раздражителя уже не приводит к увеличению сокращения.

#### ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Рекомендации по написанию реферата. Основой для написания является изучения нескольких литературных источников, приведенных в библиографическом списке. Можно также использовать и другие учебные пособия по физиологии человека для студентов высших учебных заведений. Реферат представляет собой изложение (а не переписывание) материала, касающегося той или иной темы. Объем около 5-15 страниц рукописного или машинописного текста. Реферат должен иметь титульный лист, на котором указаны: наименование организации, кафедра, тема работы, ФИО, курс, год написания. Вторая страница – оглавление, где перечислены главы и подглавы с указанием соответствующих страниц; в конце реферата приводится список использованных литературных источников; весьма желательны (а в ряде случаев обязательны) рисунки, схемы, таблицы. Последний лист подписывается автором работы, ставится дата написания реферата. Помимо перечисленных ниже тем, студент может предложить и свою тему реферата. По ряду тем дан примерный план написания.

## 1. Строение и свойства мышц.

Примерный план.

- 1. Строение целой мышцы.
- 2. Строение мышечного волокна.
- 3. Поперечная исчерченность мышечного волокна.
- 4. Строение миофибриллы.
- 5. Свойства поперечно-полосатых скелетных мышц.

# 2. Строение нервно-мышечного аппарата

Примерный план.

- 1. Строение двигательной единицы.
- 2. Функциональные особенности двигательных единиц.
- 3. Виды мышечных волокон.
- 4. Композиция мышц и спортивный отбор.

# 3. Механизм и энергетика мышечного сокращения.

Примерный план.

- 1. Строение миофибриллы как функциональной единицы мышечного волокна.
- 2. Механизм мышечного сокращения в поперечно-полосатой мышце. Теория «скольжения». Процесс мышечного расслабления.
- 3. Роль ионов кальция в процессе мышечного сокращения. Источники кальция в скелетных мышцах. Механизмы удаления кальция из саркоплазмы.

4. Роль АТФ для деятельности мышц. Основные пути ресинтеза АТФ в мышце.

## 4. Формы, типы и режимы мышечного сокращения.

Примерный план.

- 1. Формы сокращения (динамическая и статическая).
- 2. Типы сокращения (концентрический, эксцентрический, изометрический).
- 3. Режимы сокращения (схема одиночных и тетанических сокращений).

## 5. Регуляция напряжения мышцы.

Примерный план.

- 1. Число активных двигательных единиц.
- 2. Режим активности двигательных единиц.
- 3. Синхронная и асинхронная работа.
- 4. Гамма-регуляция мышечного тонуса.

## 6. Характеристические кривые мышцы. Работа мышц.

Примерный план.

- 1. Упругие элементы мышц.
- 2. Равновесная длина мышцы.
- 3. Характеристическая кривая «длина-напряжение». Длина покоя.
- 4. Характеристическая кривая «сила-скорость».
- 5. Работа мышц и ее механическая эффективность.

#### 7. Мышечная сила.

Примерный план.

- 1. Максимальная сила.
- 2. Анатомический поперечник. Относительна сила.
- 3. Физиологический поперечник. Абсолютная сила.
- 4. Рабочая гипертрофия мышцы (саркоплазматическая и миофибриллярная).
- 5. Роль гормонов андрогенов в регуляции объема мышечной массы.
- 6. Сила мышц человека. Максимальная произвольная мышечная сила.

Факторы, определяющие максимальную произвольную силу (периферические и координационные).

7. Силовой дефицит и факторы, его определяющие.

# ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ТЕМЕ «МЫШЦЫ»

| 1.Длительность одиночного сокращения мышцы равна 0,1 секунды. Фаза сокращения равна фазе расслабления. Сколько нужно нанести раздражений, чтобы получить гладкий тетанус? А) 10 имп./сек; Б) 20 имп./сек; В) 5 имп./сек.  | 2. Физиологическое поперечное сечение мышцы 10 см². Максимальная произвольная сила мышцы равна 20кг. Какова абсолютная сила этой мышцы? А) 80 кг; Б) 20 кг; В) 200 кг.  |
|---|---|
| 3.Лабильность эфферентного нерва мышцы 300 имп/сек, а лабильность нервного центра иннервирующего мышцу равна 100 имп/сек. Сколько максимальных импульсов в секунду может получать мышца? А) 300 имп/с; Б) 10 имп/с; В) 100 имп/с.   | 4. Сокращение скелетных мышц возникает в ответ на электрические импульсы, приходящие к ним от: А) гамма-мотонейронов; Б) интернейронов; В) альфа-мотонейронов; Г) афферентных нейронов                                    |
| 5.Укажите правильный порядок расположения составных частей двигательной единицы (ДЕ): А) мотонейрон, аксон, мышечные волокна, синапс; Б) мышечное волокно, аксон, мотонейрон; В) мотонейрон, аксон, синапс, мышечные волокна; Г) мышечные волокна, синапс, аксон, мотонейрон. | 6.Участок миофибриллы, в котором расположены миофиламенты, состоящие из молекулы белков актина и миозина, называют: А) саркоплазмой; Б) саркомером; В) саркоплазматическим ретикулумом; Г) системой поперечных трубочек.  |
| 7.При возбуждении мышечных волокон, соединение поперечных миозиновых мостиков с нитями актина, обеспечивают свободные ионы: А) кальция; Б) калия; В) натрия; Г) хлора.  | 8.Единственным источником энергии для сокращения мышечных волокон служат: А) АДФ; Б) АТФ; В) КрФ; Г) глюкоза.   |
| 9.Режим сокращений мышечных волокон определяется: А) силой нервных импульсов; Б) частотой импульсации мотонейронов; В) длительностью фаз расслабления и сокращения.   | 10.При какой концентрации ионов кальция в миофибриллярном пространстве невозможно прикрепление миозиновых поперечных мостиков к актину: А) ниже 10 <sup>-8</sup> ; Б) ниже 2 <sup>-8</sup> ; В) больше 10 <sup>-8</sup> . |
| 11. Какой режим сокращения является основным видом сокращения мышц человека и животных: А) одиночный; Б) зубчатый тетанус; В) гладкий тетанус; Г) оптимальный тетанус.  | 12.У какого человека мышцы находятся в лучшем функциональном состоянии, если гладкий тетанус наступает при раздражении мышцы: А) в ритме 25имп./сек; Б) в ритме 40имп./сек; В) в ритме 80имп./сек.                        |
| 13.Сокращение мышцы, при котором она развивает напряжение и укорачивается, называется: А) ауксотоническим; Б) изометрическим;   | 14.Сокращение мышцы, при котором она развивает напряжение без изменения своей длины называют: А) изотоническим; Б) изометрическим;  |

| В) статическим.  | В) эксцентрическим.  |
|--|--|
| 15.Для медленных двигательных единиц                       |  |
| характерны:  | 16. Быстрые двигательные единицы в сравнении                             |
| А) низкий порог активации и частота                        | с медленными развивают:  |
| импульсации – 6-10имп/сек;                                 | А) одинаковую силу и большую скорость                                    |
| Б) высокий порог активации и частота                       | сокращения;  |
| импульсации – 25-50имп/с;                                  | Б) меньшую силу, но большую скорость                                     |
| В) высокий порог активации и частота                       | сокращения;  |
| импульсации 6-10имп./сек.                                  | В) большую силу и скорость сокращения.                                   |
| 17.Для регуляции величины напряжения                       | 18. В покое и при небольших напряжениях                                  |
| мышцы ЦНС использует:                                      | большинство двигательных единиц работают:                                |
| А) 3 механизма;  | А) синхронно;  |
| Б) 1 механизм;   | Б) асинхронно;   |
| В) 2 механизма.  | В) изометрически.  |
| 19.Для гладкой мускулатуры не характерна:                  | 20.При недостатке кислорода в мышечной                                   |
| А) сократимость;   | клетке:  |
| Б) возможность произвольного сокращения;                   | А) повысится рН из-за уменьшения   |
| В) возбудимость  | концентрации углекислого газа;   |
|  | Б) повысится рН из-за уменьшения   |
|  | концентрации молочной кислоты;   |
|  | В) понизится рН из-за повышения  |
| 24.77  | концентрации молочной кислоты.   |
| 21.Для осуществления различных форм                        | 22 17  |
| двигательных действий и позных реакций                     | 22.Правильное распределение тонуса                                       |
| характерен:  | скелетных мышц главным образом формирует:                                |
| А) механизм центральных команд;                            | А) мозжечок;   |
| Б) механизм рефлекторного кольца;                          | Б) моторная зона коры больших полушарий;                                 |
| В) механизм рефлекторной дуги;                             | В) продолговатый мозг;   |
| Г) гуморальный фактор                                      | Г) лимбическая система.  |
| 23. Физиологическим поперечником называют:                 | 24. Где раньше возникает утомление при                                   |
| А) перпендикулярный разрез мышцы                           | скоростной работе:   |
| относительно хода её мышечных волокон;                     | А) в мышце;  |
| Б) перпендикулярный разрез мышцы                           | Б) в нерве;  |
| относительно её длины;                                     | В) в нервной клетке;   |
| В) поперечный разрез мышцы по ходу её                      | Г) в синапсе.  |
| длины.   |  |
| 25.Силовым дефицитом называют:                             | 26. При каких условиях мышца выполняет                                   |
| А) недостаточную степень тренированности                   | максимальный объём работы:   |
| мышц;  | А) при среднем ритме работы и средней                                    |
| Б) разность между абсолютной и относительной               | нагрузке;  |
| силой;   | Б) при максимальном ритме работы и                                       |
| В) разность между максимальной силой и                     | максимальной нагрузке;   |
| максимально произвольным усилием.                          | В) при максимальной нагрузке и медленном                                 |
|  | темпе работы.  |
| 27 Mayyyaary 14  | 28. Скорость сокращения мышцы зависит от:                                |
| 27.Мощность мышечного сокращения тем                       | А) количества одновременно образующихся                                  |
| Выше:  | поперечных мостиков между актином и                                      |
| А) чем выше скорость укорочения и меньше                   | миозином;  |
| мышечная сила;<br>Б) чем больше сила и скорость укорочения | Б) количества участвующих в сокращении                                   |
|  | мышечных волокон;<br>В) от скорости образования поперечных               |
| мышцы; В) чем выше сила сокращения и меньше                | В) от скорости образования поперечных мостиков между актином и миозином. |
| скорость укорочения.                                       | MOOTHROD MORELY URTHIOM II MINOSINIOM.                                   |
| 29.В среднем суммарный кровоток мышечной                   | 30.Чем с большей скоростью нарастает                                     |
| ткани в покое составляет (а при работе):                   | напряжение мышцы, тем выше её:   |
| india s indice coefficient (a lipli pacole).               | manpanatine maningar, rem abilité éé.                                    |

|  | Ι.,  |
|--|--|
| А) 3-5л/мин (не изменяется);   | А) максимальная сила;                                    |
| Б) 0,1-0,5л/мин (10-15л/мин);  | Б) статическая сила;                                     |
| В) 0,9-1,2л/мин (30л).   | В) абсолютная сила;                                      |
|  | Г) взрывная сила.  |
| 31. Двигательные единицы отличаются между  | 32. К числу физиологических характеристик                |
| собой:   | двигательных единиц НЕ относятся:                        |
| А) объемом тела мотонейрона;   | А) сила;   |
| Б) толщиной аксона мотонейрона;  | Б) скорость;   |
| В) числом мышечных волокон, к которым  | В) выносливость;   |
| подходят ответвления аксона мотонейрона;   | Г) толщина мышечных волокон;                             |
| Г) всеми перечисленными признаками.  | Д) количество мышечных волокон.                          |
| 33. Медленные ДЕ в сравнении с быстрыми  | 34. Быстрые ДЕ в сравнении с медленными                  |
| развивают:   | характеризуются:   |
| А) меньшую силу, но больщую выносливость;  | А) низким порогом активации мотонейрона и                |
| Б) большую силу, но меньшую выносливость;  | высокой скоростью сокращения;                            |
| В) меньшую силу и меньшую выносливость;  | Б) высоким порогом активации и высокой                   |
| Г) большую силу и большую выносливость.  | скоростью сокращения;                                    |
| , is seeing to seeing to be the seeing t | В) низким порогом активации и невысокой                  |
|  | скоростью сокращения;                                    |
|  | Г) низким порогом активации и невысокой                  |
|  | скоростью сокращения.                                    |
| 35.Указать соответствие.   | 36. Быстрые ДЕ в сравнении с медленными                  |
| 1) Быстрые ДЕ А) имеют   | являются:  |
| высокий порог активации  | А) сильными и быстроутомляемыми;                         |
| 2) Медленные ДЕ Б) имеют низкий  | Б) слабыми и быстроутомляемыми;                          |
| порог активации  | 1 ' · · · · · · · · · · · · · · · · · ·                  |
| *  | В) сильными и неутомляемыми; Г) слабыми и неутомляемыми. |
| В) сильные   | 1) слаоыми и неутомляемыми.                              |
| Г) слабые  |  |
| Д) неутомляемые  |  |
| E) быстроутомляемые  37. Укажите соответствие:   | 38. Соотношение между ДЕ медленными                      |
|  |  |
| 1) медленные окислительные мышечные  | неутомляемыми, быстрыми малоутомляемыми,                 |
| волокна а) слабые неутомляемые   | быстрыми утомляемыми называют                            |
| 2) быстрые гликолитические   |  |
| б) сильные утомляемые  |  |
| 3)быстрые окислительно-гликолитические   |  |
| в) достаточно сильные малоутомляемые   | 40 Mayayyya - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -        |
| 39. По мере старения человека число быстрых  | 40. Максимальная концентрация лактата выше:              |
| медленных волокон в мышцах:  | А) в медленных мышечных волокнах;                        |
| А) уменьшается;  | Б) в быстрых;  |
| Б) увеличивается;  | В) одинаков  |
| В) не изменяется   | 40.75  |
| 41. В одном грамме скелетной мышцы   | 42. Внутренне содержимое мышечного волокна               |
| содержится сократительных белков:  | называется   |
| А) 10 г  |  |
| Б) 50 г  |  |
| В) 100 г   |  |
| 43.Скорость распространения потенциала   | 44. Мышечный потенциал действия является                 |
| действия по мышечному волокну составляет:  | сигналом:  |
| А) 1 м/сек   | А) для выхода ионов кальция из цистерн                   |
| Б) 5 м/сек   | саркоплазматического ретикулума                          |
| В) 10 м/сек  | Б) для поворота молекул тропомиозина вокруг              |
|  | своей оси  |
|  | В) для фосфорилирования миозиновых головок               |
| 45. Энергия гребкового движения одного   | 46. Весь процесс от появления мышечного                  |
| мостика осуществляет перемещение актиновой   | потенциала действия до сокращения                        |
| * '  |  |

| yyymy; a) yya 0 50/ yyyyyy                | MANAGEMENT DO TOMANO MONTOS                |
|---|--|
| нити: а) на 0,5% длины                    | мышечного волокна называется               |
| б) на 1%                                  |  |
| в) на 2%                                  | 10.74                                      |
| 47. Расслабление мышечного волокна        | 48.Какие из энергетических систем работают |
| обеспечивает                              | по анаэробному пути:                       |
| А) кальциевый насос                       | А) фосфагенная                             |
| Б) натриевый насос                        | Б) лактацидная                             |
| В) натрий-калиевый насос                  | В) окислительная                           |
| 49. Работа с использованием только        | 50. Лактацидная система может обеспечивать |
| фосфагенной энергетической системы может  | работу большой мощности в течение:         |
| продолжаться:                             | А) 1- сек                                  |
| А) 10 сек                                 | Б) 20 сек – 1-2 мин                        |
| Б) 20 сек                                 | В) 3-5 мин                                 |
| В) 1 мин                                  | Г) 5 и более мин                           |
| 51. Основными структурными элементами     | 52. Какую роль выполняет в мышцах          |
| мышечного волокна, обеспечивающие его     | миоглобин:                                 |
| возбуждение и сокращение являются:        | А) депонирует кислород                     |
| А) сарколемма (клеточная мембрана)        | Б) связывает углекислоту                   |
| Б) саркоплазматический ретикулюм          | В) нейтрализует молочную кислоту           |
| В) миомиофибриллы                         |  |
| Г) все перечисленные элементы             |  |
| 53. Каково значение саркоплазматического  | 54. Какова продолжительность сокращения    |
| ретикулума в механизме мышечного          | быстрых двигательных единиц:               |
| сокращения:                               | A) 0,02 c                                  |
| А) резервуар для хранения, выброса и      | Б) 0,05 с                                  |
| обратного захвата ионов кальция при       | B) 0,1 c                                   |
| сокращении и расслаблении мышцы           |  |
| Б) место запаса питательных веществ       |  |
| В) место синтеза АТФ                      |  |
| Г) место хранения вторичных метаболитов   |  |
| 55. Какова продолжительность сокращения   | 56. Физиологическими свойствами мышечной   |
| медленных двигательных единиц:            | ткани НЕ являются                          |
| A) 0,02 c                                 | А) возбудимость                            |
| Б) 0,05                                   | Б) проводимость                            |
| B) 0,1                                    | В) сократимость                            |
|   | Г) растяжимость                            |
|   | Д) эластичность                            |
| 57. Физическими свойствами мышечной ткани | 58. Основными функциями скелетных мышц     |
| являются                                  | НЕ являются:                               |
| А) возбудимость                           | А) обеспечение всех видов двигательной     |
| Б) проводимость                           | активности                                 |
| В) сократимость                           | Б) поддержание определенной позы           |
| Г) растяжимость                           | В) дыхательная функция                     |
| Д) эластичность                           | Г) жевание                                 |
|   | Д) выработка тепла                         |
|   | Е) способствуют движению крови и лимфы по  |
|   | сосудам                                    |
| 59. Мотонейроны медленных двигательных    | 60. Мотонейроны быстрых ДЕ имеют частоту   |
| единиц имеют частоту импульсации:         | импульсации:                               |
| А) 10 Гц                                  | А) 10 Гц                                   |
| Б) 20 ГЦ                                  | Б) 20 ГЦ                                   |
| В) 30 Гц                                  | В) 30 Гц                                   |
| Г) 40 Гц                                  | Г) 40 Гц                                   |
| 61. Мышечные клетки каких ДЕ имеют много  | 62. Быстрые ДЕ в организме обеспечивают в  |
| миофибрилл, высокую активность миозиновой | огновном:                                  |
| АТФазы, слаборазвитую капиллярную сеть,   |  |
| тал чазы, слаооразвитую капиллярную сеть, | А) движение                                |

| Гликогена, анаэробный обмен:  |
|---|
| <ul> <li>Б) медленных</li> <li>63.Медленные ДЕ в организме обеспечивают в основном:             <ul> <li>А) движение</li> <li>В) и то, и другое</li> <li>65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматического ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.</li> <li>67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:</li> <li>А) скольжение нитей миозина в укорочение нитей миозина в укорочение нитей миозина</li> <li>66. На какие процессы, обеспечивающие сокращение и расслабление мышцы, расходуется АТФ:</li> <li>А) на взаимодействие актиновых и миозиновых нитей (образование мостиков)</li> <li>В) на работу ионных насосов, обеспечивающих распад мостиков</li> <li>В) на оба процесса</li> <li>68. Впишите недостающее звено: распространение ПД по мембране мышечного волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение и и расслабовие звено: распространение ПД по мембране мышечного волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение и и расслабовите и недостающее звено: распространение ПД по мембране мышечного волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение и кативных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ – сгибание миозиновых мостиков (рычаг) – скольжение нитей в</li> </ul></li></ul>  |
| 63.Медленные ДЕ в организме обеспечивают в основном: А) движение Б) мышечный тонус и позу В) и то, и другое  65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина. 67. Что является причиной скольжения нитей актина и прикрепление к ним головок миозина. 67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сокращение длины миофибрилл Б) скольжение нитей миозина В) укорочение и расслабление и расслабление и расслабление мышцы, расходуется АТФ: А) на взаимодействие актиновых и миозиновых нитей (образование мостиков) В) на оба процесса В пишите недостающее звено: распространение ПД по мембране мышечного волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение инонов кальция—? — освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение инозиновых головок— освобождение инозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| основном: А) движение Б) мышечный тонус и позу В) и то, и другое  65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны сарколлазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина. 67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сокращение длины миофибрилл Б) скольжение нитей миозина В) укорочение нитей актина врукту другу       |
| А) сокращение длины миофибрилл Б) скольжение нитей миозина вдоль нитей актина навстречу друг другу В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей актина 65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина. 67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков В) разгибание миозиновых мостиков В) разгибание миозиновых мостиков Освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в  |
| Б) мышечный тонус и позу В) и то, и другое  Б) скольжение нитей миозина вдоль нитей актина навстречу друг другу В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей актина В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей актина В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей актина В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей актина Вобт на приссовные инактина Вобт на приссовом на приссовные на приссовные на приссовные на п |
| В) и то, и другое  актина навстречу друг другу В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей актина  65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков В) разгибание миозиновых мостиков освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ – сгибание миозиновых мостиков (рычаг) – скольжение нитей в  |
| В) укорочение нитей миозина В) укорочение нитей актина  65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков  волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение интей в присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ – сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| В) укорочение нитей актина  65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков  волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение ионов кальция—? Освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок—освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в  |
| 65. Впишите недостающее звено в процесс электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина. 67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков В процессы, обеспечивающие сокращение и расслабление мышцых и миозиновых и миозиновых и миозиновых и миозиновых и миозиновых востиков (в. Впишите недостающее звено: распространение ПД по мембране мышечного волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение ионов кальция—? — освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| электрохимического сопряжения: передача потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков  Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести)  В) разгибание миозиновых мостиков  Влишите недостающее звено: распространение ПД по мембране мышечного волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение ионов кальция—? — освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в  |
| потенциала действия (нервный импульс) через нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков  Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести)  В) разгибание миозиновых мостиков  В расходуется АТФ:  А) на взаимодействие актиновых и миозиновых нитей (образование мостиков)  Б) на работу ионных насосов, обеспечивающих распад мостиков  В) на оба процесса  68. Впишите недостающее звено: распространение ПД по мембране мышечного волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение ионов кальция—?  — освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок—освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| нервно-мышечный синапс на сарколемму— возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков  Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести)  В) разгибание миозиновых мостиков  В на оба процесса  Впишите недостающее звено: распространение ПД по мембране мышечного ретикулума—освобождение ионов кальция—?  — освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| возбуждение мембраны саркоплазматческого ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков  Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести)  В) разгибание миозиновых мостиков  волокна и трубочкам саркоплазматического ретикулума—освобождение ионов кальция—?  — освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| ретикулума? взаимодействие его с тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков освобождение АТФ – сгибание миозиновых мостиков (рычаг) – скольжение нитей в   |
| тропонин-тропомиозиновым комплексом— освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков освобождение миозиновых головок— освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| освобождение активных участков на нитях актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение АТФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| актина и прикрепление к ним головок миозина.  67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков  мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| 67. Что является причиной скольжения нитей актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| актина относительно нитей миозина при расслаблении мышцы: А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков мостиков (рычаг) — скольжение нитей в  |
| расслаблении мышцы:  А) сгибание миозиновых мостиков Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести) В) разгибание миозиновых мостиков освобождение миозиновых головок— освобождение АТФ – сгибание миозиновых мостиков (рычаг) – скольжение нитей в   |
| Б) эластичность самой мышцы и сухожилий, а также масса органа (сила тяжести)  В) разгибание миозиновых мостиков  — освобождение активных зон для присоединение миозиновых головок— освобождение ATФ — сгибание миозиновых мостиков (рычаг) — скольжение нитей в   |
| также масса органа (сила тяжести) присоединение миозиновых головок— В) разгибание миозиновых мостиков освобождение $AT\Phi$ – сгибание миозиновых мостиков (рычаг) – скольжение нитей в   |
| В) разгибание миозиновых мостиков освобождение АТФ – сгибание миозиновых мостиков (рычаг) – скольжение нитей в  |
| мостиков (рычаг) – скольжение нитей в   |
| <b>4</b> /  |
| направлении к центру саркомера  |
|   |
| 69. Впишите недостающее звено: 70. Энергия, освобождаемая при мышечном  |
| распространение ПД по мембране мышечного сокращении расходуется:  |
| волокна и трубочкам саркоплазматического А) 50% на сокращение и расслабление и 50%  |
| ретикулума—освобождение ионов кальция— выделяется в виде тепла  |
| взаимодействие кальция с тропонин- Б) 25% на сокращение и расслабление и 75%  |
| тропомиозиновым комплексом — освобождение выделяется в виде тепла   |
| активных зон для присоединение миозиновых В) 75% на сокращение и расслабление и 25% головок—освобождение АТФ – сгибание выделяется в виде тепла   |
| головок—освобождение ATФ – сгибание выделяется в виде тепла миозиновых мостиков (рычаг) – ?   |
| 71. Каков КПД мышцы: 72. Укажите тип/типы сокращения мышцы в  |
| А) 25% зависимости от длительности сокращения:  |
| Б) 50% А) изометрическое  |
| В) 75% Б) ауксотоническое   |
| В) тетаническое   |
| Г) одиночное  |
| 73. Укажите тип/типы мышечного сокращения в 74. Какой основной процесс происходит в   |
| зависимости от характера сокращения: латентную фазу одиночного сокращения   |
| А) изотоническое А) возбуждение и его распространение   |
| Б) ауксотоническое Б) укорочение мышцы  |
| В) изометрическое В) расслабление мышцы   |
| Г) тетаническое Г) ничего не происходит   |
| 75. Какие факторы влияют на силу одиночного 76. До какой степени необходимо растянуть   |
| сокращения изолированной мышцы рот ее изолированную мышцу, чтобы сила ее  |
| прямом раздражении: сокращения в изометрическом режиме была   |
| А) степень предварительного растяжения максимальной   |
| Б) сила раздражения А) максимально, за пределы естественной   |
| В) оба фактора длины  |

| 77. Слитное, длительное сокращение скелетной мышцы, возникающее в ответ на ее   | Б) до естественной длины в состоянии покоя В) исходная длина мышцы не влияет на силу ее сокращения  78. Какое явление лежит в основе механизма тетануса:   |
|---|--|
| ритмическое раздражение называют  | А) явление аккомодации     Б) релаксации     В) суммации   |
| 79. В какую фазу одиночного сокращения должно попасть каждое последующее раздражение, чтобы возник зубчатый тетанус: А) в латентную Б) в фазу сокращения В) в фазу расслабления 81. Во сколько раз амплитуда сокращений в режиме гладкого тетануса больше, чем одиночного сокращения A) в 2-4   | 80. В какую фазу одиночного сокращения должно попасть каждое последующее раздражение, чтобы возник гладкий тетанус: А) в латентную Б) в фазу сокращения В) в фазу расслабления 82. Какие факторы влияют на высоту гладкого тетануса изолированной мышцы: А) степень предварительного растяжения Б) сила раздражителя                     |
| Б) в 3-5 В) в 10 83. При оптимальной частоте раздражения: А) амплитуда тетануса средняя устойчивая Б) максимальная устойчивая В) максимальная неустойчивая  | В) частота раздражения Г) все перечисленное 84. Частота, при которой наблюдается гладкий тетанус наиболее высокий и устойчивый называется  |
| 85. Частота нервных импульсов, поступающих к нервно-мышечному синапсу, превышающая его лабильность называется   | 86. При каких мышечных нагрузках двигательные единицы одного нейронного пула сокращаются асинхронно: А) при очень низких Б) при умеренных В) при чрезмерных  |
| 87. При каких мышечных нагрузках двигательные единицы одного нейронного пула сокращаются синхронно: А) при очень низких Б) при умеренных В) при чрезмерных  | 88. Какова зависимость работы изолированной скелетной мышцы при увеличении частоты ее сокращений:  А) с увеличение нагрузки работа сначала возрастает, а затем падает плоть до 0 Б) с увеличение нагрузки работа возрастает до определенного уровня и далее не меняется В) с увеличение нагрузки работа возрастает прямо пропорционально |
| 89. Что называют утомлением мышцы: А) временное понижение работоспособности, исчезающее после отдыха Б) стойкое понижение работоспособности   | 90. Чем объясняется утомление мышцы в условиях раздражения нерва нервномышечного препарата: А) накоплением продуктов обмена Б) истощением энергетических запасов В) снижением эффективности работы синапса (расходование медиатора и др.)  |
| 91. В каких отделах ЦНС находятся мотонейроны, аксоны которых иннервируют скелетные мышцы А) в передних рогах спинного мозга, продолговатом мозге и, в мосту и среднем мозге Б) в задних рогах спинного мозга, продолговатом мозге и, в мосту и среднем мозге В) в передних рогах спинного мозга, продолговатом мозге и, в мосту и лобных долях полушарий | 92. Утомление наступает быстрее: А) в условиях целостного организма Б) в изолированной мышце   |

|  | ,  |
|--|--|
| 93. Функциональными особенностями гладкой  | 94. Окислительная система может обеспечивать |
| мышцы являются:                            | легкую и умеренно тяжелую работу в течение:  |
| А) эластичность                            | А) 3-5 мин                                   |
| Б) пластичность                            | Б) 5-10 мин                                  |
| В) автоматия                               | В) часы                                      |
| Г) более длительное сокращение             | Г) сутки                                     |
| 95. Укажите соответствие:                  | 96. Сокращение мышцы, при котором мышца      |
| 1) фосфагенная система.                    | укорачивается без изменения                  |
| 2) лактацидная                             | напряжения называется:                       |
| 3) окислительная                           | А) ауксотоничсеким                           |
| А) максимальная мощность                   | Б) изометрическим                            |
| Б) достаточно высокая мощность             | В) изотоническим                             |
| В) максимальная емкость                    |  |
| Г)небольшая мощность                       |  |
| Д) достаточно большая емкость              |  |
| Е) небольшая емкость                       |  |
| 97. При концентрическом типе сокращений    | 98. При эксцентрическом типе сокращений      |
| внешняя работа:                            |  |
| *  | внешняя работа:<br>А) положительная          |
| А) положительная                           | ,  |
| Б) отрицательная                           | Б) отрицательная                             |
| В) работа не совершается                   | В) работа не совершается                     |
| 99. Если внешняя нагрузка меньше, чем      | 100. Если внешняя нагрузка больше, чем       |
| напряжение мышц, она:                      | напряжение мышц, она:                        |
| А) укорачивается                           | А) укорачивается                             |
| Б) удлиняется                              | Б) удлиняется                                |
| В) не меняет длины                         | В) не меняет длины                           |
| 101. Тип сокращения, при котором внешняя   | 102. Тип сокращения мышц, при котором        |
| нагрузка меньше, чем напряжение мышцы      | внешняя нагрузка больше, чем напряжение      |
| называется:                                | называется:                                  |
| А) концентрическим                         | А) концентрическим                           |
| Б) эксцентрическим                         | Б) эксцентрическим                           |
| В) изометрическим                          | В) изометрическим                            |
| · -  |  |
| 103. При концентрическом типе сокращений   | 104. При эксцентрическом типе сокращений     |
| движение в суставе:                        | движение в с уставе:                         |
| А) с ускорением                            | А) с ускорением                              |
| Б) с замедлением                           | Б) с замедлением                             |
| В) с постоянной скоростью                  | В) с постоянной скоростью                    |
| 105. Какой тип сокращений нельзя отнести к | 106. При каких условиях изометрически        |
| динамической работе                        | сокращающаяся мышца проявляет                |
| А) концентрический                         | максимальную силу:                           |
| Б) эксцентрический                         | А) активация всех ДЕ                         |
| В) изокинетический                         | Б) режим гладкого тетануса                   |
| Г) изометрический                          | В) сокращение мышцы при длине покоя          |
|  | Г) всех трех                                 |
| 107. Отношение максимальной силы к ее      | 108. Абсолютной силой мышцы называется       |
| анатомическому поперечнику называется      | отношение максимальной силы к ее:            |
|  | А) анатомическому поперечнику                |
|  | Б) физиологическому поперечнику              |
|  | В) объему мышцы                              |
|  | Г) площади поверхности мышцы                 |
| 109. Отношение максимальной силы к ее      | 110. Увеличение мышечного поперечника в      |
| физиологическому поперечнику называется    | результате мышечной тренировки               |
| T Indiepe minky nashbaeten                 | называется                                   |
| 111. Рабочая гипертрофия мышц происходит в | 112. Саркоплазматический тип мышечной        |
|  | гипертрофии:                                 |
| основном за счет:                          | типертрофии.                                 |

| 113. Миофибриллярный тип мышечной гипертрофии: А) мало влияет на рост силы мышцы, но повышает выносливость  | В) повышает силу мышцы, но не влияет на выносливость  114. Укажите соответствие:  1) саркоплазматический тип гипертрофии А) связан с увеличением объема саркоплазмы  2) миофибриллярный Б) с увеличением объема миофибрилл |
|---|--|
| гипертрофии: А) мало влияет на рост силы мышцы, но  | 1) саркоплазматический тип гипертрофии A) связан с увеличением объема саркоплазмы 2) миофибриллярный Б)  |
| повышает выносливость   |  |
| Б) повышает и силу мышцы и ее выносливость В) значительно повышает силу мышцы, но не  | B)   |
| влияет на выносливость 115. Какой режим тренировок способствует   | с увеличением числа миофибрилл 116. Какой режим тренировок способствует  |
| развитию рабочей гипертрофии 1 типа (саркоплазматической): А) длительные динамические упражнения с  | развитию рабочей миофибриллярной гипертрофии:  А) длительные динамические упражнения с   |
| небольшой нагрузкой Б) изометрические упражнения больших  | небольшой нагрузкой<br>Б) изометрические упражнения больших  |
| мышечных напряжений В) краткие динамические упражнения с небольшой нагрузкой  | мышечных напряжений В) краткие динамические упражнения с небольшой нагрузкой   |
| 117. В основе мышечной гипертрофии лежит: А) синтез белков Б) синтез углеводов В) синтез жиров  | 118. Суммарная величина изометрического напряжения групп мышц при максимальном произвольном усилии испытуемого называется: А) относительная силы мышц  |
| 119. К механизмам внутримышечной  | Б) абсолютная сила мышц В) максимальная произвольная силы мышц   |
| 119. К механизмам внутримышечной координации НЕ относятся: А) число активных ДЕ мышцы   | 120. К механизмам межмышечной координации относятся: А) число активных ДЕ мышцы  |
| Б) частота импульсации мотонейронов В) длина мышцы Г) попромуния муниция  | Б) активация/ограничение соответствующих мышц-антагонистов данного сустава В) длина мышцы  |
| Г) поперечник мышцы 121. К механизмам мышечной  | Г) поперечник мышцы 122. Величина силового дефицита зависит от:  |
| (периферической) координации мышечной силы НЕ относятся:  | А) психологического состояния испытуемого     Б) количества одновременно активируемых  |
| А) механические условия действия мышечной тяги     Б) дли мышцы   | мышечных групп В) степени совершенства произвольного<br>управления мышцами   |
| В) поперечник активируемых мышц Г) число активных двигательных единиц   | Г) от всех перечисленных факторов  |
| 123 Положительный эффект стресса на уменьшение силового дефицита сильнее сказывается у лиц:   | 124. Механизм гамма-регуляции мышечного тонуса связан с: А) изменением порога возбуждения мышечных   |
| <ul><li>A) нетренированных</li><li>Б) у хорошо тренированных</li></ul>  | веретен и увеличение потока импульсов к альфа-мотонейронам   |
| В) эффект одинаков  | Б) с быстрым оттоком метаболитов из мышцы В) с образованием большего количества АТФ  |
| 125. При каких ситуациях синхронизация импульсной активности ДЕ оказывает влияние на максимальное напряжение мышцы: А) при длительных и сильных сокращениях Б) при кратковременных сокращениях или в начале любого сокращения | 126. Самые малые (медленные) ДЕ той или иной мышцы активны: А) при любом напряжении мышцы Б) только при сильных мышечных сокращениях.  |

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

#### Основная литература

Солодков А.С. Физиология человека. Общая, спортивная, возрастная: Учебник для высших учебных заведений физической культуры / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М.,  $2001.-520~\rm c.$ 

Физиология физического воспитания и спорта: Учебник для студентов средних и высших учебных заведений / В.М. Смирнов, В.И. Дубровский. – М., 2002. – 608 с.

Физиология человека: Учебник для вузов Ф.К. под ред. В.И. Тхоревского — М., 2001.-492 с.

Физиология человека: Учебник для институтов физической культуры / Под общ. ред Н.В. Зимкина. – М., 1975. – 495 с.

#### Дополнительная литература

Бортный Н.А. Нормальная физиология: учебное пособие Н.А.Бортный, Т.Н.Бортная. – М., 2009. – 384 с.

Граевская Н.Д. Спортивная медицина: курс лекций и практические занятия. Учебное пособие. Ч. / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. – М., 2004 – 304 с.

Каменский А.А. Физиология человека: просто о сложном. – М.:ВАКО, 2018. – 352 с.

Караулова Л.К. Физиология / Л.К. Караулова, Н.А. Красноперова, М.М.Расулов. – М., 2009. - 384 с.

Словарь физиологических терминов / Под ред. Н.А. Агаджаняна. – М., 1987. – 446 с.

Фаллер А. Анатомия и физиология человека / А. Фаллер, М. Шюнке. - М., 2008. - 537 с.

Физиология человека: учебник для магистрантов и аспирантов / под ред.Е.К. Аганянц. – М.: Советский спорт, 2005. – 336 с.

Физиология человека. Задачи и упражнения: Учебное пособие / Под ред. Ю.И. Савченкова. – Ростов н/Д, 2007. – 160 с.

Физиология человека: [учебник для студ. мед. ин-тов] / [Е.Б. Бабский и др.]; под ред. Г.И.Косицкого. – Изд. 4е перераб. и доп. – M.,2009. – 559.