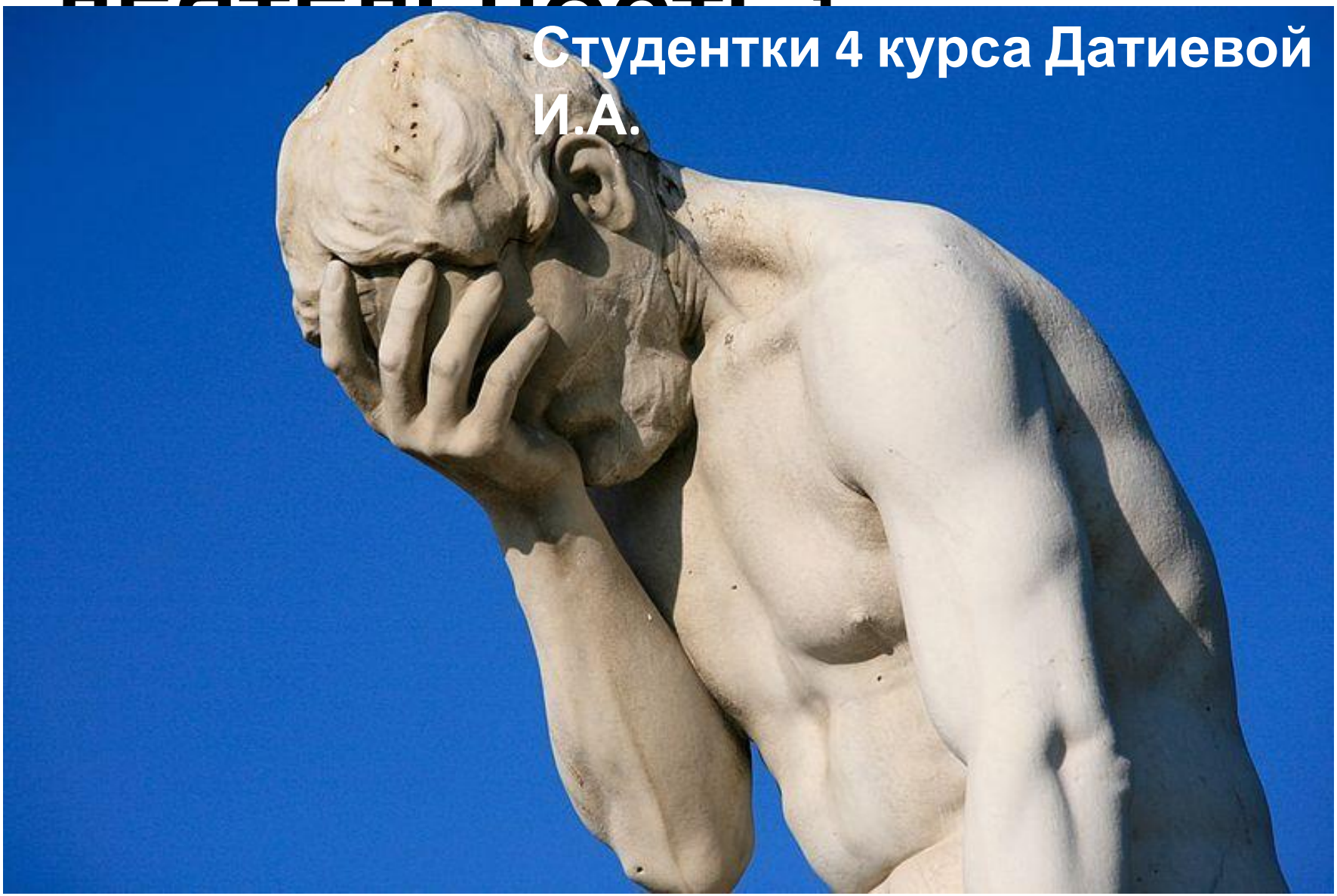
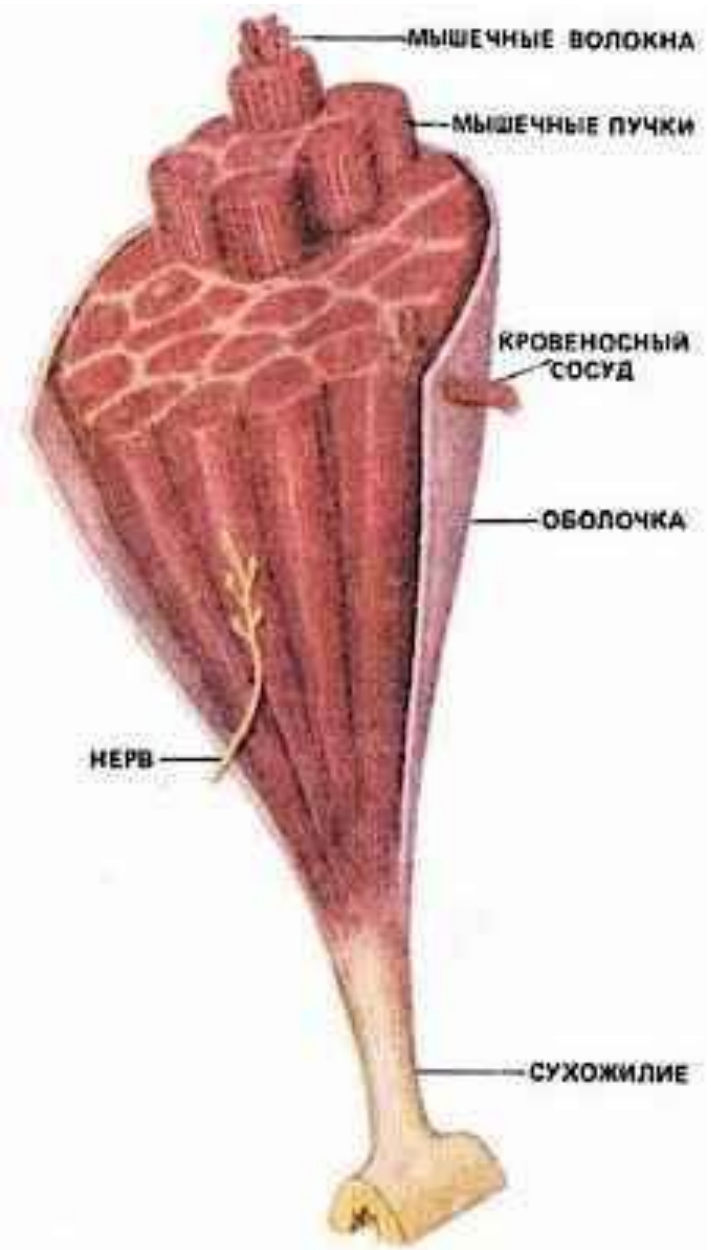
[МЫШЕЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ]



Студентки 4 курса Датиевой И.А.

Основные вопросы

1) Мышечное волокно. Типология мышечных волокон
2) Онтогенез мышечных волокон: эмбриональный период, постнатальное развитие
3) Динамика роста скелетных мышц
4) Работа мышц : виды мышечной работы, зоны мощности, экономичность мышечной работы
5) Вегетативные системы. Реакция вегетативных систем на нагрузку. Поддержание гомеостаза при мышечной нагрузке
6) Возрастные этапы становления энергетики мышечной деятельности



строение мышцы

Скелетные мышцы наряду с нервными структурами относятся к возбудимым тканям, составляющие их клетки — наиболее сложно устроенные в организме человека. С этим связано то обстоятельство, что мышечная ткань проходит очень долгий и многоступенчатый путь возрастного развития (рис. 1), претерпевая на этом пути несколько кардинальных перестроек.

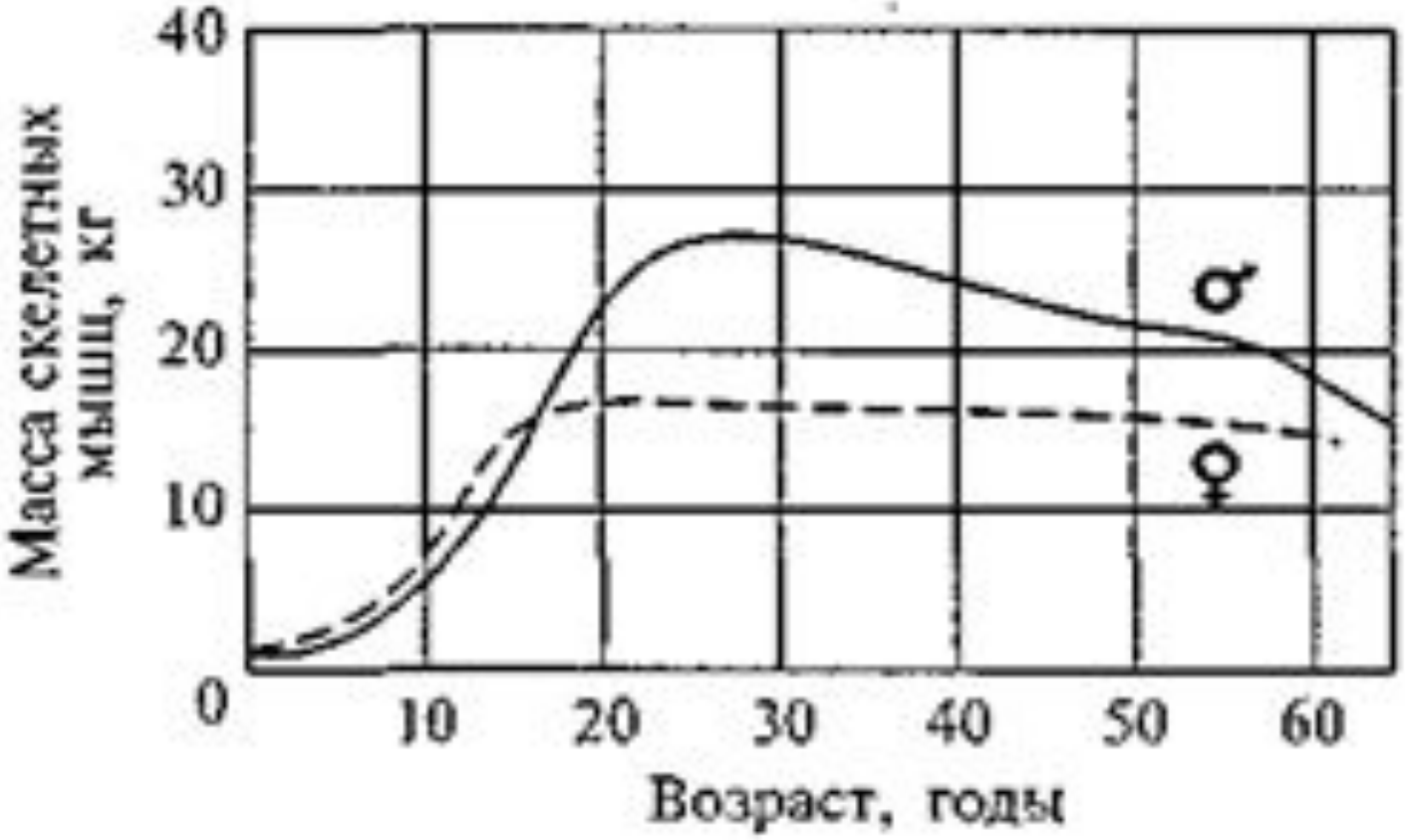


Рис. 1. Возрастные изменения массы скелетных мышц

Под микроскопом на продольном срезе мышечного волокна видна поперечная исчерченность, которая обусловлена тем, что его внутренние структуры периодически (через каждые 2–2,5 мкм) многократно повторяются (рис. 2).

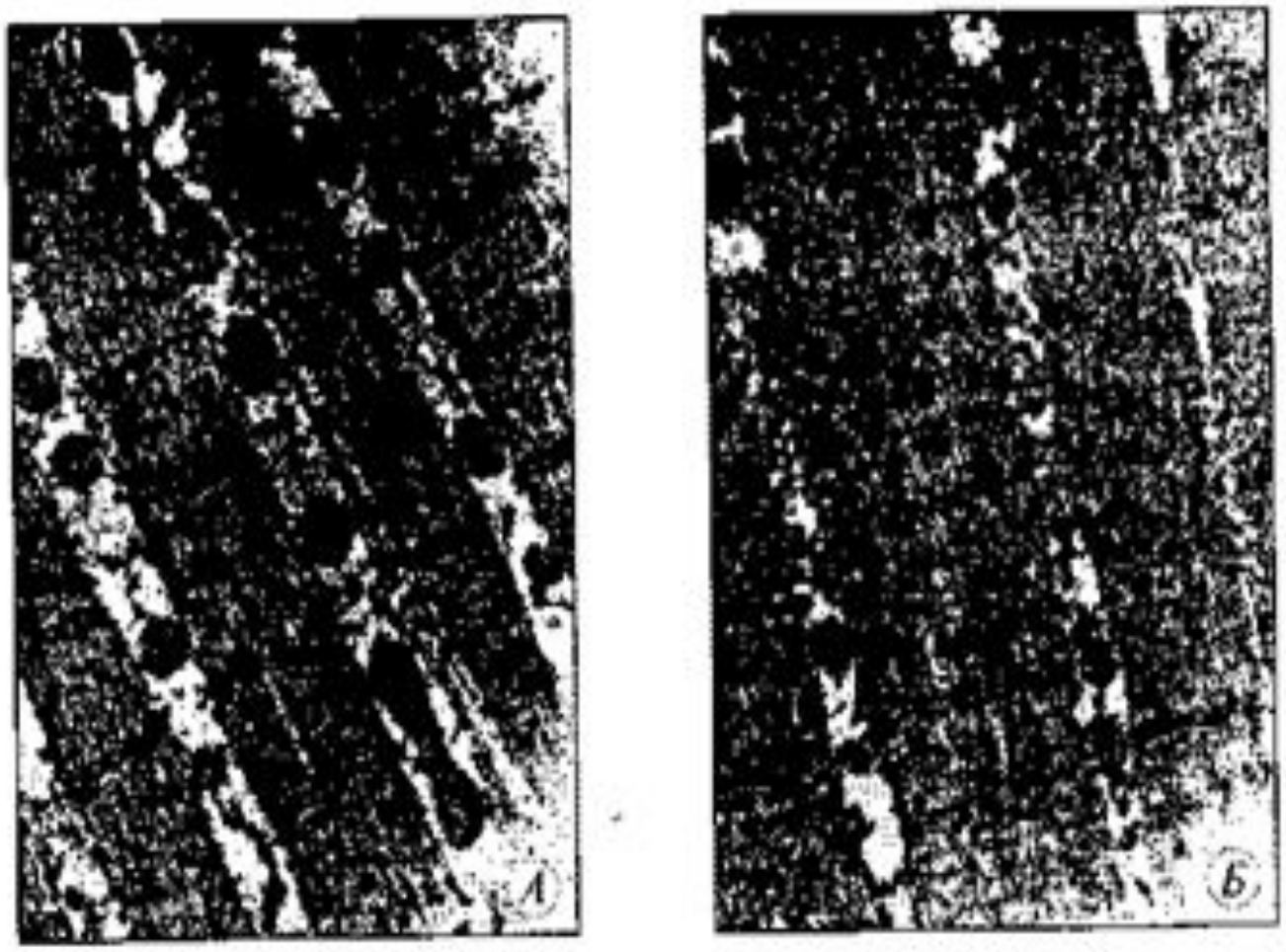


Рис.2 Ультраструктура мышечной ткани человека:

***А* — мальчик 11 лет; *Б* — взрослый мужчина**

Волокна I типа содержат «медленный» миозин. Это сравнительно тонкие волокна с большим содержанием митохондрий и миоглобина (аналог гемоглобина, содержащийся в самих мышечных волокнах), поэтому они имеют красный цвет и их называют еще «красные». В этих волокнах преобладает аэробная энергетика, наиболее экономичная, но зависящая от доставки кислорода. Эти волокна малоутомляемы и обеспечивают выносливость мышц.

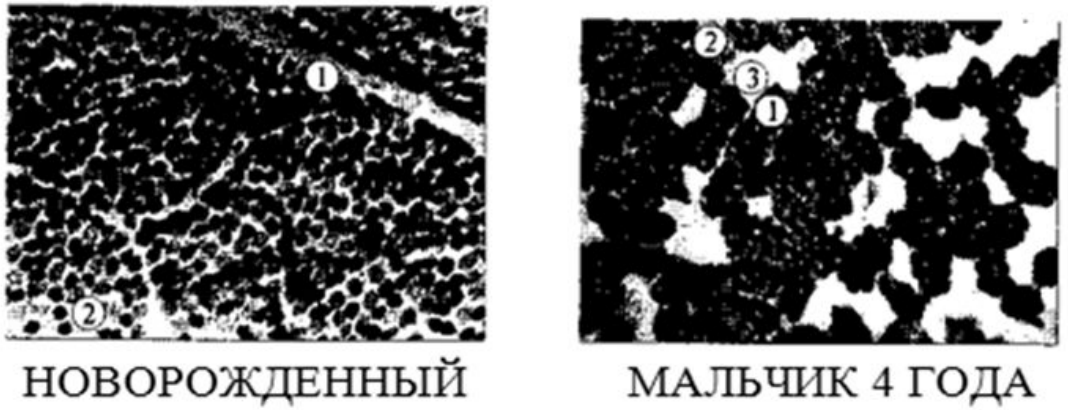
Волокна II типа содержат «быстрый» миозин. Они примерно в 2 раза толще волокон I типа. Этот тип подразделяется на подтипы IIA и IIB.

Волокна типа IIB содержат много АТФ и креатинфосфата в цитоплазме, но мало митохондрий и миоглобина, поэтому их называют «белые». Их энергетика базируется главным образом на анаэробных гликолитических процессах и в гораздо меньшей степени зависит от доставки кислорода. Однако эти волокна быстро утомляются при нагрузке. Именно они определяют важнейшее качество — силу.

Таблица 11

Характеристика типов мышечных волокон человека (по Дж. Хенриксону, 1978)

Показатель	Тип I	Тип IIA	Тип IIB
Скорость сокращения	Низкая	Высокая	Высокая
Цвет	Красный	Красный	Белый
Содержание липидов	Высокое	Среднее	Низкое
АТФ-азная активность	Низкая	Высокая	Высокая
Площадь поперечного сечения, мкм^2	3880	4950	3590
Капилляризация в расчете на 1 волокно	3,9	4,2	3,0
Капилляризация в расчете на 1 мм^2	1,03	0,86	0,84
Активность СДГ (окислительные ферменты)	11,8	8,4	7,1
Активность ФФК (ферменты анаэробного гликолиза)	12,8	25,5	27,0
Процентное содержание в m. quadriceps femori	43,0	37,0	20,0



К моменту рождения количество волокон, включившихся в первый этап дифференциации, составляет в среднем 43 %

Рис. 3. Возрастные изменения волоконного состава скелетных мышц (m. quadriceps femori)
1 — волокна типа I; 2 — волокна типа IIA; 3 — волокна типа IIB

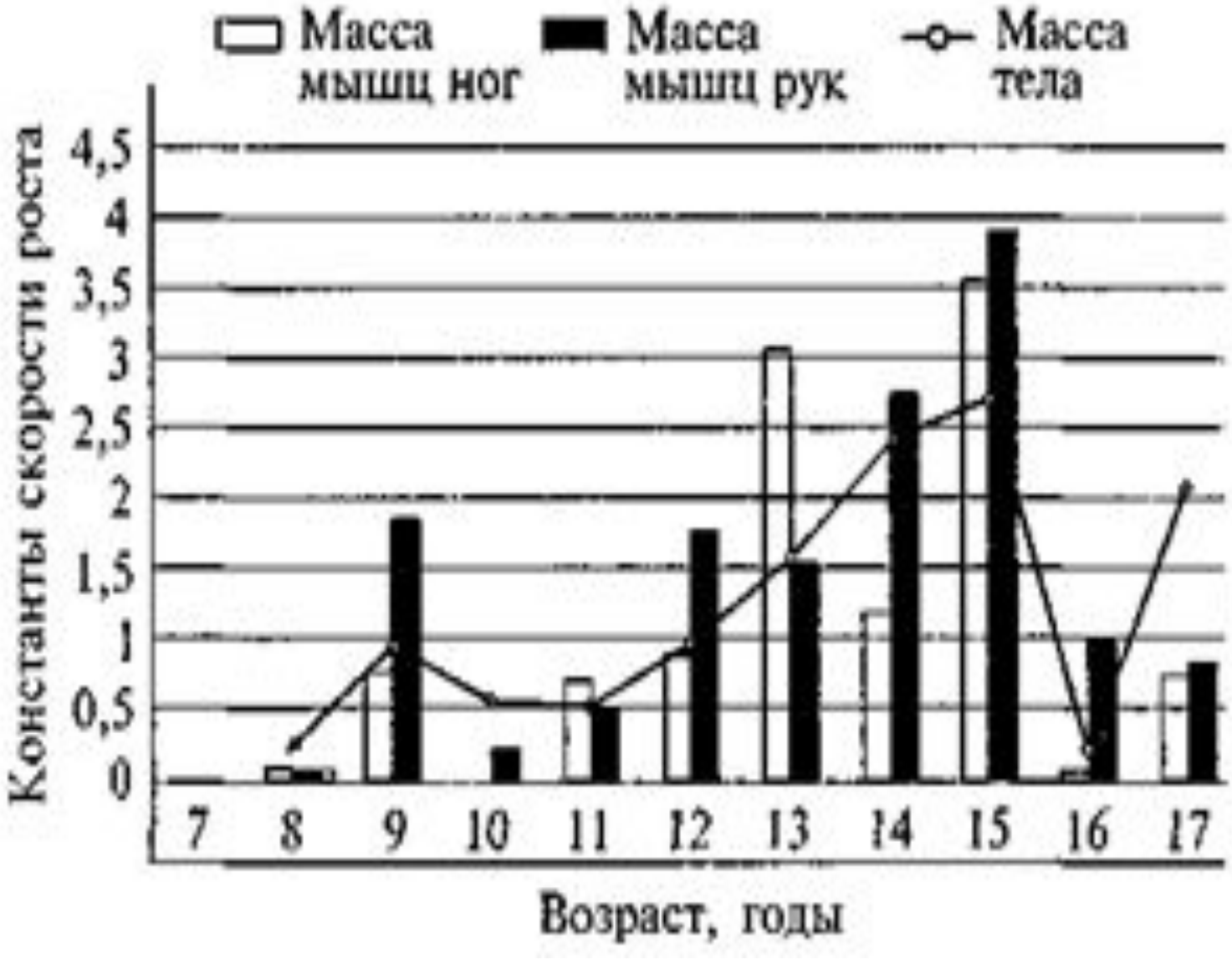


Рис. 4. Скорость роста массы тела и мышц конечностей у мальчиков школьного возраста

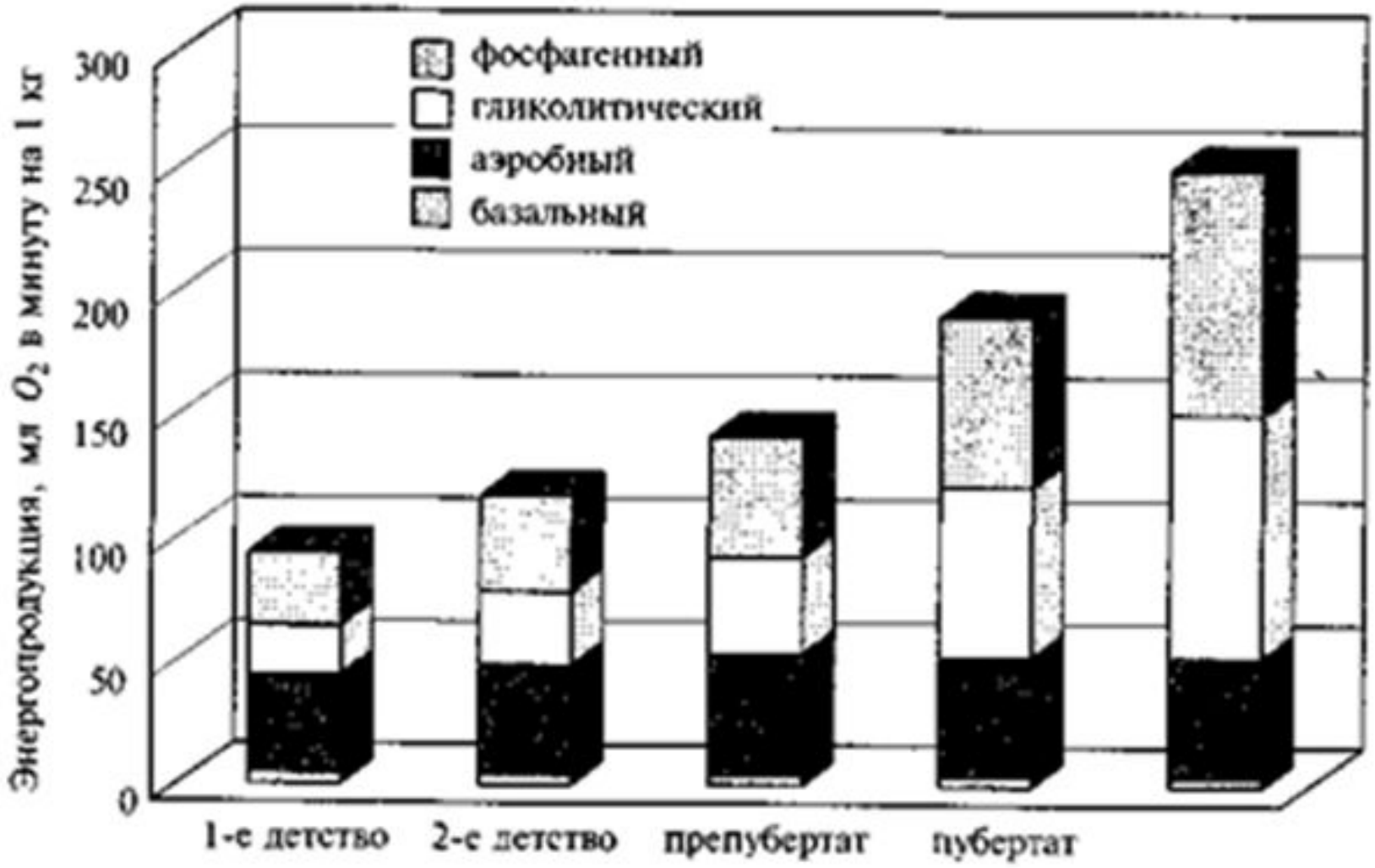


Рис. 5. Возрастные изменения функционального диапазона скелетных мышц и зон мощности

Таблица 12

КПД различных движителей и скелетных мышц человека в разных условиях деятельности

Движитель	Вид деятельности (род работы), техническое средство	КПД, %
Паровая машина	Паровоз, паровой молот и т. п.	5-8
Двигатель внутреннего сгорания	Автомобиль, поршневой самолет	20-25
Дизельный двигатель	Автомобиль, моторное судно, трактор	35-40
Ядерная энергетическая установка	Судовой энергоблок; АЭС	30
Реактивный двигатель	Реактивный самолет, ракета	15-20
Электродвигатель	Электрические приводы машин и механизмов	70-80
Скелетные мышцы человека	Скоростной бег, подъем штанги, прыжок	10-12
	Бег на средние дистанции, игра в хоккей, большой теннис	12-15
	Бег на длинные дистанции, лыжные гонки, велосипед (шоссе)	18-20
	Марафонский бег, прогулка	25-30

Следует иметь ввиду, что КПД системы есть произведение частных КПД всех элементов системы. КПД организма при мышечной работе представляет собой произведение следующих частных КПД:

КПД мышечного сокращения — 80 %;

КПД ресинтеза макроэргов — 90 %;

КПД транспортных систем организма — 60 %;

КПД биомеханических структур организма — 80 %.

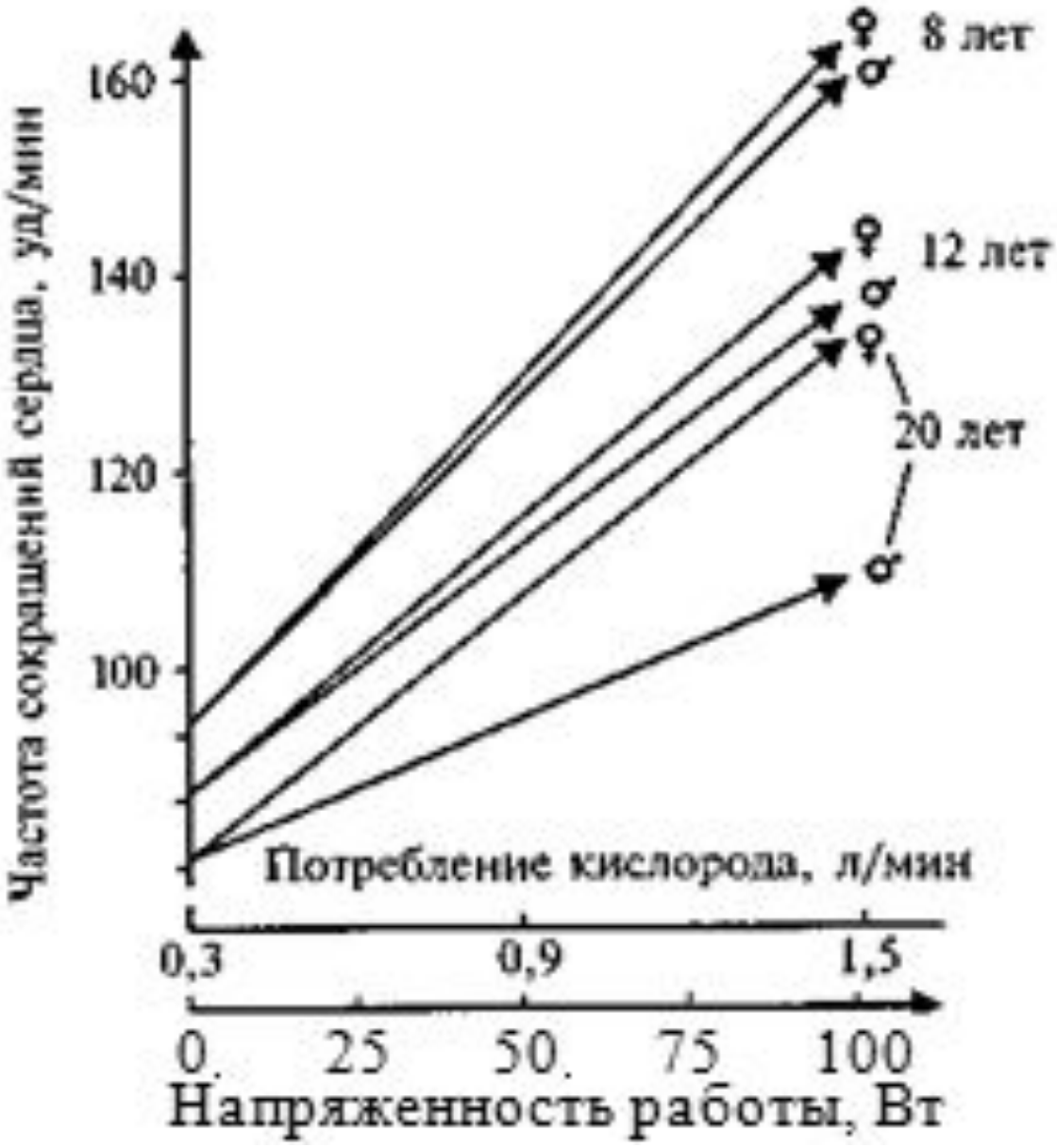


Рис. 6. Возрастные и половые различия зависимости частоты пульса от уровня нагрузки

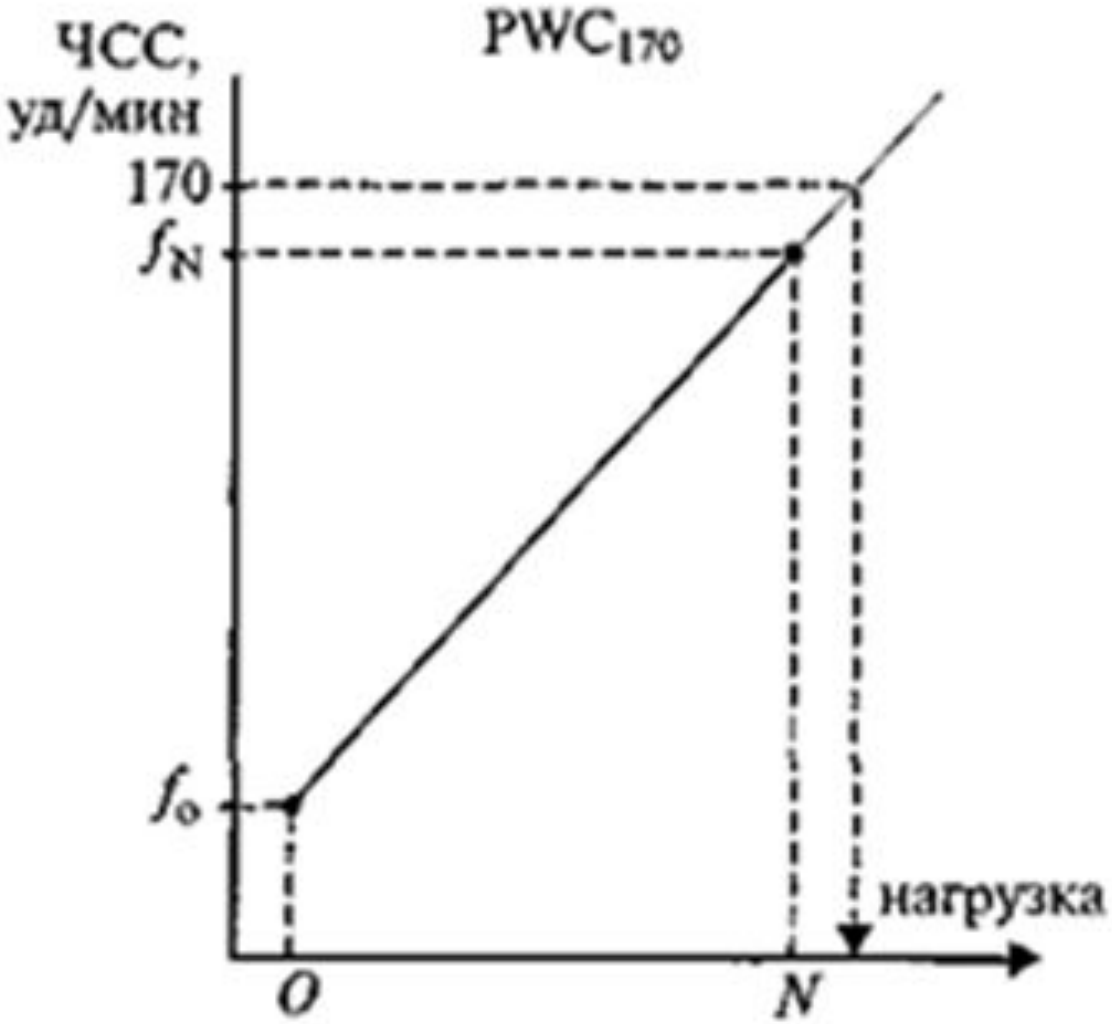


Рис. 7. Схема графического определения PWC_{170}
f_0 — пульс при первой нагрузке; f_N — пульс при второй нагрузке; *O* и *N* — мощность первой и второй нагрузки. Стрелки указывают величину PWC_{170} на шкале мощности

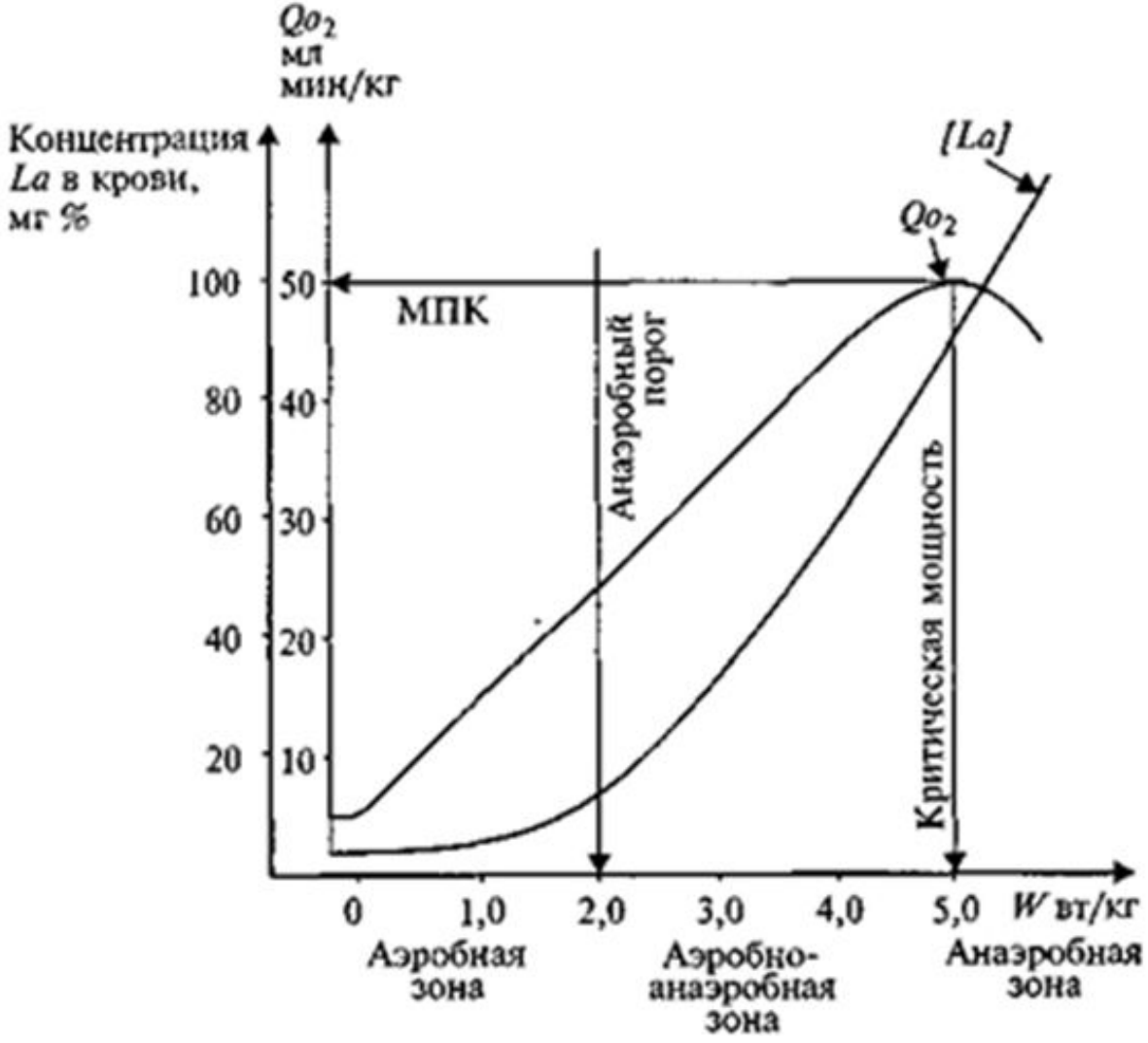


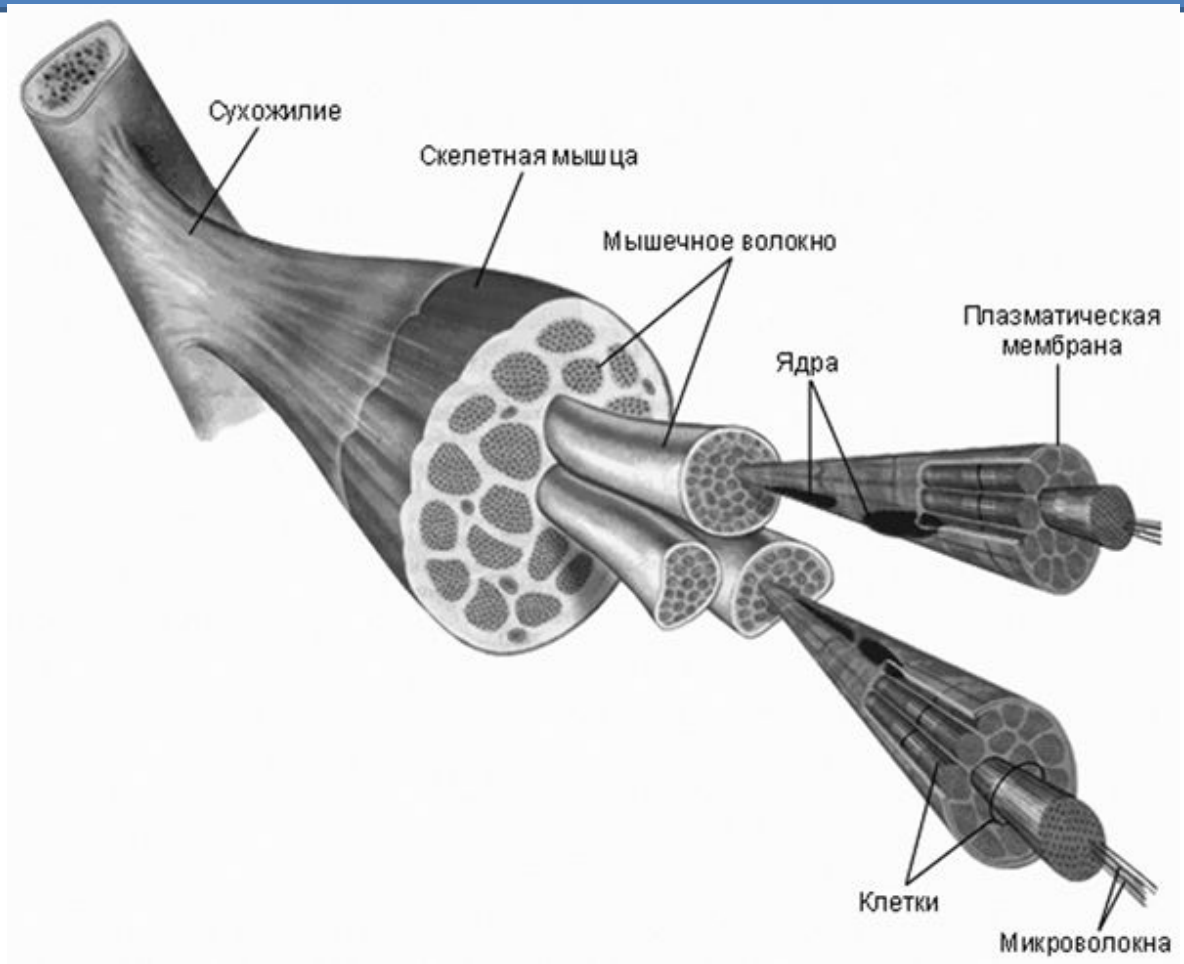
Рис.8. Примеры нелинейных зависимостей параметров энергетического обмена от мощности мышечной работы

L_a — концентрация лактата в крови; Q_{O2} — скорость потребления кислорода

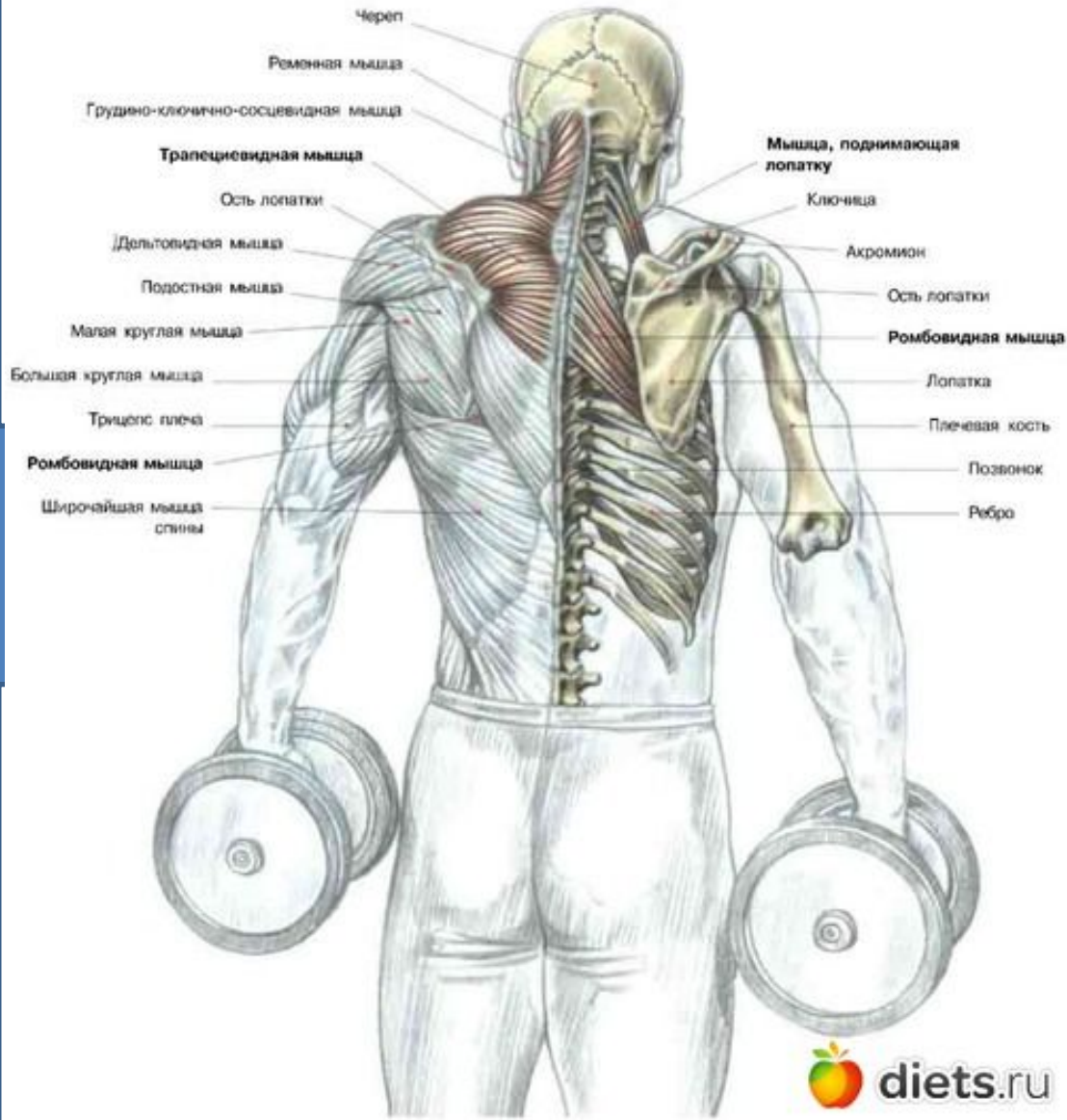
В школьном возрасте ребенок проходит еще целый ряд этапов, только на последнем из них достигая «взрослого» уровня регуляции, функциональных возможностей и энергетики скелетных мышц:

1-й этап — возраст от 7 до 9 лет — период поступательного развития всех механизмов энергетического обеспечения с преимуществом аэробных систем;

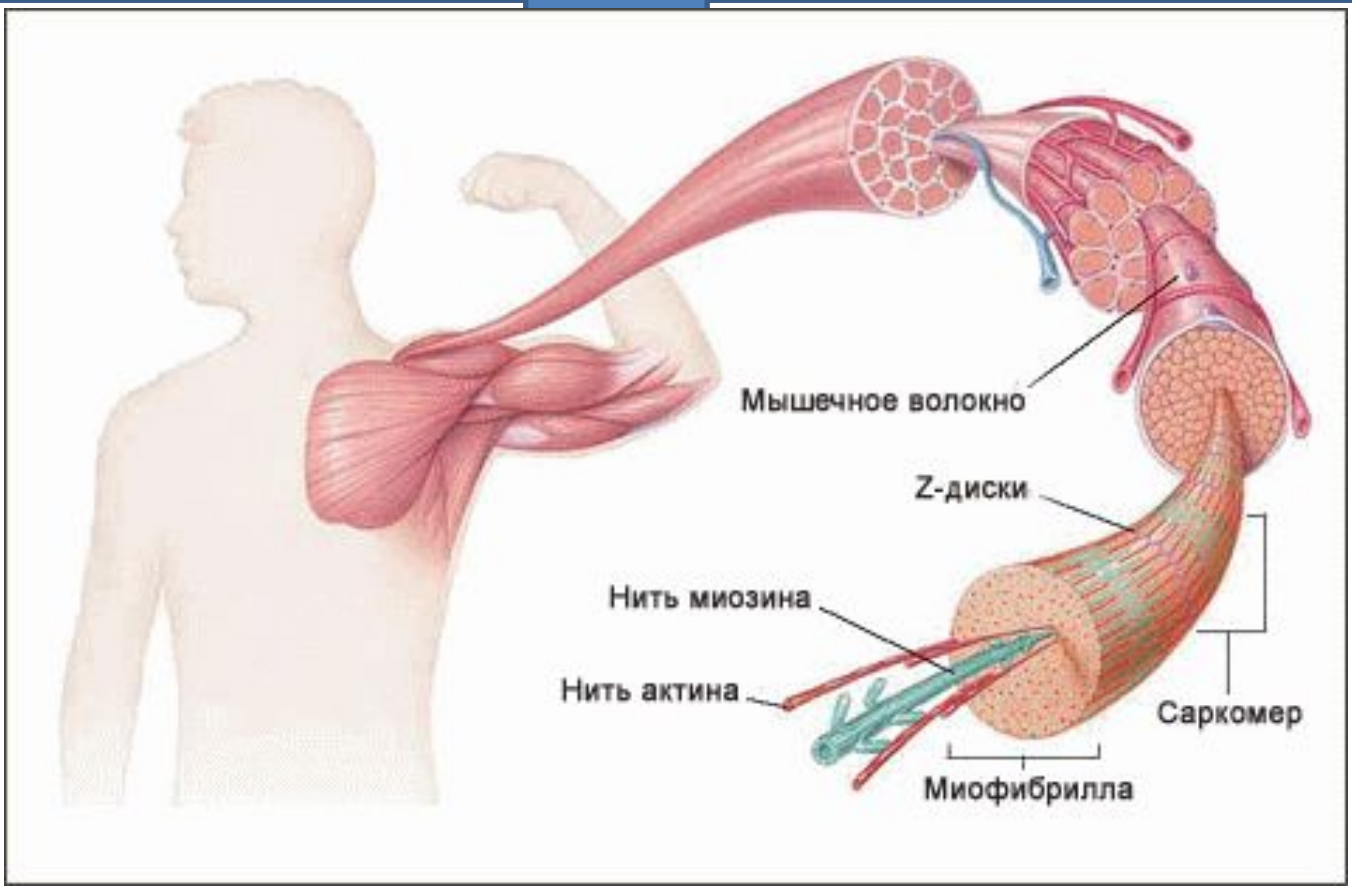
2-й этап — возраст 9-10 лет — период «расцвета» аэробных возможностей, роль анаэробных механизмов мала;



3-й этап — **период от 10 до 12–13 лет** — отсутствие увеличения аэробных возможностей, умеренное увеличение анаэробных возможностей, развитие фосфагенного и анаэробно-гликолитического механизмов протекает синхронно;

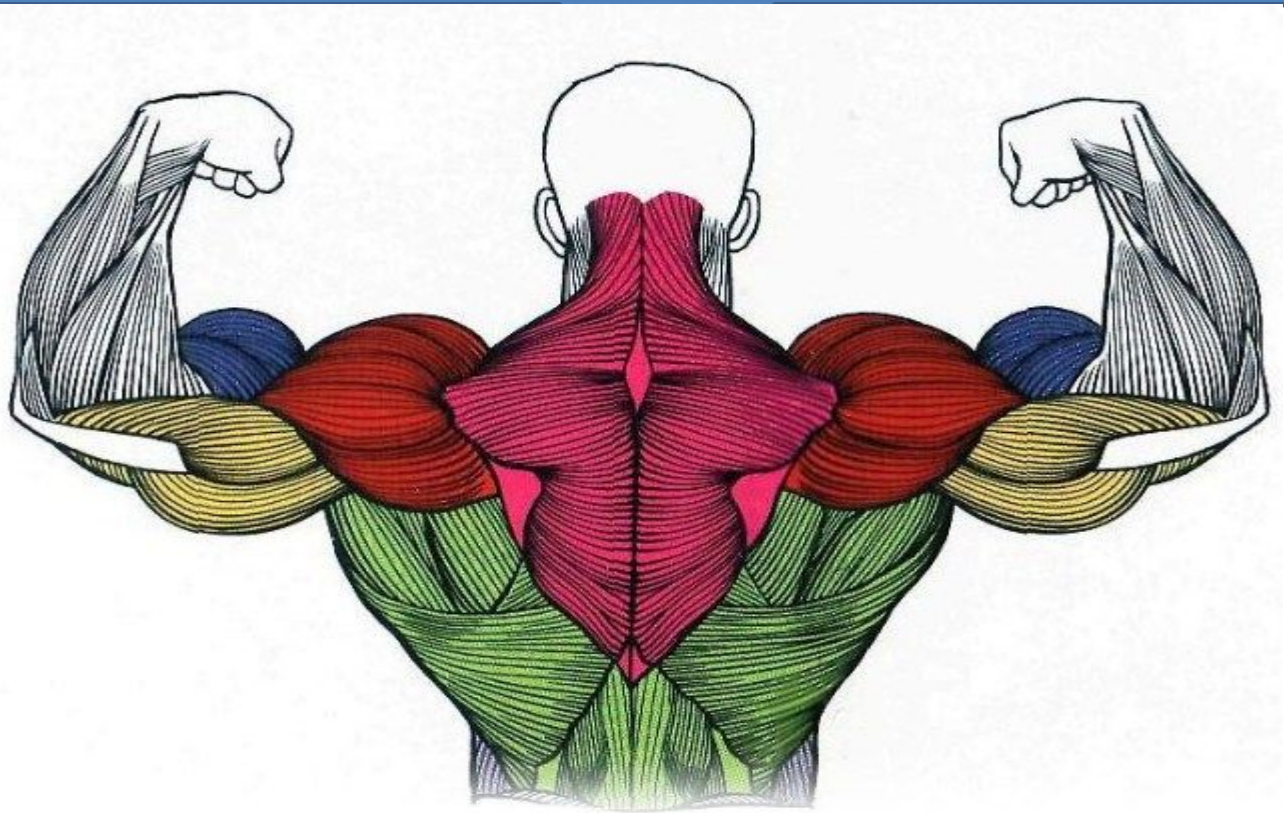


4-й этап — возраст от 13 до 14 лет — существенное увеличение аэробных возможностей, торможение развития анаэробно-гликолитического механизма энергообеспечения; фосфагенный механизм развивается пропорционально увеличению массы тела;



5-й этап — возраст 14–15 лет — прекращение увеличения аэробных возможностей, резкое увеличение емкости анаэробно-гликолитического процесса, развитие фосфагенного механизма, по-прежнему, пропорционально увеличению массы тела;

6-й этап — период от 15 до 17 лет — аэробные возможности растут пропорционально массе тела, продолжают быстро рости анаэробно-гликолитические возможности, значительно ускоряется развитие механизмов фосфагенной энергопродукции, завершается формирование дефинитивной структуры энергообеспечения мышечной деятельности.



Вопросы

1. Расскажите о мышечных волокнах и их онтогенезе.
2. Какова динамика роста мышц?
3. Расскажите о видах мышечной работы. Что такое зоны мощности?
4. Перечислите функции вегетативных систем. Какова их роль в обеспечении мышечной работы?
5. Какие этапы становления энергетики мышечной деятельности вы знаете?