

Биохимическое обоснование особенностей
методики занятий физическими
упражнениями и спортом с лицами
разного возраста

Д.б.н., профессор
Тамбовцева Р.В.
РГУФКСМиТ
Москва

- В жизни человека можно выделить три основные периода (не считая внутриутробного): роста, зрелости и старения. Каждый из этих периодов характеризуется определенными особенностями протекания обменных процессов.
- Занятия физическими упражнениями могут быть полезны для организма человека. Особенно большую пользу физические упражнения приносят детям и лицам пожилого возраста.
- Нерациональное использование физических нагрузок для людей крайних возрастных групп приводит к ухудшению здоровья занимающихся.
- При построении мышечной тренировки необходимо учитывать возрастные особенности протекания обменных процессов и их реакции на физические нагрузки.

Энергообеспечение мышечной деятельности детей школьного возраста

- Высокий уровень энерготрат растущего организма обеспечивается интенсивно идущими процессами аэробного окисления. Это находит отражение в более высоком, чем у взрослых, относительном (на кг массы тела) потреблении кислорода.

▪ Таблица 1

- Относительное потребление кислорода у детей разного возраста в состоянии покоя

Возраст, годы	10	11	12	13	14	15	16
Потребление O ₂ , мл/кг/мин	6,0	5,4	5,0	4,8	4,8	4,7	4,6

Обменные процессы у детей школьного возраста

- Рост организма характеризуется преобладанием анаболических процессов над катаболическими, интенсивным синтезом белков и нуклеиновых кислот.
- Если принять интенсивность синтеза белков у 20-30-летних людей за 100%, то у 15-летних она составит 170%, в возрасте 12 лет – 180%, в возрасте 6 лет – 230%, в три года – 250% (Яковлев Н.Н.).
- У растущего организма значительно выше, чем у взрослых, потребность в белках. Минимальная суточная потребность в белках у детей до 1 года – 4 г/кг массы тела в сутки, в возрасте от 2 до 5 лет - 3,5 г/кг, от 12 до 15 лет – 2,5 г/кг, от 15 до 17 лет – 2 г/кг, у взрослых – 1,0-1,5 г/кг массы тела.
- Преобладание анаболических процессов над катаболическими, интенсивно идущие процессы синтеза белка лежат в основе увеличения в период роста размеров массы всех органов и тканей.
- Особенно значимо увеличивается мышечная масса. У новорожденных на долю мышечной массы приходится около 20% от массы тела, у детей 8 лет – около 27 % на долю , у подростков 14-16 лет – около 33 %. К моменту завершения ростовых процессов на долю мышечной массы приходится около 44% от массы тела.
- Особенно интенсивно мышечные белки синтезируются в пубертатный период.
- Интенсивно идущие процессы синтеза белков и нуклеиновых кислот требуют значительных затрат энергии.
- Повышенные энерготраты организма, связанные с интенсивным синтезом белков и нуклеиновых кислот, дополняются значительным расходом энергии, обусловленным повышенной двигательной активностью детей и подростков.

Энергообеспечение мышечной деятельности у детей школьного возраста

- Дети обладают более высокой окислительной активностью ткани скелетных мышц. Для обеспечения полного снабжения работающих мышц кислородом в организме детей имеется ряд биохимических приспособлений. Пример: активность карбоангидразы крови у детей младшего школьного возраста выше, чем у подростков, а у подростков выше, чем у юношей. Более высокая активность этого фермента позволяет полнее использовать эффект Бора, способствующий отдаче кислорода оксигемоглобином при протекании крови через капилляры мышц.
- Капиллярная сеть в мышцах детей более разветвлена, что создает благоприятные условия для диффузии кислорода из крови в мышечную ткань.
- По данным А.З.Колчинской очень интенсивный кровоток при выполнении циклической нагрузки большой мощности наблюдается у детей 8-9 лет, к подростковому возрасту его интенсивность немного снижается и резко падает у взрослых. Такая высокая интенсивность кровотока возможна только благодаря относительно большему размеру сердца у детей и относительно большему просвету сосудов.
- Дыхательная функция крови не накладывает ограничений на способность детей активно использовать аэробные механизмы для энергообеспечения мышечной деятельности. Кислородная емкость крови у детей 5-6 лет практически не отличается от величин, характерных для взрослых.
- Таким образом, у детей младшего школьного возраста отмечается более значительная артерио-венозная разница по напряжению кислорода при мышечной работе, что связано с лучшими условиями диффузии, повышенной интенсивностью кровотока, большей активностью карбоангидразы и большей мощностью тканевых окислительных систем.

Энергообеспечение мышечной деятельности у детей школьного возраста

- Таким образом, в возрастном интервале от 7 до 17 лет, когда происходят существенные изменения физических возможностей растущего организма, возрастная динамика, характеризующих мощность аэробного механизма энергообеспечения (МПК, АП), выражена слабо и не способна объяснить многократное увеличение с возрастом реальной работоспособности. При этом стабильность относительных величин МПК после 6-7 лет хорошо согласуется с данными о содержании и активности окислительных ферментов в скелетных мышцах, а также с физиологическими данными о высокой способности кардиореспираторной системы у детей младшего школьного возраста адекватно снабжать работающие мышцы кислородом и субстратами.
- По всей видимости, значительное увеличение работоспособности за этот период онтогенеза обязано своим происхождением другим физиологическим механизмам (нам пока отчасти неизвестным).



Энергообеспечение мышечной деятельности у детей

- В 1971 г. Шведские ученые показали, что нетренированных мальчиков в 12-летнем возрасте в 2 раза увеличивается активность фосфофруктокиназы. Это была первая работа, в которой были обнаружены возрастные изменения возможностей анаэробно-гликолитического источника у человека на тканевом уровне.
- В дальнейшем биохимическими, гистохимическими и физиологическими методами были получены многочисленные подтверждения резкой активации анаэробно-гликолитической энергопродукции в процессе пубертатных перестроек особенно у мальчиков.
- В процессе полового созревания происходит качественная перестройка организации энергетического обмена в скелетно-мышечных клетках: резкое расширение возможностей анаэробно-гликолитической энергопродукции на фоне стабилизации или даже некоторого снижения мощности аэробной энергопродукции.
- Приведенные факты заставили предположить в регуляции мышечной энергетики важную роль половых гормонов. Андрогенизация ускоряет, а кастрация замедляет созревание ферментных систем, ответственных за анаэробные механизмы энергообразования в скелетных мышцах (Мусаева З.Т., Тамбовцева Р.В.).
- У девочек не выявлено такое же воздействие процессов полового созревания на структуру и функцию их скелетных мышц.
- У мальчиков содержание тестостерона увеличивается 4-кратно на начальных стадиях полового созревания, а на завершающих стадиях пубертата – 20-кратно.
- У девочек тестостерон возрастает только в 4 раза от начальных к конечным стадиям пубертата.

Энергообеспечение мышечной деятельности детей и подростков

- Из-за невысокого содержания креатинфосфата в мышечной ткани малую емкость имеет креатинфосфатный механизм ресинтеза АТФ. Увеличение содержания креатинфосфата происходит параллельно с ростом организма вплоть до наступления зрелого возраста.
- Ограниченные возможности гликолитического пути ресинтеза АТФ связаны с пониженным содержанием гликогена в мышечной ткани, с меньшей емкостью буферных систем, более низкой устойчивостью ферментов и других систем организма к продуктам анаэробного обмена.
- С возрастом указанные особенности имеют положительную динамику. Пример: возрастной динамики накопления молочной кислоты при выполнении интенсивной работы.

▪ Таблица 2

- Содержание молочной кислоты в крови при выполнении работы субмаксимальной мощности у лиц разного возраста.

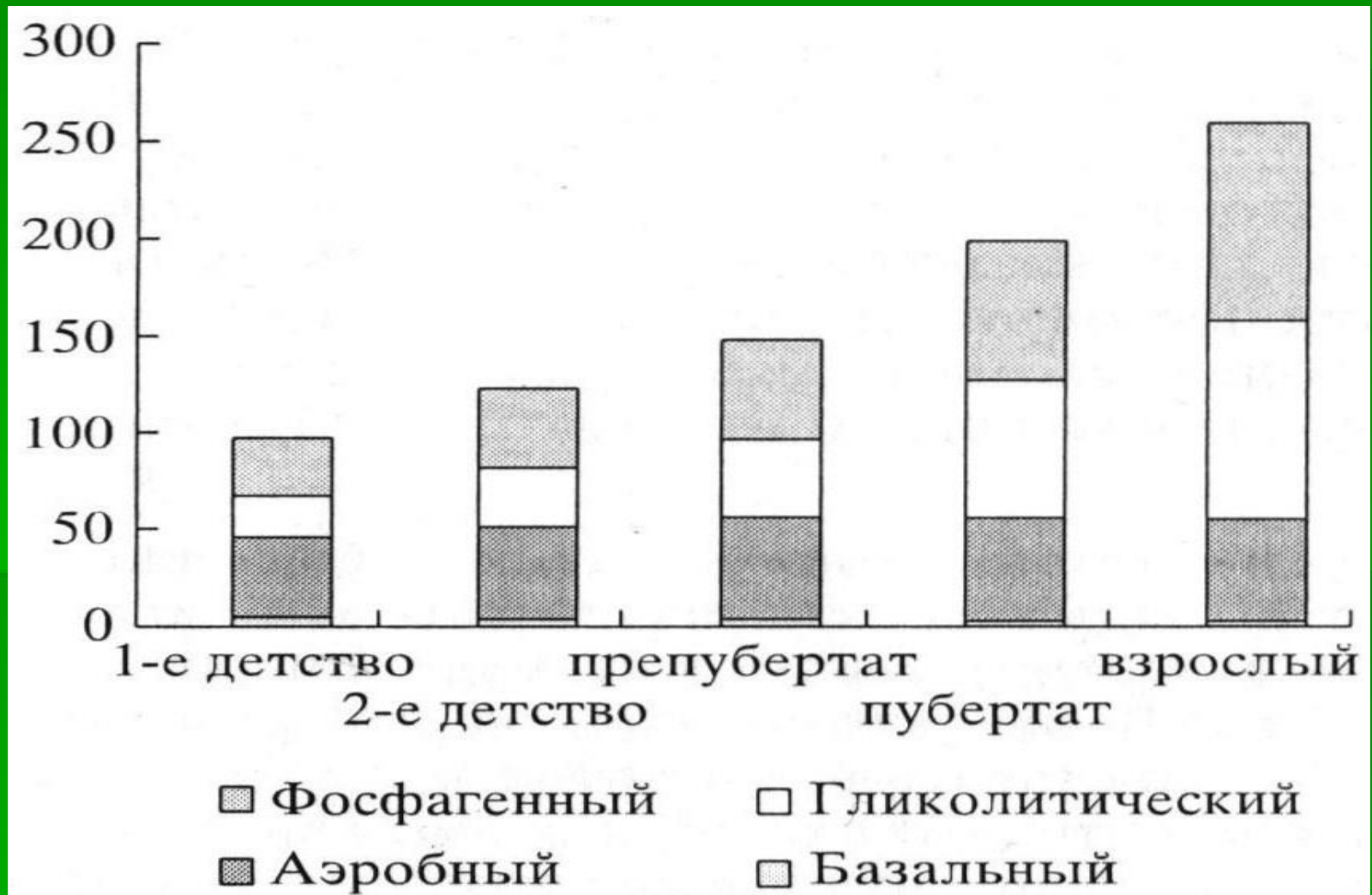
Возраст, годы	9	12	15	18	20-30
Содержание молочной кислоты в крови, в % от уровня покоя	30	75	400	480	500

Обменные процессы у детей

- Объем депо гликогена в скелетных мышцах существенно возрастает в период между II детством и юношеским возрастом. Одновременно увеличивается буферная емкость крови. Эти возрастные изменения обеспечивают повышение емкости анаэробно-гликолитического источника энергии, так как позволяет успешно компенсировать возникающее в результате его активации накопление лактата в крови и местное закисление.
- Дети и подростки имеют более низкий, чем взрослые, уровень гликолитической мощности, но зато обладают большей аэробной мощностью, что позволяет им быстрее ресинтезировать АТФ и КрФ в восстановительном периоде.
- Увеличение активности КрК наблюдается на завершающих этапах полового созревания, что обеспечивает значительное увеличение скорости образования АТФ в креатинкиназной реакции.
- Пубертатный период является «границей» между двумя качественными состояниями энергетики скелетных мышц. До начала пубертатных перестроек в мышцах, как и в других тканях, доминирующую роль в энергообеспечении играет митохондриальное окисление.
- После завершения пубертатных процессов мышцы приобретают тот колоссальный функциональный диапазон и те специфические черты организации энергетического обмена, которые отличают их от других тканей взрослого организма, причем роль анаэробных источников энергии резко возрастают.

Возрастные изменения функционального диапазона скелетных мышц у представителей мужского пола

- По оси ординат – энергопродукция, мл O₂/мин/кг.
- По оси абсцисс – возрастной период



Энергообеспечение мышечной деятельности у детей

- Сравнительно небольшие анаэробные возможности у детей и, следовательно, неспособность достигать глубоких анаэробных сдвигов, с одной стороны, и высокая интенсивность аэробного окисления, с другой, определяет высокую скорость восстановительных процессов у детей и подростков при выполнении повторных интенсивных упражнений.
- Меньшие исходные ресурсы и менее глубокие сдвиги определяют более высокую скорость и более быстрое завершение восстановительных процессов.
- Особенности растущего организма позволяют детям и подросткам сравнительно легко переносить кратковременные упражнения высокой интенсивности, энергетическое обеспечение которых осуществляется преимущественно за счет креатинфосфатного механизма.
- Упражнения, в энергетическом обеспечении которых существенную роль играет гликолиз, переносятся детьми и подростками значительно труднее, чем взрослыми.
- Упражнения преимущественно аэробной направленности переносятся детьми и подростками сравнительно легко при условии, что они не очень продолжительны (не более 20-30 минут). Дальнейшее увеличение продолжительности работы сопровождается снижением работоспособности.
- Использование в тренировке достаточно большого объема упражнений анаэробной гликолитической направленности в период роста организма не только трудно переносится юными спортсменами, но может привести к снижению скорости роста спортивных результатов.
- Безопасным для включения в тренировку большого объема работы гликолитической направленности является возраст не ранее 17-19 лет.

Энергетика мышечной деятельности детей и подростков

- Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности представляет собой сложный, нелинейный, гетерохронный процесс.
- Это кардинальные изменения в структуре и функциональных характеристиках мышечных волокон, неоднократная значительная перестройка ферментных систем, существенные изменения в деятельности вегетативных систем, обеспечивающих мышцы кислородом и субстратами, а также в работе регуляторных центров.
- За период обучения в школе ребенок повышает свои рабочие возможности более чем в 40 раз.
- Дети младшего школьного возраста обладают высокоразвитой аэробной энергетикой и целым спектром возрастных приспособлений, позволяющих эти энергетические возможности эффективно использовать.
- Младшие школьники хорошо тренируемы. Благодаря пластичности функций организма, гораздо чаще, чем в старшем возрасте, наблюдается «положительный перенос» в развитии тех или иных двигательных качеств и способностей.
- Детский организм на каждом из этапов своего развития адекватно приспособлен к тем биосоциальным задачам, которые ему приходится решать.
- **Однако, любое воздействие, которое мы оказываем на детский организм, в том числе и тренировочное, должно быть тщательно соразмерено с его реальными функциональными возможностями, с уровнем развития тех функций его организма, на которые будет в первую очередь направлено воздействие.**

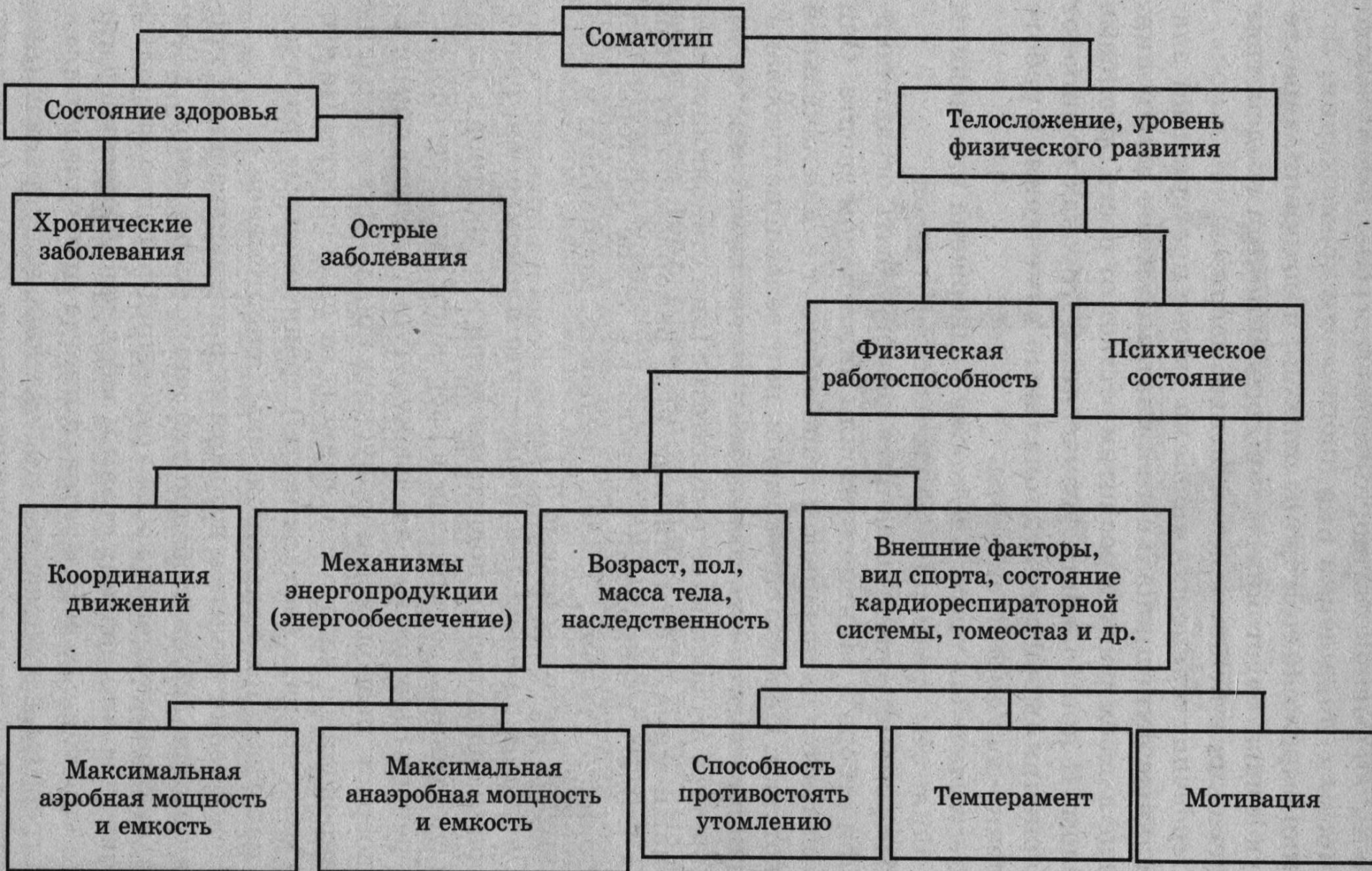
Энергетика мышечной деятельности детей и подростков

- При занятиях физическими упражнениями с детьми и подростками не следует применять очень больших физических нагрузок.
- В длительном периоде тренировок необходимо ориентироваться на постепенное увеличение объема тренировочной работы без увеличения плотности тренировочного занятия.
- Интервалы отдыха между повторными упражнениями должны быть достаточно большими и не следует стремиться их сокращать.
- Занятия физическими упражнениями, спортом с детьми и подростками должны способствовать гармоничному развитию растущего организма, увеличению его функциональных возможностей.
- Главная задача занятий спортом – создание благоприятных предпосылок для достижения высоких спортивных результатов в оптимальном для каждого вида спорта возрасте.

Возрастные нормы для начала занятий спортом и этапы спортивной подготовки

Вид спорта	Возраст (лет), этапы подготовки		
	начальный	учебно-тренировочный	спортивного совершенствования
Акробатика	8-10	10-14	14-17
Баскетбол и волейбол	10-13	13-17	17-18
Бадминтон	10-13	13-17	16-18
Батут	9-12	11-17	16-18
Бокс	12-15	15-17	17-18
Борьба (все виды)	10-13	13-17	17-18
Велоспорт (шоссе и трек)	12-14	14-17	17-18
Водное поло	10-13	13-17	17-18
Гимнастика спортивная (юн.)	8-10	10-14	14-17
Гимнастика спортивная (дев.)	7-9	9-14	14-17
Гимнастика художественная	7-9	9-13	13-17
Гребля академическая	10-12	12-17	17-18
Гребля на байдарках и каноэ	11-14	13-17	17-18
Конный спорт	11-13	13-17	17-18
Конькобежный спорт	10-12	12-17	17-18
Легкая атлетика	11-13	13-17	17-18
Лыжный спорт (гонки и биатлон)	9-12	13-17	17-18
Горные лыжи	8-11	11-15	15-17
Двоеборье	9-12	12-17	17-18
Прыжки с трамплина	9-11	12-17	17-18
Парусный спорт	9-12	12-17	17-18
Плавание	7-10	11-14	15-17
Прыжки в воду	8-11	12-15	15-17
Ручной мяч	10-13	13-17	17-18
Санный спорт	11-14	14-17	17-18
Современное пятиборье	10-13	13-17	17-18
Стрелковый спорт	11-14	13-17	16-18
Стрельба из лука	11-13	13-17	17-18
Теннис	7-10	11-15	15-17
Тяжелая атлетика	13-14	14-17	17-18
Фехтование	10-13	12-17	16-18
Фигурное катание	7-9	9-13	13-17
Футбол, хоккей	10-12	12-17	17-18
Шахматы	9-13	11-17	15-18

Показатели, влияющие на физическую (спортивную) работоспособность



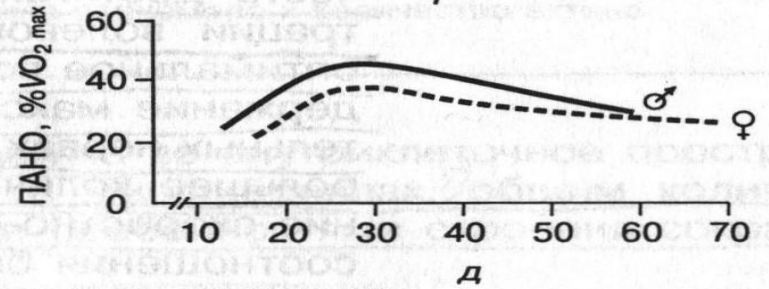
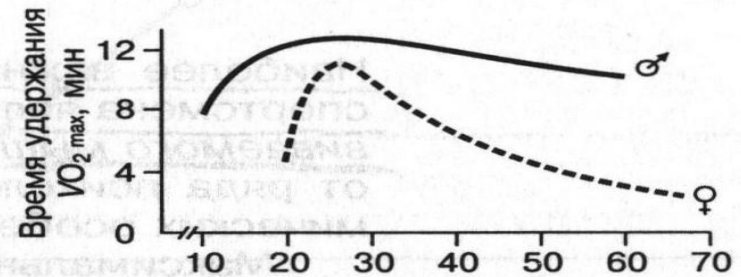
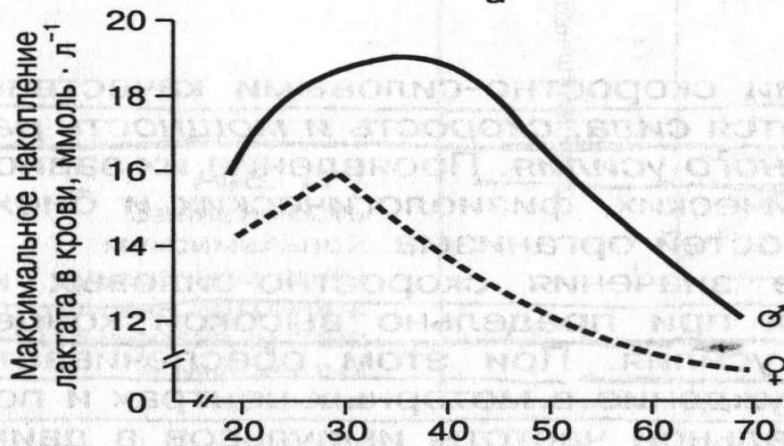
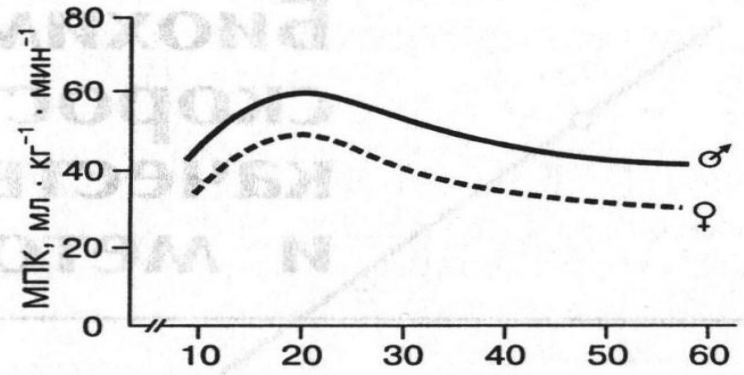
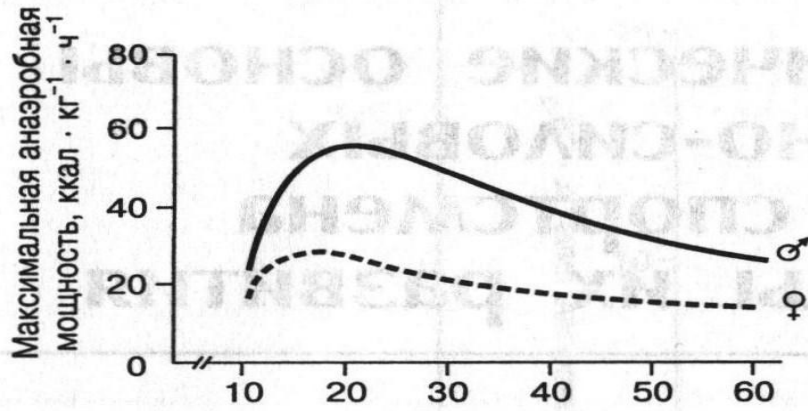
Возраст и спортивная работоспособность

- Физическая работоспособность зависит от возраста
- Аэробные и анаэробные возможности возрастают по мере физиологического созревания организма и психологического формирования человека.
- С возрастом увеличиваются общая масса тела, количество ключевых ферментов аэробного и анаэробного обмена в скелетных мышцах, активность стабильность этих ферментов в работе, а также повышаются запасы энергетических веществ в тканях, совершенствуется работа вегетативных систем, ответственных за доставку к мышцам кислорода и питательных веществ, устранение продуктов распада.
- Все эти показатели достигают наибольшего развития к 20-25 годам – в пору физиологической зрелости человека. В этом возрасте спортсмены добиваются своих лучших результатов тех видах упражнений, при выполнении которых требуется значительное проявление выносливости.
- После 40 лет показатели физической работоспособности человека постепенно снижаются и к 60 годам становятся в 2-3 раза меньше, чем в 20 лет.

Возраст и спортивная работоспособность

- В процессе возрастного развития наблюдаются определенные различия в динамике отдельных биоэнергетических показателей.
- Максимальная анаэробная мощность у мужчин быстро увеличивается, достигая максимума к 20 годам, сохраняется на этом уровне примерно до 30 лет, а затем начинает снижаться.
- У женщин этот показатель характеризуется более быстрым приростом в юном возрасте (максимум достигается к 18 годам) и более выраженном снижении в старшем возрасте.
- Показатель мощности аэробного процесса – МПК (максимальное потребление кислорода) у мужчин наибольших значений достигает к 25 годам, удерживается на этом уровне до 40 лет, затем снижается.
- У женщин максимальное потребление кислорода отмечается к 20 годам и начинает снижаться после 35 лет.
- Способность к накоплению максимальных количеств молочной кислоты в тканях (анаэробная гликолитическая мощность) как у мужчин, так и у женщин достигает наибольших значений к 22 годам и быстро снижается в более зрелом возрасте.
- Для показателей емкости и эффективности биоэнергетических процессов характерны более медленные темпы развития: наивысших значений они достигают к 25-30 годам, а при систематической тренировке могут удерживаться около максимального уровня вплоть до 40-45 лет.
- Темпы снижения этих показателей в пожилом и старческом возрасте более выражены у женщин.
- Указанные особенности возрастной динамики показателей физической работоспособности человека должны учитываться при разработке программ по физическому воспитанию подрастающего поколения и проведении занятий по оздоровительной физической культуре с лицами разного возраста и пола.

Возрастная динамика показателей максимальной анаэробной мощности (а), МПК (б), максимального накопления лактата в крови (в), аэробной емкости (г) и аэробной эффективности – ПАНО (д)



Биохимические особенности стареющего организма

- Стареющий организм характеризуется целым рядом отличительных особенностей.
- Прежде всего это снижение общей интенсивности обменных процессов по сравнению с периодом зрелости, а снижение скорости пластического и энергетического обмена.

▪ Таблица 3

- Интенсивность обмена веществ у лиц разного возраста _____
 - (по Н.Н.Яковлеву, 1962)

Возраст, годы	20-30	40	50	60	<65
Интенсивность основного обмена, %	100	80	75	75	<70

▪ Таблица 4

- Изменение интенсивности обмена белка у лиц разного возраста

Возраст, годы	20-30	40	50	60	65 и более
Интенсивность обмена белка, в %	100	90	80	75	70

Биохимические особенности стареющего организма

- Результатом замедления белкового обмена является снижение скорости обновления белковых структур, белков-ферментов, других белков, уменьшение регенерации клеток и тканей.
- В стареющем организме нарушается динамическое равновесие между анаболическими и катаболическими превращениями белка. Процессы распада белка начинают преобладать над процессами их синтеза. Это приводит к уменьшению общего содержания белка в организме: становится меньше сократительных белков, белков-ферментов, гемоглобина, миоглобина.
- Снижается количество клеток в головном мозге, других органах и тканях, происходит атрофия части мышечных волокон, а в оставшихся уменьшается количество миофибрилл.
- Бюргер наблюдал снижение мышечной массы в организме одного и того же человека с 33,8 кг в возрасте 30 лет до 22,8 кг в 70 лет.
- Уменьшение содержания белков в организме приводит к снижению ферментативной активности. АТФ-азная активность миозина к 75 годам снижается на 70% и более.
- Все это сопровождается ограничением функциональных возможностей важнейших органов и тканей: сердца, легких, печени, почек, мышечной ткани.
- Параллельно с уменьшением содержания белка в организме происходит ухудшение двигательных способностей.
- Снижаются показатели скоростно-силовых способностей, выносливости, гибкости, координационных способностей. Пример: к 60 годам силовые показатели важнейших мышечных групп уменьшаются на 20-40, на 10-40% снижаются показатели быстроты движений.

Биохимические особенности стареющего организма

- Причины изменения белкового обмена:
- 1. Снижение содержания в тканях нуклеиновых кислот (ДНК, РНК), несущих генетическую информацию о порядке расположения аминокислот в тканевых белках и играющих важнейшую роль в процессах их синтеза.
- 2. Снижение интенсивности окислительных реакций, дающих энергию, необходимую для биосинтетических процессов.
- По мнению Н.Н.Яковлева из этих двух причин более доступны нашим воздействиям окислительные превращения. Влияя на интенсивность окислительных превращений физическими упражнениями, можно замедлить возрастные изменения.
- Снижение интенсивности аэробного окисления в состоянии покоя и диапазона его возможного увеличения при мышечной работе у лиц пожилого возраста происходит как в результате понижения функциональных возможностей органов и систем, ответственных за потребление и транспорт кислорода, так и ухудшения его использования в тканях.
- Уменьшение поступления кислорода в ткани происходит, в первую очередь, в результате уменьшения сердечной производительности, содержания гемоглобина в крови, ухудшения кровоснабжения тканей, обусловленного уменьшением количества капилляров и проницаемости их стенок, понижения концентрации миоглобина в тканях.
- Снижение способностей тканей использовать кислород связано с уменьшением количества и активности ферментов аэробного окисления, количества митохондрий, в которых эти ферменты локализованы.
- С возрастом уменьшаются запасы лабильных источников энергии, в частности гликогена, хотя общие энергетические ресурсы могут повышаться за счет увеличения содержания резервного жира.

Биохимические особенности стареющего организма

- Наряду с ограничением возможностей аэробного окисления снижаются и анаэробные способности. Вследствие уменьшения запасов креатинфосфата и снижения активности соответствующих ферментов понижаются мощность и емкость алактатного анаэробного пути ресинтеза АТФ. Это является одной из главных причин ухудшения скоростно-силовых способностей и скоростной выносливости.
- Еще больше снижаются возможности анаэробного гликолиза. В основе этого лежит уменьшение содержания гликогена в мышечной ткани, активности ферментов гликолиза и их устойчивости к изменениям pH внутренней среды, емкости буферных систем, устойчивости различных систем организма к повышенным концентрациям продуктов анаэробного обмена.
- Понижение анаэробных возможностей отражается в размерах кислородного долга образующегося у лиц пожилого возраста при выполнении интенсивной мышечной работы. Так, величина кислородного долга, которую 20-30-летний может образовать при выполнении субмаксимальной мощности, к 50 годам уменьшается на 40%, а к 60 годам – на 60%. Одновременно с этим снижается работоспособность в упражнениях субмаксимальной мощности. Интенсивность работы, которую 20-30-летние могут удержать в течение 3 минут, к 50 годам снижается на 38%, к 60 – на 42%, к 65 – на 50%.
- Происходит падение работоспособности в упражнениях как максимальной, так и большей и умеренной мощности.
- Кроме того, в мышечной ткани снижается содержание неорганического фосфата, ионов кальция, калия.
- С возрастом снижается функция желез внутренней секреции и соответственно продукция гормонов. Выработка гормонов может и не изменяться, но уменьшается ответ на их появление органов-мишеней из-за разрушения в них части рецепторов.

Биохимические особенности стареющего организма

- У пожилых людей физические нагрузки не вызывают такой реакции со стороны желез внутренней секреции, как у молодых людей, что является причиной пониженной работоспособности.
- Другой причиной снижения работоспособности у пожилых людей является ухудшение нервной регуляции обменных процессов, рассогласование в деятельности различных органов и систем организма, участвующих в обеспечении мышечной работы.
- В пожилом возрасте снижается содержание воды в организме.
- Уменьшение оводнения мышц, связок, сухожилий влечет за собой изменение коллоидного состояния белков и как следствие этого уменьшение их эластичности, механической прочности. Модуль упругости мышц к 75 годам уменьшается в 6 раз по сравнению с 20—30-летним возрастом.
- У пожилых людей уменьшается прочность костной ткани, эластичность и прочность стенок кровеносных сосудов. Поэтому упражнения скоростного и скоростно-силового характера (скоростной бег, прыжки, упражнения с большим отягощением) для лиц пожилого возраста становятся опасными.
- Основная задача занятий физическими упражнениями в зрелом и пожилом возрасте – замедлить развитие возрастных изменений, способствовать сохранению работоспособности.
- Многочисленные научные данные и практика занятий физическими упражнениями свидетельствует о том, что мышечная тренировка в пожилом возрасте не только предупреждает инволюционные изменения, но и приводит некоторые биохимические показатели к уровням, соответствующим людям более раннего возраста.
- Для пожилых людей рекомендуются упражнения, оказывающие всестороннее воздействие на организм, умеренная интенсивность работы, достаточные интервалы отдыха между повторными упражнениями и тренировочными занятиями.
- Для пожилых людей опасен не большой объем работы, а высокая интенсивность.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ