

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКИМИ УПРАЖНЕНИЯМИ

Характеристика физиологических аспектов занятий физическими упражнениями проведен на основе изучения исследований в области физиологии спорта<sup>1</sup>.

### Физиологическая стоимость физических упражнений

В соответствии с общей кинематической характеристикой упражнений, т. е. характером протекания во времени упражнения делят на циклические и ациклические.

*К циклическим упражнениям* переместительного характера относятся бег и ходьба, бег на коньках и на лыжах, плавание, гребля, езда на велосипеде.

Для этих упражнений характерно многократное повторение стереотипных циклов движений. При этом относительно постоянны не только общий рисунок движений, но и средняя мощность нагрузки или скорость перемещения спортсмена (велосипеда, лодки) по дистанции. Исключение составляют очень короткие циклические упражнения (дистанции) и начальный отрезок любой дистанции, т. е. период разгона, на протяжении которых скорость перемещения изменяется очень значительно. Иначе говоря, циклические упражнения — это упражнения относительно постоянных структуры и мощности.

*К ациклическим* относятся такие упражнения, на протяжении выполнения которых резко меняется характер двигательной активности. Упражнениями такого типа являются все спортивные игры, спортивные единоборства, метания и прыжки, гимнастические и акробатические упражнения, упражнения на водных и горных лыжах, в фигурном катании на коньках. Для ациклических упражнений характерны также резкие изменения мощности по ходу их выполнения. Это справедливо не только для соревновательных, но и для тренировочных упражнений (например, повторное пробегание отрезков с различной скоростью).

Важнейшую классификационную характеристику упражнений составляет их мощность. Учитывая, что она относительно постоянна в циклических упражнениях, их можно классифицировать по средней мощности нагрузки на протяжении любого (достаточно длинного) отрезка времени выполнения упражнения.

---

<sup>1</sup> Смирнов В.М., Дубровский В.И. Физиология физического воспитания и спорта: учебник. – М.: Владос-пресс, 2002. – 608 с.; Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.; Земцова И.И. Спортивная физиология: учеб. пособие. – М.: Олимпийская литература, 2010. – 219 с.

На протяжении выполнения ациклических упражнений выделяют периоды наибольшей активности (мощности) — рабочие периоды, чередуемые с промежуточными периодами относительно невысокой активности (мощности), вплоть до полного отдыха (нулевой мощности). При классификации ациклических упражнений остается неясным, оценивать ли мощность основных рабочих периодов («пиковую» мощность) или «среднюю» мощность за все время упражнения, включая основные рабочие периоды и промежуточные периоды относительного или полного отдыха. Физиологическая характеристика ациклических упражнений при использовании каждого из таких показателей будет различной.

Механическая, или физическая, мощность выполняемого упражнения измеряется физическими величинами — в ваттах, кгм/мин. Она определяет физическую нагрузку. В подавляющем большинстве случаев очень трудно достаточно точно измерить физическую мощность спортивных упражнений. В циклических упражнениях мощность (физическая нагрузка) и скорость перемещения (при неизменной технике выполнения движений) связаны линейной зависимостью: чем больше скорость, тем выше физическая нагрузка.

***Совокупность физиологических (и психофизиологических) реакций организма на данную физическую нагрузку позволяет определить физиологическую мощность нагрузки или физиологическую нагрузку на организм работающего человека.***

«Физиологическая нагрузка» или «физиологическая мощность» — понятия близкие к термину «тяжесть работы». У каждого человека при выполнении упражнения одного и того же характера в одинаковых условиях внешней среды физиологическая мощность нагрузки находится в прямой зависимости от физической нагрузки. Например, чем выше скорость бега, тем больше физиологическая нагрузка.

Однако одинаковая физическая нагрузка вызывает неодинаковые физиологические реакции у людей разного возраста и пола, у людей с неодинаковой степенью функциональной подготовленности (тренированности), а также у одного и того же человека в разных условиях (например, при повышенных или пониженных температуре или давлении воздуха). Кроме того, различные физиологические реакции наблюдаются у одного и того же человека при одинаковой по мощности физической нагрузке, выполняемой разными мышечными группами (руками или ногами) или при разных положениях тела (лежа или стоя). Так, у гребцов на каноэ; пловцов или бегунов, выполняющих одинаковую по физической мощности работу (с одинаковой скоростью потребления O<sub>2</sub>), физиологические нагрузки (реакции) сильно различаются.

Следовательно, показатели физической мощности упражнения не могут быть использованы в качестве критерия для единой физиологической классификации различных спортивных упражнений, выполняемых людьми разного пола и возраста, с неодинаковыми функциональными возможно-

стями и подготовленностью (тренированностью) или одним и тем же спортсменом в разных условиях. Поэтому в качестве классификационного признака чаще используются показатели физиологической мощности или физиологической нагрузки.

Одним из таких показателей служит **предельное время выполнения данного упражнения**. Действительно, чем выше физиологическая мощность («тяжесть работы»), тем короче предельное время выполнения работы. В.С. Фарфель разделил «кривую рекордов» на четыре зоны относительной мощности: с предельной продолжительностью упражнений до 20 с (зона максимальной мощности), от 20 с до 3—5 мин (зона субмаксимальной мощности), от 3—5 до 30—40 мин (зона большой мощности) и более 40 мин (зона умеренной мощности). Такая классификация спортивных циклических упражнений получила широкое распространение. Показатель пульсовой стоимости упражнения изменяется в прямолинейной зависимости от соответствующих значений энергетических затрат упражнения.

Другой подход к характеристике физиологической мощности состоит в определении относительных физиологических сдвигов. Характер и величина ответных физиологических реакций на одну и ту же физическую нагрузку зависят прежде всего от предельных функциональных возможностей и ведущих (для данного упражнения) физиологических систем.

При выполнении одинаковой физической нагрузки у людей с более высокими функциональными возможностями ведущих систем величина реакций (физиологические сдвиги) меньше, и следовательно, физиологическая нагрузка на ведущие (и другие) системы и соответственно на организм в целом относительно меньше, чем у людей с более низкими функциональными возможностями.

Одинаковая физическая нагрузка будет относительно труднее («тяжелее») для вторых, и, следовательно, предельное время ее выполнения у них будет короче, чем у первых. Соответственно первые способны выполнять такие большие физические нагрузки, которые недоступны вторым.

**Таким образом, для физиологической классификации спортивных упражнений используются показатели относительной физиологической мощности: физиологической нагрузки, физиологической напряженности, тяжести работы.**

Таковыми показателями служат относительные физиологические сдвиги, которые возникают в ведущих функциональных системах в ответ на данную физическую нагрузку, выполняемую в определенных условиях внешней среды. Эти сдвиги выявляются путем сравнения текущих рабочих показателей деятельности ведущих физиологических систем с предельными (максимальными) показателями.

**Классификация циклических упражнений.** Энергетические запросы организма (работающих мышц) удовлетворяются, как известно, двумя основными путями — анаэробным и аэробным. Соотношение этих двух

путей энергопродукции неодинаково в разных циклических упражнениях. При выполнении любого упражнения практически действуют все три энергетические системы анаэробные фосфагенная (алактатная) и лактацидная (гликолитическая) и аэробная (кислородная, окислительная). «Зоны» их действия частично перекрываются. Поэтому трудно выделить «чистый» вклад каждой из энергетических систем, особенно при работе относительно небольшой предельной продолжительности. В этой связи часто объединяют в пары «соседние» по энергетической мощности (зоне действия) системы, фосфагенную с лактацидной, лактацидную с кислородной. Первой при этом указывается система, энергетический вклад которой больше.

В соответствии с относительной нагрузкой на анаэробные и аэробные энергетические системы все циклические упражнения можно разделить на анаэробные и аэробные. Первые — с преобладанием анаэробного, вторые — аэробного компонента энергопродукции. Ведущим качеством при выполнении анаэробных упражнений служит мощность (скоростно-силовые возможности), при выполнении аэробных упражнений — выносливость.

Соотношение разных путей (систем) энергопродукции в значительной мере определяет характер и степень изменений в деятельности различных физиологических систем, обеспечивающих выполнение разных упражнений.

***Анаэробные упражнения.*** Выделяются три группы анаэробных упражнений:

- 1) максимальной анаэробной мощности (анаэробной мощности) ;
- 2) околорекордной анаэробной мощности;
- 3) субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробно - аэробной мощности).

*Упражнения максимальной анаэробной мощности (анаэробной мощности)* — это упражнения с почти исключительно анаэробным способом энергообеспечения работающих мышц: анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет от 9,0 до 100%. Он обеспечивается главным образом за счет фосфагенной энергетической системы (АТФ + КФ) при некотором участии лактацидной (гликолитической) системы. Рекордная максимальная анаэробная мощность, развиваемая выдающимися спортсменами во время спринтерского бега, достигает 120 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность таких упражнений — несколько секунд. Таковы, например, соревновательный бег на дистанциях до 100 м, спринтерская велогонка на треке, плавание и ныряние на дистанцию до 50 м.

Усиление деятельности вегетативных систем происходит в процессе работы постепенно. Из-за кратковременности анаэробных упражнений во время их выполнения функции кровообращения и дыхания не успевают достигнуть возможного максимума. На протяжении максимального анаэробного упражнения спортсмен либо вообще не дышит, либо успевает

выполнить лишь несколько дыхательных циклов. Соответственно «средняя» легочная вентиляция не превышает 20—30% от максимальной. ЧСС повышается еще до старта (до 140—150 уд/мин) и во время упражнения продолжает расти, достигая наибольшего значения сразу после финиша — 80—90% от максимальной (160—180 уд/мин).

Поскольку энергетическую основу этих упражнений составляют анаэробные процессы, усиление деятельности кардио - респираторной (кислородотранспортной) системы практически не имеет значения для энергетического обеспечения самого упражнения. Концентрация лактата в крови за время работы изменяется крайне незначительно, хотя в рабочих мышцах она может достигать в конце работы 10 ммоль/кг и даже больше.

Концентрация лактата в крови продолжает нарастать на протяжении нескольких минут после прекращения работы и составляет максимально 5—8 ммоль/л. Перед выполнением анаэробных упражнений несколько повышается концентрация глюкозы в крови.

До начала и в результате их выполнения в крови очень существенно повышается концентрация катехоламинов (адреналина и норадреналина) и гормона роста, но несколько снижается концентрация инсулина; концентрации глюкозагона и кортизола заметно не меняются.

Ведущие физиологические системы и механизмы, определяющие спортивный результат в этих упражнениях, — центрально-нервная регуляция мышечной деятельности (координация движений с проявлением большой мышечной мощности), функциональные свойства нервно-мышечного аппарата (скоростно - силовые), емкость и мощность фосфагенной энергетической системы рабочих мышц.

*Упражнения околомаксимальной анаэробной мощности (смешанной анаэробной мощности)* - это упражнения с преимущественно анаэробным энергообеспечением работающих мышц. Анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет 75— 85% — отчасти за счет фосфагенной и в наибольшей мере за счет гликолитической энергетических систем. Рекордная околомаксимальная анаэробная мощность в беге — в пределах 50—100 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность таких упражнений у выдающихся спортсменов колеблется от 20 до 50 с. К соревновательным упражнениям относится бег на дистанциях 200—400 м, плавание на дистанциях до 100 м, бег на коньках на 500 м.

Для энергетического обеспечения этих упражнений значительное усиление деятельности кислородотранспортной системы уже играет определенную энергетическую роль, причем тем большую, чем продолжительнее упражнение.

Предстартовое повышение ЧСС очень значительно (до 150—160 уд/мин). Наибольших значений (80—90% от максимальной) она достигает сразу после финиша на 200 м и на финише 400 м. В процессе выполнения упражнения быстро растет легочная вентиляция, так что к концу упражне-

ния длительностью около 1 мин она может достигать 50—60% от максимальной рабочей вентиляции для данного спортсмена (60—80 л/мин). Скорость потребления O<sub>2</sub> также быстро нарастает на дистанции и на финише 400 м может составлять уже 70—80% от индивидуального МПК.

Концентрация лактата в крови после упражнения весьма высокая - до 15 ммоль/л у квалифицированных спортсменов. Она тем выше, чем больше дистанция и выше квалификация спортсмена. Накопление лактата в крови связано с очень большой скоростью его образования в рабочих мышцах (как результат интенсивного анаэробного гликолиза).

Концентрация глюкозы в крови несколько повышена по сравнению с условиями покоя (до 100—120 мг%). Гормональные сдвиги в крови сходны с теми, которые происходят при выполнении упражнения максимальной анаэробной мощности.

Ведущие физиологические системы и механизмы, определяющие спортивный результат в упражнениях околосредней анаэробной мощности, те же, что и в упражнениях предыдущей группы, и, кроме того, мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц.

*Упражнения субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробно-аэробной мощности)* — это упражнения с преобладанием анаэробного компонента энергообеспечения работающих мышц. В общей энергопродукции организма он достигает 60—70% и обеспечивается преимущественно за счет лактаcidной (гликолитической) энергетической системы. В энергообеспечении этих упражнений значительная доля принадлежит кислородной (окислительной, аэробной) энергетической системе. Рекордная мощность в беговых упражнениях составляет примерно 40 ккал/мин. Возможная предельная продолжительность соревновательных упражнений у выдающихся спортсменов — от 1 до 2 мин. К соревновательным упражнениям относятся: бег на 800 м, плавание на 200 м, бег на коньках на 1000 и 1500 м, заезды на 1 км в велоспорте (трек).

Мощность и предельная продолжительность этих упражнений таковы, что в процессе их выполнения показатели деятельности кислородотранспортной системы (ЧСС, сердечный выброс, ЛВ, скорость потребления O<sub>2</sub>) могут быть близки к максимальным значениям для данного спортсмена или даже достигать их. Чем продолжительнее упражнение, тем выше на финише эти показатели и тем значительнее доля аэробной энергопродукции при выполнении упражнения. После этих упражнений регистрируется очень высокая концентрация лактата в рабочих мышцах и крови — до 20—25 ммоль/л. Соответственно рН крови снижается до 7,0. Обычно заметно повышена концентрация глюкозы в крови — до 150 мг%, высоко содержание в плазме крови катехоламинов и гормона роста.

Ведущие физиологические системы и механизмы — емкость и мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих

мышц, функциональные (мощностные) свойства нервно-мышечного аппарата, а также кислород-транспортные возможности организма (особенно сердечно-сосудистой системы) и аэробные (окислительные) возможности рабочих мышц. Таким образом, упражнения этой группы предъявляют весьма высокие требования как к анаэробным, так и к аэробным возможностям спортсменов.

**Аэробные упражнения.** Мощность нагрузки в этих упражнениях такова, что энергообеспечение рабочих мышц может происходить (главным образом или исключительно) за счет окислительных (аэробных) процессов, связанных с непрерывным потреблением организмом и расходом работающих мышцами кислорода. Поэтому мощность в этих упражнениях можно оценивать по уровню (скорости) дистанционного потребления  $O_2$ .

Если дистанционное потребление  $O_2$  соотнести со средней аэробной мощностью у данного человека (т. е. с его индивидуальным МПК, или «кислородным потолком»), то можно получить представление об относительной, аэробной физиологической мощности выполняемого им упражнения. По этому показателю среди аэробных циклических упражнений выделяются пять групп:

- 1) упражнения максимальной аэробной мощности (95—100% МПК);
- 2) упражнения околомаксимальной аэробной мощности (85—90% МПК);
- 3) упражнения субмаксимальной аэробной мощности (70—80% МПК);
- 4) упражнения средней аэробной мощности (55—65% от МПК);
- 5) упражнения малой аэробной мощности (50% от МПК и менее).

Ведущими физиологическими системами и механизмами, определяющими успешность выполнения аэробных циклических упражнений, служат функциональные возможности кислородтранспортной системы и аэробные возможности рабочих мышц.

По мере снижения мощности этих упражнений (увеличения предельной продолжительности) уменьшается доля анаэробного (гликолитического) компонента энергопродукции. Соответственно снижаются концентрация лактата в крови и прирост концентрации глюкозы. При упражнениях длительностью в несколько десятков минут гипергликемия вообще не наблюдается. Более того, в конце таких упражнений может отмечаться снижение концентрации глюкозы в крови (гипогликемия).

Чем больше мощность аэробных упражнений, тем выше концентрация катехоламинов в крови и гормона роста. Наоборот, по мере снижения мощности нагрузки содержание в крови таких гормонов, как глюкагон и кортизол, увеличивается, а содержание инсулина уменьшается.

С увеличением продолжительности аэробных упражнений повышается температура тела, что предъявляет повышенные требования к системе терморегуляции.

*Упражнения максимальной аэробной мощности* (с дистанционным потреблением кислорода 95—100% от индивидуального МПК) — это упражнения, в которых преобладает аэробный компонент энергопродукции — он составляет до 60—70%.

Однако энергетический вклад анаэробных (преимущественно гликолитических) процессов еще очень значителен. Основным энергетическим субстратом при выполнении этих упражнений служит мышечный гликоген, который расщепляется как аэробным, так и анаэробным путем (в последнем случае с образованием большого количества молочной кислоты). Предельная продолжительность таких упражнений — 3—10 мин. К соревновательным упражнениям этой группы относятся: бег на 1500 и 3000 м, бег на 3000 и 5000 м на коньках, плавание на 400 и 800 м, академическая гребля (классические дистанции), заезды на 4 км на велотреке.

Через 1,5—2 мин после начала упражнений достигаются максимальные для данного человека ЧСС, систолический объем крови и сердечный выброс, рабочая ЛВ, скорость потребления O<sub>2</sub> (МПК). По мере продолжения упражнения ЛВ, концентрация в крови лактата и катехоламинов продолжает нарастать. Показатели работы сердца и скорость потребления O<sub>2</sub> либо удерживаются на максимальном уровне (при состоянии высокой тренированности), либо начинают несколько снижаться.

После окончания упражнения концентрация лактата в крови достигает 15—25 ммоль/л в обратной зависимости от предельной продолжительности упражнения и в прямой — от квалификации-спортсмена (спортивного результата).

Ведущие физиологические системы и механизмы — общие для всех аэробных упражнений; кроме того, существенную роль играет мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц.

*Упражнения околмаксимальной аэробной мощности* (с дистанционным потреблением O<sub>2</sub>; 85—95% от индивидуального МПК) — это упражнения, при выполнении которых до 90% всей энергопродукции обеспечивается окислительными (аэробными) реакциями в рабочих мышцах. В качестве субстратов окисления используются в большей мере углеводы, чем жиры (дыхательный коэффициент около 1,0). Главную роль играют гликоген рабочих мышц и в меньшей степени - глюкоза крови (на второй половине дистанции).

Рекордная продолжительность упражнений до 30 мин. К этой группе относятся: бег на дистанциях 5000 и 10000 м, плавание на дистанции 1500 м, бег на лыжах до 15 км и на коньках на 10 000 м. В процессе выполнения упражнений ЧСС находится на уровне 90-95%, ЛВ – 85-90% от индивидуальных максимальных значений. Концентрация лактата в крови после упражнения у высококвалифицированных спортсменов - около 10 ммоль/л. В

процессе выполнения упражнения происходит существенное повышение температуры тела - до 39°.

*Упражнения субмаксимальной аэробной мощности* (с дистанционным потреблением O<sub>2</sub> 70—80% от индивидуального МПК) — это упражнения при выполнении которых более 90% всей энергии образуется аэробным путем.

Окислительному расщеплению подвергаются в несколько большей степени углеводы, чем жиры (дыхательный коэффициент примерно 0,85—0,90). Основными энергетическими субстратами служат гликоген мышц, жиры рабочих мышц и крови и (по мере продолжения работы) глюкоза крови. Рекордная продолжительность упражнений — до 120 мин. В эту группу входят: бег на 30 км и более (включая марафонский бег), лыжные гонки на 20—50 км, спортивная ходьба до 20 км.

На протяжении упражнения ЧСС находится на уровне 80—90%, а ЛВ — 70—80% от максимальных значений для данного спортсмена. Концентрация лактата в крови обычно не превышает 4 ммоль/л. Она заметно увеличивается только в начале бега или в результате длительных подъемов. На протяжении выполнения этих упражнений температура тела может достигать 39—40°.

Ведущие физиологические системы и механизмы — общие для всех аэробных упражнений и, кроме того, емкость кислородной (окислительной) системы, которая зависит в наибольшей мере от запасов гликогена в рабочих мышцах и печени и от способности мышц к повышенной длительной утилизации (окислению) жиров.

*Упражнения средней аэробной мощности* (с дистанционным потреблением O<sub>2</sub> 55—65% от индивидуального МПК) — это упражнения, при выполнении которых почти вся энергия рабочих мышц обеспечивается аэробными процессами.

Основным энергетическим субстратом служат жиры рабочих мышц и крови, углеводы играют относительно меньшую роль (дыхательный коэффициент около 0,8). Предельная продолжительность упражнения—до нескольких часов. К упражнениям этой группы относятся: спортивная ходьба на 50 км, лыжные гонки на сверхдлинные дистанции (более 50 км).

Кардио-респираторные показатели не превышают 60—75% от максимальных для данного спортсмена. Во многом характеристики этих упражнений и упражнений предыдущей группы близки.

Упражнения малой аэробной мощности (с дистанционным потреблением O<sub>2</sub> 50% и менее от индивидуального МПК) — это упражнения, при выполнении которых практически вся энергия рабочих мышц обеспечивается за счет окислительных процессов, в которых расходуются главным образом жиры и в меньшей степени углеводы (дыхательный коэффициент менее 0,8). Упражнения такой относительной физиологической мощности

могут выполняться в течение многих часов. Это соответствует бытовой деятельности человека (ходьба) или упражнениям в системе занятий массовой или лечебной физической культурой.

### **Классификация ациклических упражнений**

Ациклические соревновательные упражнения на основе их кинематических и динамических характеристик можно разделить на

- 1) взрывные,
- 2) стандартно- переменные,
- 3) нестандартно-переменные и
- 4) интервально-повторные

**Взрывные упражнения.** К взрывным упражнениям относятся прыжки и метания. Характерная особенность взрывных упражнений — наличие одного или нескольких акцентированных кратковременных усилий большой мощности («взрыва»), сообщающих большую скорость всему телу и (или) верхним конечностям со спортивным снарядом.

Эти взрывные мышечные усилия обуславливают:

- а) дальность прыжка в длину или высоту;
- б) продолжительность полета, во время которого выполняются сложные движения в воздухе (прыжки в воду, гимнастические и акробатические прыжки);
- в) максимальную (в легкоатлетических метаниях) или необходимую (в тяжелоатлетических упражнениях) дальность полета спортивного снаряда.

Все взрывные упражнения имеют очень небольшую продолжительность — от нескольких секунд до немногих десятков секунд. Значительную часть большинства взрывных упражнений составляют циклические движения — разбег или разгон. Каждое взрывное упражнение выполняется как единое целое, что определяет и особенности обучения таким движениям.

**Стандартно-переменные упражнения.** Для этих упражнений характерно объединение в непрерывную, строго фиксированную, стандартную цепочку разнообразных сложных действий (элементов), каждое из которых является законченным самостоятельным действием и потому может изучаться отдельно и входить как компонент в самые разные комбинации (комплексные упражнения).

**Нестандартно-переменные (ситуационные) упражнения.** Включают все спортивные игры и спортивные единоборства, а также все разновидности горнолыжного спорта. На протяжении выполнения этих упражнений резко и нестандартным образом чередуются периоды с разным характером и интенсивностью двигательной деятельности — от кратковременных максимальных усилий взрывного характера (ускорений, прыжков,

ударов) до физической нагрузки относительно невысокой интенсивности, вплоть до полного отдыха (минутные перерывы у боксеров и борцов, остановки в игре, периоды отдыха между таймами в спортивных играх).

В связи с этим в нестандартно-переменных упражнениях можно выделить рабочие периоды, т. е. периоды особенно интенсивной двигательной активности (деятельности), и промежуточные периоды, или периоды относительно мало интенсивной двигательной активности.

***Интервально-повторные упражнения.*** Это соревновательные, а также комплексные тренировочные упражнения, которые составлены из стандартной комбинации различных или одинаковых элементов, разделенных периодами полного или частичного отдыха. При этом элементы, входящие в такую комбинацию, могут быть однородными (по характеру и интенсивности) циклическими или ациклическими упражнениями. Так, к интервально - повторным упражнениям относится тренировочное упражнение с повторным проездом определенных отрезков дистанции на большой скорости, чередуемым с периодами полного или частичного отдыха. Другой пример — поднимание штанги несколько раз подряд.

К соревновательным интервально - повторным упражнениям относятся биатлон и спортивное ориентирование.

Если во время выполнения комплексных тренировочных упражнений рабочие периоды чередуются с промежуточными периодами полного отдыха, то такие упражнения обозначаются как повторные переменные упражнения.

Если при выполнении упражнения рабочие периоды сменяются промежуточными периодами частичного отдыха, т. е. работой значительно более низкой интенсивности (например, бегом трусцой), то такие упражнения обозначают как интервальные переменные упражнения. По существу, подавляющее большинство комплексных тренировочных упражнений и каждое тренировочное занятие в целом являются интервально - повторными упражнениями.

### **Аэробная производительность детей и подростков**

Динамика аэробных возможностей человека зависит от возраста и пола. Одним из существенных переломных периодов становления аэробной работоспособности является возраст 6 лет, когда увеличивается кровоснабжение мышц и окислительные возможности митохондрий. При расчете на 1 кг массы мышц максимальное потребление кислорода (МПК) у детей 6-7 лет составляет 151 мл/кг/мин, у взрослых — 138 мл/кг/мин.

Проблема аэробной производительности детей и подростков, то есть функциональных свойств организма, которые обеспечивают поступление, транспорт и утилизацию кислорода рассмотрена в работе Н.Д. Гольдберг<sup>2</sup>.

В младшем школьном возрасте энергообеспечение мышечной деятельности идет по пути увеличения аэробных возможностей. Концентрация цитохрома а в митохондриях мышечной ткани достигает максимальных значений — 6,6 нмоль/г, у взрослых — 3-4 нмоль/г. При этом относительные величины МПК изменяются незначительно, а расчетные значения на единицу мышечной массы достигают максимальной величины 170-180 мл/кг/мин.

В этом возрасте окончательной дифференцировки скелетных мышц верхних и нижних конечностей не наступает, в них преобладают медленно сокращающиеся оксидативные волокна. Количество их незначительно снижается в 12-13 лет, вновь повышается к 14 годам и значительно уменьшается (в 3 раза по сравнению с 7 годами) в 16-17 лет.

Относительное содержание гемоглобина у детей несколько ниже. К 11-12 годам у девочек, к 13-14 годам у мальчиков оно достигает нижней границы нормы взрослых. Это обуславливает более низкие показатели кислородной емкости крови и насыщения артериальной крови кислородом, а также разницу в изменении состава крови при напряженной мышечной деятельности у юных спортсменов. Недостаточная эффективность и экономичность кислородных режимов детского организма отражается на адаптации ребенка к физическим нагрузкам. Ребенок легче переносит экстенсивные нагрузки (большой мощности), чем интенсивные. Дети младшего школьного возраста обладают высокой выносливостью в режиме умеренной интенсивности. Имеются данные, что они хорошо справляются с большими дистанциями вплоть до марафонских.

В 12 лет в энергетике мышечной деятельности наступает переломный момент, характеризующийся некоторым снижением аэробной работоспособности. Он связан с началом пубертатного скачка роста и увеличением доли анаэробных механизмов энергопродукции.

Наибольший годовой прирост аэробной производительности отмечается у мальчиков 13-14 лет (МПК на 28%, кислородный пульс на 24%), у девочек 12-13 лет (МПК на 17%, кислородный пульс на 18%).

Повышение кислородного потолка у подростков в наибольшей степени связано с прибавкой массы тела. При физических нагрузках они быстро достигают МПК и недолго удерживают его. Отчетливый прирост абсолютной величины МПК у юношей наблюдается с 15 до 16 лет, малозаметный — после 16 лет. Определенная стабилизация МПК у девушек наблюдается после 14 лет.

Величина максимальной аэробной производительности у мальчиков выше, чем у девочек. Наибольшие различия в относительной величине

---

<sup>2</sup> Гольдберг Н.Д. Аэробная производительность детей и подростков // Питание юных спортсменов. – М.: Советский спорт, 2012.

МПК наблюдаются у детей 8—10 лет (31%) и в юношеском возрасте (33-39%), когда у девушек увеличивается жировая масса.

В настоящее время адаптационные возможности детей к большим нагрузкам аэробного характера спорны. Тем не менее, высокое содержание в мышцах ферментов окисления свободных жирных кислот и большое количество митохондрий позволяют полагать о возможности переносимости детьми соответствующих нагрузок. Механизмы анаэробной энергопродукции в детском возрасте развиты слабее. Высокая верхняя граница аэробно-анаэробного перехода (до 80% от МПК) обусловлена более низким по сравнению со взрослыми содержанием в мышцах ключевых ферментов гликолиза гексокиназы и фосфофруктокиназы.

Уровни аэробного и анаэробного порогов (ПАНО1 и ПАНО2) различаются в зависимости от возраста. У детей 5-6 лет аэробный порог (ПАНО1), выраженный в процентах МПК, намного выше (60-80%), чем у нетренированных взрослых (40-50%). Обнаружена тесная корреляция между ПАНО и массой тела у детей и подростков в возрасте от 6 до 17 лет, выявлены выраженные различия мощности ПАНО (по относительной величине потребления  $O_2$ ) между мальчиками и девочками - 27 и 19 мл/кг/мин соответственно. Полагают, что это обусловлено меньшим содержанием гемоглобина и большей массой жировой ткани у девочек. У детей 7-8 лет ПАНО достигается при ЧСС  $155 \pm 5$  мин<sup>-1</sup>, 9-10 лет -  $179 \pm 3,2$  мин<sup>-1</sup>. У подростков 12-13 лет относительный уровень ПАНО снижается, ЧСС при этом составляет  $161 \pm 5,7$  мин<sup>-1</sup>, у юношей 16-17 лет ПАНО приближается к таковому у нетренированных взрослых и достигается при ЧСС  $145 \pm 7$  мин<sup>-1</sup>.

При нормальном протекании адаптационных реакций юных спортсменов к специфическим нагрузкам на выносливость отмечается последовательное улучшение функционирования систем организма. Это выражается в экономизации функций сердечно-сосудистой системы при стандартных нагрузках разной мощности, в прогрессивном нарастании зоны аэробных возможностей организма на фоне увеличения МПК, критической мощности, мощности ПАНО. У бегунов-мальчиков 14-15 лет МПК составляет 61 мл/кг/мин; скорость ПАНО) - 12,6 км/ч, ПАНО2 - 15,5 км/ч, потребление кислорода на ПАНО2 - 42 мл/кг/мин, на ПАНО1 - 52 мл/кг/мин (85% от МПК).

К юношескому возрасту наблюдается экономизация двигательной деятельности и стабилизация энергозатрат ходьбы и бега. Это приводит к тому, что при равной умеренной скорости бега (2,6 м/с) за период с 9 до 17 лет выносливость в большой зоне мощности увеличивается в 4 раза. Чем выше мощность нагрузки, тем больший прирост в соответствующей зоне можно зарегистрировать с возрастом. Как показывают данные физиологических исследований, с возрастом происходит расширение диапазона доступных нагрузок, причем преимущественно за счет аэробного энергообеспечения.

Максимальные абсолютные величины аэробной производительности у мужчин достигаются в возрасте 18 лет, у женщин - 15 лет. Относительные же показатели с возрастом почти не изменяются, что и обуславливает достаточно высокую аэробную работоспособность детей и подростков с максимумом развития в 15-16 лет.

### **Особенности реакции организма детей на физическую нагрузку<sup>3</sup>**

Детям свойственна большая возбудимость нервной системы, в том числе и центров, регулирующих деятельность двигательного аппарата и внутренних органов. Вместе с тем функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем у детей, подростков и даже у юношей и девушек значительно ниже, чем у взрослых. В частности, сердце у них по весу и размерам меньше, и поэтому ударный и минутный объемы сердца не достигают тех величин которые отмечаются у взрослых.

Величины ЧСС и АД у детей и подростков весьма изменчивы в силу повышенной реактивности. ЧСС с возрастом постепенно становится меньше (у 7-летних мальчиков она в среднем 85,8 уд. мин., а у девочек – 86,6 уд. Мин.). В то же время, артериальное давление повышается: у 4-6-летних оно равно 75/50- 5/60 мм рт. ст., у 7-10-летних – уже 90/50-100/55.

У детей недостаточно высока сократительная способность миокарда, малоэффективна насосная функция сердца и невелик его функциональный резерв. Чем моложе организм, тем меньше при физической работе может увеличиваться ударный объем крови, что обуславливается меньшим объемом сердца и его функциональными особенностями.

Даже при небольшой физической нагрузке ЧСС у детей увеличивается в большей степени, чем у взрослых. У детей дошкольного возраста АД при физической нагрузке повышается значительно меньше, чем у взрослых, что объясняется недостаточным развитием сердечной мышцы, малым объемом сердца и более широким просветом сосудов относительно размеров сердца.

Сопоставление показателей функций кровообращения и дыхания с потреблением кислорода свидетельствует о том, что при мышечной работе кислородные режимы организма ребенка менее экономичны, чем у взрослых. У детей 6-7 лет больше вентиляционный эквивалент, но меньше коэффициент использования кислорода и менее эффективно снабжение тканей кислородом. Доставка кислорода к работающим мышцам обеспечивается в основном за счет усиления кровотока, в то время как у взрослых большую роль играет высокая утилизация кислорода.

---

<sup>3</sup> Карпман В.Л. Спортивная медицина: учебник. – М.: ФиС, 1987.

Величины аэробной производительности или МПК у детей и подростков в абсолютном выражении намного ниже, чем у взрослых, и увеличиваются с возрастом.

**МПК (л/мин) и максимальный O<sub>2</sub>-пульс (мл)  
у детей и подростков (по Лоренцу)**

Возраст, лет	Мальчики		Девочки	
	МПК	O <sub>2</sub> -пульс*	МПК	O <sub>2</sub> -пульс
7	1,1	5,6	0,9	4,8
8	1,1	5,9	1,0	5,3
9	1,3	6,8	1,1	5,7
10	1,3	6,7	1,2	6,2
11	1,6	8,2	1,4	7,2
12	1,8	9,4	1,6	8,1
13	2,2	10,9	2,0	10,1
14	2,6	12,9	2,0	10,3
15	2,8	14,4	2,3	11,6
16	3,0	15,7	2,1	10,6

\*Кислородный пульс (O<sub>2</sub>-пульс) — это то количество кислорода, которое забирается кровью при каждом сердечном сокращении.

При расчете МПК на 1 кг веса тела возрастные различия сглаживаются. Но при расчете потребления кислорода на 1 кг веса тела и 1 кгм выполненной работы обнаруживаются менее экономичные затраты кислорода у подростков по сравнению с юношами и взрослыми. Это подтверждается при определении максимального O<sub>2</sub>-пульса. По его величине узнают, сколько миллилитров кислорода поглощается и транспортируется при каждом сокращении сердца. Для этого величину МПК (в мл/мин) делят на ЧСС при предельной работе. Чем больше величина O<sub>2</sub>-пульса, тем, следовательно, более экономична работа сердца. С возрастом O<sub>2</sub>-пульс, а значит, и экономичность работы сердца повышаются.

Приспособление функции дыхания как и функции кровообращения к физическим нагрузкам у детей и подростков протекает по менее рациональному пути, чем у взрослых. При физических нагрузках, требующих проявления выносливости, отмечается следующее: чем меньше возраст, тем раньше при повышении нагрузок уменьшается процент утилизации кислорода из вдыхаемого воздуха вследствие значительного увеличения легочной вентиляции. Таким образом, чем младше ребенок, тем больше воздуха требуется ему провентилировать для обеспечения работающих орга-

нов и тканей необходимым количеством кислорода. Экономичность работы при этом относительно снижена.

У детей и подростков в меньшей степени по сравнению со взрослыми развита способность к работе в анаэробных условиях, т. е. величина максимального  $O_2$ -долга у них меньше, чем у взрослых. Хуже переносят дети и гипоксические условия.

### Нормирование физических нагрузок

Анализ нормирования физических нагрузок с учетом возрастных особенностей показал, что для непрерывного выполнения циклической работы детьми 7 лет на протяжении 15 мин величина нагрузки не должна превышать  $1/5$  МПК (при мощности порядка 7 кгм/мин.кг), а в 10-летнем возрасте для 20 минутной работы — не более  $1/3$  МПК (8 кгм/мин.кг). Предельная продолжительность циклических упражнений большой мощности (70% максимальной) у 7-летних детей не должна превышать 4-5 минут; субмаксимальной нагрузки (80%) — не более 50 с; максимальной нагрузки (100%) — 10 с.

При развитии выносливости к различным циклическим упражнениям рекомендуемый темп ходьбы у 7-летних детей составляет 100, а 9-10-летних — 100-120 шагов в 1 мин. В лыжной подготовке наиболее эффективным для развития выносливости оказалось сочетание физических нагрузок большой и умеренной интенсивности (со скоростью 1.8-1.9 м/с и 1.5-1.6 м/с).

Кратковременные статические нагрузки полезно использовать для совершенствования функций ЦНС, двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы. Однако их следует строго дозировать - величина поднимаемого веса при однократном выполнении у детей 8 лет не должна превышать 50% массы собственного тела, а длительность упражнений - 10-20 с.

Для оценки общей работоспособности детей рекомендовано использовать адаптированный тест РВС с выполнением одной нагрузки вместо двух. Используют на шагивание на скамейку в течение 5 минут в таком темпе, который обеспечивает подъем пульса не менее, чем на 40 уд./мин, т. е. до 140-160 уд./мин. Величину физической работоспособности при этом рассчитывают по следующей формуле:

$$PWC_{170} = W \cdot \frac{170 - ЧСС_0}{ЧСС_1 - ЧСС_0},$$

где:  $ЧСС_0$  - частота сердцебиений в покое,

$ЧСС_1$  - частота сердцебиений при работе (рекомендуемая

$ЧСС - 130$  уд./мин),

W- мощность работы, которая высчитывается по формуле:

$$W = p \cdot h \cdot n \cdot 1.2,$$

где: n-25 циклов/мин,

p - масса тела (кг),

h - высота ступеньки (м).

Для дошкольников рекомендуется работа в течение двух минут и высота ступеньки в возрасте 4 года - 12-16 см, 5 лет - 18-24 см, 6 лет - 20-24 см.

Возрастные изменения показателя PWC представлены в таблице.

**Возрастная динамика показателей физической работоспособности у мальчиков**  
(по данным разных авторов)

Возраст, лет	Пульс в покое, уд./мин	Физическая работоспособность при пульсе 170, кгм/мин	Относительная работоспособность, кгм/мин.кг
3-4	100-102	127-149	8.1-8.9
4-5	96-102	195-237	10.5-11.7
6.5	107	307	12.0
7	107	296	10.9
8	102	313	10.7
9	99	392	12.2
10	89	398	12.4
11-12	85	495	12.5
13-14	87	666	13.4
15-16	81	870	13.4

У юных спортсменов уровень общей физической работоспособности повышен по сравнению с нетренированными сверстниками. Так, например, у юных спортсменов 9-10 лет, величина PWC составляет 540 кгм/мин и относительная величина 16.3 кгм/мин.кг, а у нетренированных мальчиков 9-10 лет, соответственно, 392-398 кгм/мин и 12.2-12.4 кгм/мин.кг.

Систематические занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, повышают неспецифическую резистентность юных спортсменов к простудным заболеваниям и вирусным инфекциям: острые респираторные заболевания у них встречаются в 2-3 раза реже, чем у нетренированных сверстников. Величины средней продолжительности болезни также ниже у юных спортсменов.

Наряду с детьми, соответствующими по развитию физических качеств и работоспособности средним статистическим показателям, имеются отдельные индивиды с исключительными способностями. Известно, что некоторые дети в возрасте 7-9 лет имели МПК=70 мл и более (что характерно лишь для взрослых высококвалифицированных спортсменов), преодолевали марафонскую дистанцию, переплывали пролив Ла-Манш, могли подтянуться на перекладине 65 раз и отжаться от пола более 3000 раз и т. п.

Такие способности детерминируются генетически, и тренеры находятся в непрерывном поиске подобных талантов.