

**Е.И. Новикова**

Волгоградский государственный  
педагогический университет

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ МАЛЬЧИКОВ ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА ПРИ НАГРУЗКАХ РАЗЛИЧНОЙ АЭРОБНОЙ МОЩНОСТИ**

*Естественные науки*

Изучение адаптивных возможностей детского организма к мышечной деятельности является одной из актуальных проблем возрастной физиологии, спортивной медицины и педагогики. Без знания критериев физиологической адаптации невозможно оценить характер текущих изменений, происходящих в организме под влиянием мышечной деятельности, прогнозировать возможные нарушения в состоянии здоровья и рационально организовать процесс физического воспитания.

В ряду систем, обеспечивающих приспособление организма к физическим нагрузкам, одно из ведущих мест занимает дыхательная система. Поскольку функциональное состояние дыхательной системы в значительной степени определяется процессами физического и полового развития ребенка, представляется важным выяснение изменений внешнего дыхания в подростковом возрасте с учетом стадий полового созревания.

В эксперименте приняли участие мальчики 10 – 14 лет, у которых были определены основные показатели физического развития, а также уровень полового созревания по степени выраженности вторичных половых признаков. Выделены 4 стадии полового созревания: I – стадия инфантилизма, II – гипофизарная стадия, III – стадия активации гонад, IV – стадия максимального стероидогенеза. Перед основной серией исследований у каждого испытуемого на велоэргометре определяли максимальную аэробную мощность, при которой он достигал максимального потребления кислорода (МПК). Эта мощность принималась за 100%. Она служила исходным показателем для расчета индивидуальных величин относительной аэробной мощности, равной 80, 60 и 40% от МПК. В основной серии исследований подростки в разные дни выполняли работу относительной аэробной мощности.

Оценка реакции дыхательной системы подростков в результате применения физических нагрузок производилась по таким показателям, как минутный объем дыхания (МОД), частота дыхания (ЧД) и глубина дыхания (ГД), которые определяли с помощью метода газометрии и спироэргометрии.

Результаты наших исследований показали, что уже в начале работы любой мощности происходит скачкообразный рост легочной вентиляции. Так, у мальчиков стадии инфантилизма МОД с  $5,3 + 0,20$  л/мин в состоянии покоя возрос на второй минуте нагрузки, выполняемой на уровне 40% от МПК, до  $17,3 + 0,57$  л/мин ( $P < 0,001$ ), т.е. увеличился на 198%. У подростков более высокого уровня половой зрелости степень измене-

ния респирации была значительно выше в аналогичных условиях. Например, у мальчиков стадии максимального стероидогенеза рассматриваемый показатель возрос с  $6,3 + 0,21$  до  $24,8 + 1,53$  л/мин ( $P < 0,001$ ), прирост составил 296%.

Требуемый объем вентиляции обеспечивается сложным сочетанием факторов, от которых зависит режим легочной вентиляции. К этим факторам относятся прежде всего частота дыхания, длительность и форма вдоха и выдоха, а также глубина дыхания. Роль частотных и амплитудных характеристик дыхания в повышении легочной вентиляции была неодинаковой у подростков различной степени выраженности вторичных половых признаков. Так, если у мальчиков II стадии биологической зрелости ритм дыхательных движений в указанных выше условиях увеличился на 56,7%, то в стадии активации гонад – на 45,1%. МОД в первом случае возрос на 84,3%, а во втором – на 107%. Рост МОД на последующих временных интервалах нагрузки небольшой интенсивности у школьников I и II стадий полового созревания происходит только за счет учащения дыхания, величина которого стабилизировалась на шестой–восьмой минуте работы и стала у первых  $53,7 + 1,79$  и  $44,7 + 1,20$  дых./мин ( $P < 0,001$ ) у вторых. Глубина дыхания достигала максимальных величин уже с момента начала нагрузки, а затем в I стадии биологической зрелости наблюдалась тенденция к ее снижению с  $437,0 + 17,50$  до  $395,0 + 11,42$  мл ( $P > 0,05$ ). У испытуемых гипофизарной стадии дыхательный объем оставался без изменений. В III и IV стадиях полового созревания вработывание ЧД наступало раньше, т.е. на четвертой минуте работы, величины этого показателя у них соответственно составили  $36,2 + 1,27$  и  $31,1 + 1,68$  дых./мин. ГД у этих подростков так же, как у мальчиков I и II стадий значительно возрастала на первых минутах нагрузки, но далее, в отличие от последних, продолжала недостоверно увеличиваться.

С повышением интенсивности физической нагрузки характер динамики легочной вентиляции сохранялся, однако приросты величины этого параметра внешнего дыхания были более существенными по сравнению с предыдущей серией эксперимента. Так, МОД в устойчивом состоянии у мальчиков II стадии полового созревания при 60% работе достиг  $23,0 + 0,80$  л/мин, что достоверно выше величин, отмеченных у них в этом же периоде нагрузки умеренной интенсивности ( $P < 0,001$ ). Характерно то, что легочная вентиляция в процентном отношении возрастала на столько, на сколько повышалась мощность выполняемой испытуемыми динамической работы, причем особенно четко эта зависимость проявлялась у школьников, находящихся на стадии инфантилизма. При увеличении интенсивности нагрузки на 20% МОД у них изменился в среднем на 20,7%, у подростков II, III и IV стадий пубертатного возраста наблюдалось более значительное проявление этого показателя. Так, например, при 60% нагрузке прирост легочной вентиляции по сравнению с величинами, зарегистрированными во время 40% работы в IV группе испытуемых, составил в среднем 25,2%, т.е. с началом полового созревания уменьшалась согласованность изменений МОД с мощностью работы. Увеличе-

ние МОД у мальчиков I стадии пубертатного развития в этой серии нагрузок происходило за счет как статистически значимого прироста ритма дыхательных движений, так и их глубины, величины которых к моменту окончания работы соответственно повысились до  $59,9 \pm 1,18$  дых./мин ( $P < 0,01$ ) и  $463,1 \pm 12,04$  мл ( $P < 0,001$ ). В других группах при нагрузке, составляющей 60% от МПК, дыхательный объем оставался практически на прежнем уровне. Так, у школьников в период активации гонад с увеличением интенсивности мышечной работы дыхание стало глубже только на 54 мл ( $P > 0,05$ ). Частота же дыхания у подростков II — IV стадий в этих условиях возрастала существенно. Например, у испытуемых гипофизарной стадии ЧД увеличилась с  $45,9 \pm 1,53$  дых./мин при умеренной нагрузке до  $54,2 \pm 1,28$  ( $P < 0,001$ ) при 60%-ной нагрузке.

При субмаксимальной работе достоверные изменения произошли только в отношении величины дыхательного объема, да и то лишь в первых двух группах, соответствующих I и II стадиям полового созревания. Несмотря на то, что ГД у мальчиков III и IV стадий пубертатного возраста практически стабилизировалась уже во время относительно легкой физической работы, тем не менее на всех ступенях использованных нами нагрузок самые высокие значения данного показателя были отмечены у школьников стадии максимального стероидогенеза. Степень роста величины дыхательного объема при мышечной деятельности в процессе полового созревания повышалась, а частота дыхания, наоборот, снижалась. Например, у мальчиков стадии инфантилизма при 80%-ной работе ГД по отношению к уровню покоя возросла на 134%, а ЧД изменилась на 149%, тогда как в IV стадии — на 195 и 125% соответственно. Эта особенность нашла отражение и в тесноте корреляций показателей внешнего дыхания. У испытуемых I стадии половой зрелости связь МОД оказалась более выраженной с ЧД ( $r = 0,51$  при нагрузке, составляющей 40% от МПК), чем с ГД ( $r = 0,27$ ). У подростков II — IV стадий полового созревания определяющим фактором в этом взаимодействии являлась ГД ( $r = 0,65$ ; а с ЧД  $r = 0,31$ ). Глубина дыхания при нагрузках ступенчато возрастающей мощности, рассчитанная в процентах от величины жизненной емкости легких (ЖЕЛ), у мальчиков различного биологического возраста была практически одинаковой. Во время выполнения субмаксимальной работы ГД у всего обследованного контингента возрастала до величин, составляющих 21 — 24% от ЖЕЛ.

Таким образом, особенностью динамики как ЧД, так и ГД при нагрузках различной аэробной мощности явилось то, что на каждой из трех их ступеней прослеживались достоверные различия в величинах ритма дыхательных движений между I, II и III стадиями полового созревания, а в величинах дыхательного объема довольно четкие различия обнаружены между II, III и IV пубертатными стадиями. Анализируя изменения этих параметров в условиях физических нагрузок у школьников исследуемого возрастного диапазона, мы не получили статистически значимых годовых различий ЧД и ГД. Следовательно, динамика и частотных и амплитудных характеристик внешнего дыхания при мышечной деятельности в большей мере связана с биоло-

гическим возрастом, а не с календарным.

Легочная вентиляция при нагрузке, составляющей 80% от МПК, существенно возростала по сравнению с таковой при 60%-ной работе во всех группах испытуемых, за исключением подростков в период активации гонад. Как и в других сериях эксперимента, приросты величины МОД в зоне субмаксимальных нагрузок находились в прямой зависимости от степени выраженности вторичных половых признаков. Так, если у мальчиков стадии инфантилизма МОД по отношению к уровню покоя увеличился на 479%, то в период максимального стероидогенеза — на 543%.

Относительные величины МОД, рассчитанные на единицу массы тела, при выполнении нагрузок ступенчато возрастающей мощности повышались, в процессе же полового созревания, наоборот, снижались. Например, у мальчиков I стадии полового созревания МОД/кг при выполнении умеренной работы был равен  $0,64 \pm 0,020$ , при 60%-ной нагрузке составил  $0,83 \pm 0,031$  ( $P < 0,01$ ), а при 80% увеличился до  $0,98 \pm 0,049$  л/мин/кг ( $P < 0,01$ ). У испытуемых II стадии биологической зрелости при выполнении нагрузок трех мощностей этот показатель уменьшился соответственно до  $0,49 \pm 0,010$ ;  $0,67 \pm 0,021$  ( $P < 0,01$ ) и  $0,81 \pm 0,028$  л/мин/кг ( $P < 0,01$ ). В последующих, т.е. III и IV стадиях половой зрелости, интенсивность легочной вентиляции менялась несущественно. Так, при нагрузке, составляющей 60% от МПК, у подростков III стадии пубертатного возраста относительные величины МОД оказались равными  $0,62 \pm 0,031$  л/мин/кг, а в IV стадии МОД/кг изменился всего лишь на  $0,05$  л/мин/кг ( $P > 0,05$ ).

В адаптации дыхания к мышечной деятельности различают два взаимосвязанных механизма: механизм кортикального управления дыханием и механизм субкортикальной регуляции дыхания. Первый из указанных механизмов реализуется благодаря так называемому произвольному изменению ритма и глубины дыхательных движений и базируется главным образом на условно-рефлекторных реакциях, обеспечивающих срочное и адекватное приспособление дыхания к текущим потребностям организма. Этим, в частности, объясняется скачкообразный рост легочной вентиляции в начале работы, когда химизм внутренней среды организма еще не успевает измениться. Механизм субкортикальной регуляции осуществляется благодаря сложным реакциям преимущественно безусловно-рефлекторного характера, базирующимся на функционировании следящих и стабилизирующих систем, обеспечивающих гомеостаз организма, с обязательным и значительным использованием гуморальных механизмов регуляции функций. Эти два механизма регуляции дыхания уже полностью проявляются у подростков. Об этом свидетельствуют описанные выше изменения, отражающие вполне развитую способность мальчиков I — IV стадий половой зрелости реагировать на нагрузки ступенчато возрастающей мощности разными сдвигами в системе дыхания.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что пубертатные процессы оказывают существенное влияние на характер адаптации дыхательной системы к физическим нагрузкам. Указанные особенности

имеют не только теоретическое, но и практическое значение. Степень полового созревания подростков необходимо учитывать при комплектовании групп для систематических занятий физическими упражнениями.