

Чиркин А.А., Алтани М.С., Степанова Н.А., Чиркина А.А.  
Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, Витебск, Беларусь

Chirkin A., Altani M., Stepanova N., Chirkina A.  
Vitebsk State University named after P.M. Masherov, Vitebsk, Belarus

## Зависимость биохимических маркеров здоровья от возраста и пола при занятиях спортом в пубертатном периоде

Dependence of Health Biochemical Markers on Age  
and Gender during Sports in Puberty

### Резюме

**Цель.** Сравнительный анализ показателей оценки состояния обменных процессов у подростков (в том числе спортсменов) с использованием традиционно применяемых в медицинских учреждениях лабораторных тестов при занятиях физическими нагрузками.

**Материалы и методы.** Под наблюдением было 430 подростков женского пола, в том числе 376 спортсменок и 54 подростка, составивших контрольную группу, и 900 подростков мужского пола: 756 спортсменов и 144 представителей контрольной группы.

Для характеристики обмена веществ в организме испытуемых использовалось определение показателей 24 «рутинных» лабораторных тестов и 7 коэффициентов.

**Результаты и обсуждение.** На основании полученных результатов были выделены 6 групп биохимических маркеров здоровья: 1) маркеры, показатели которых не изменяются у обследованных подростков контрольных групп независимо от возраста и пола (индекс атерогенности, ХС ЛПНП, альфа-амилаза, железо и коэффициент глюкоза/ХС ЛПВП); 2) маркеры, показатели которых не изменяются у подростков контрольной группы мужского пола (глюкоза, альбумин, коэффициент АсАТ/АлАТ); 3) маркеры, показатели которых не изменяются у подростков контрольной группы женского пола (мочевина, креатинин, общий белок, альбумин, ХС ЛПВП, триглицериды, ХС ЛПНП, АлАТ, КФК, кальций, ОЖСС, калий, коэффициенты КФК/АсАТ, глюкоза/ХС ЛПНП); 4) маркеры, показатели которых не изменяются у обследованных подростков-спортсменов независимо от возраста и пола (индекс атерогенности, общий белок, ХС ЛПВП, коэффициенты глюкоза/ХС ЛПВП и КФК/ЩФ); 5) маркеры, которые не изменяются у обследованных подростков – спортсменов мужского пола (глюкоза, общий билирубин, ОХС, ХС ЛПНП и коэффициент глюкоза/ОХС); 6) маркеры, показатели которых не изменяются у обследованных подростков – спортсменов женского пола (креатинин, триглицериды, кальций, калий, сывороточное железо, активность АлАТ, КФК, ГГТ, альфа-амилаза, ОЖСС, коэффициенты КФК/АсАТ, глюкоза/ХС ЛПВП и КФК/ЩФ).

Независимо от типа физических нагрузок, возраста и пола поддерживаются постоянными величины индекса атерогенности и коэффициента глюкоза/ХС ЛПВП; независимо от типа физических нагрузок и возраста у подростков мужского пола поддерживается содержание глюкозы, а у подростков женского пола поддерживается содержание триглицеридов, кальция, калия, активности АлАТ и КФК, величина ОЖСС и коэффициента КФК/АсАТ.

**Заключение.** Выявленные биохимические маркеры здоровья могут быть использованы для медицинского контроля протекания пубертатного периода, а также для выявления нарушений обмена веществ в организме спортсменов на этапах пубертатного периода жизни.

**Ключевые слова:** пубертатный период, биомаркеры, спорт, обмен веществ, гендерные отличия.

---

### Abstract

---

**Purpose.** A comparative analysis of the indicators of assessment of the state of metabolic processes in adolescents (including athletes) using laboratory tests traditionally used in medical institutions for physical activity.

**Materials and methods.** There were 430 female adolescents under observation, including 376 athletes and 54 teenagers, who made up the control group; and 900 male adolescents: 756 athletes and 144 representatives of the control group.

To characterize the metabolism in the body of the subjects, the definition of 24 "routine" laboratory tests and 7 coefficients was used.

**Results and discussion.** On the base of the obtained results, the following 6 groups of biochemical health markers were identified: 1) markers, the indicators of which do not change in the examined adolescents in the control groups, regardless of age and gender (atherogenic index, LDL cholesterol, alpha-amylase, iron, and glucose / HDL cholesterol coefficient); 2) markers, the indicators of which do not change in adolescents in the male control group (glucose, albumin, AcAT / AIAT ratio); 3) markers, the indicators of which do not change in female adolescents in the control group (urea, creatinine, total protein, albumin, HDL cholesterol, triglycerides, LDL cholesterol, AIAT, KFK, calcium, OZHSS, potassium, KFK / AsAT, Glu / Ch. LDL); 4) markers, the indicators of which do not change in the examined adolescent athletes, regardless of age and gender (atherogenic index, total protein, HDL cholesterol, glucose / HDL cholesterol and CPK / ALF ratios); 5) markers that do not change in the examined adolescents - male athletes (glucose, total bilirubin, OXC, LDL cholesterol and glucose / OXC coefficient); 6) markers, the indicators of which do not change in the examined adolescents – female athletes (creatinine, triglycerides, calcium, potassium, serum iron, ALAT, KFK, GGT, alpha-amylase, OZHSS, KFK / AsAT, glucose / HDL cholesterol and KFK / SHFF).

Regardless of the type of physical activity, age and gender, the values of the atherogenic index and the glucose / HDL cholesterol coefficient are constant; irrespective of the type of physical activity and age, the content of glucose is maintained in male adolescents, and the content of triglycerides, calcium, potassium, AIAT and KFK activity, the value of OGSS and KFK / AsAT coefficient are maintained in female adolescents.

**Conclusion.** The identified biochemical health markers can be used for medical monitoring of the course of puberty, as well as for detection of metabolic disorders in the body of athletes at the stages of puberty period.

**Keywords:** puberty, biomarkers, sports, metabolism, gender differences.

---

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Регулярные физические нагрузки являются важнейшим компонентом профилактики метаболического синдрома (инсулинорезистентности) и раннего развития «болезней цивилизации» (ожирение, артериальная гипертензия, атеросклероз, канцерогенез и др.). Однако до настоящего времени недостаточно изучено действие физических

нагрузок и их медико-биологическая эффективность в пубертатном периоде. В первом номере журнала «Метабономика» было подчеркнуто, что после расшифровки генома человека естественно возникла сложная задача установления связей фенотипа с генотипом [1]. С помощью физических нагрузок нельзя изменить генотип, но можно повлиять на признаки фенотипа, в том числе на обмен веществ. Индивидуальный анализ метаболитов в рамках метабомики проводился в течение десятилетий для выявления биомаркеров состояний здоровья и болезней, включая рутинные биохимические тесты. Их анализ показал, что в процессе полового созревания (пубертатного периода) происходит повышение в сыворотке крови уровней креатинина, общего холестерина, холестерина липопротеинов высокой плотности, триглицеридов, мочевой кислоты, мочевины, билирубина, а также снижение активности щелочной фосфатазы, лактатдегидрогеназы, аспаратаминотрансферазы и уровня кальция (после прекращения роста) [2]. Два года назад были обоснованы семь лабораторных панелей исследования биомаркеров в спорте [3]. В рамках данной статьи особый интерес представляет панель 1 – «Питание и метаболизм», которая предусматривает оценку метаболизма макронутриентов (глюкоза, HbA1C, триглицериды, свободные жирные кислоты, холестерол, липиды, общий белок, альбумин, глобулины, азот мочевины крови – BUN, аминокислоты) и метаболизма микронутриентов (витамины группы B, D, E, магний, железо, цинк, хром).

## ■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительный анализ ряда рутинных биомаркеров обмена веществ у подростков в периоде полового созревания в зависимости от возраста, пола и типа физических нагрузок.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Половое созревание (пубертатный период, пубертат) – процесс изменений в организме подростка, вследствие которых он становится взрослым и способным к продолжению рода. Термин «подростковый период» включает в себя пубертат и перекрывает его продолжительность. Согласно терминологии Фонда Организации Объединенных Наций в области народонаселения, к подросткам относят лиц в возрасте 10–19 лет (ранний подростковый возраст – 10–14 лет; поздний подростковый возраст – 15–19 лет). В настоящее время выделяют наиболее вероятные периоды пубертата: у девочек от 10–12 до 15–16 лет, у мальчиков от 12–14 до 17–18 лет [4].

Учитывая эти половозрастные характеристики пубертата, были сформированы 4 группы наблюдаемых подростков (9–11 лет у мальчиков и 7–11 лет у девочек; 12–15 лет; 16–18 лет и 19–20 лет). В каждой из групп выделяли по 2 подгруппы: 1) контрольная подгруппа формировалась из лиц, приступивших к занятиям спортом, но не получивших спортивной квалификации; 2) подгруппа – спортсмены – включала лиц, получивших спортивную квалификацию в результате систематических спортивных занятий. Следовательно, критерием включения в контрольную группу явились занятия физическими упражнениями, которые пока не привели к присуждению спортивной квалификации. Такой принцип

отбора снижает степень различий в физической активности обследуемых лиц случайной выборки, а также позволяет сформировать более адекватные контрольные группы для сравнения с группами спортсменов.

Под наблюдением находилось 430 подростков женского пола: 376 спортсменок и 54 подростка, составивших контрольную группу, и 900 подростков мужского пола (144 были представителями контрольной группы, 756 – спортсменами).

У всех обследуемых лиц оценивали индекс массы тела (ИМТ). В сыворотке крови определяли 24 рутинных биохимических маркера и 7 коэффициентов для характеристики обмена веществ испытуемых по методам, описанным ранее [5]. Содержание глюкозы, креатинина, мочевины, мочевой кислоты, общего холестерина (ОХС), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП), триглицеридов, холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП), кальция, калия, выражали в ммоль/л; содержание общего билирубина, прямого билирубина, общей железосвязывающей активности (ОЖСС), сывороточного железа выражали в мкмоль/л; содержание общего белка, альбумина и глобулинов выражали в г/л; активность аланинаминотрансферазы (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ), щелочной фосфатазы (ЩФ), креатинфосфокиназы (КФК), альфа-амилазы, гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ) выражали в МЕ/л; индекс атерогенности (ОХС-ХС ЛПВП / ХС ЛПВП) и отношения альбумин/глобулины (А/Г), АсАТ/АлАТ, КФК/АсАТ, глюкоза/ОХС (Глю/ОХС), глюкоза/ХС ЛПВП (Глю/ХС ЛПВП), КФК/ЩФ, глюкоза/ЛПНП (Глю/ЛПНП) выражали в безразмерных условных единицах.

Статистическую обработку цифрового материала производили методами непараметрической статистики (Statistica 10.0, StatSoft inc.). Множественное сравнение групп выполнялось с помощью критерия Краскела – Уоллиса. Если этот критерий показывал, что имеются различия между группами, то затем выполнялось попарное сравнение групп с помощью U-критерия Манна – Уитни. Различия принимались статистически значимыми при  $p < 0,05$ , при попарном сравнении учитывалась поправка Бонферрони ( $p < 0,01$ ). Результаты представлены в таблицах в виде медианы и процентилей (Ме (25%–75%)).

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе результатов обследования подростков мужского пола контрольных подгрупп установлено, что спектры биохимических показателей в 12–15 лет отличаются от таковых в возрасте 9–11 лет только по увеличению содержания общего билирубина, мочевой кислоты и активности АсАТ (табл. 1). В связи с этим из-за недостаточно полного биохимического обследования мальчиков в возрастном диапазоне 9–11 лет в качестве исходной группы сравнения была избрана подгруппа подростков в возрасте 12–15 лет. Установлены следующие важные изменения биохимических маркеров здоровья в пубертатном возрасте подростков контрольных подгрупп.

1. В возрастной подгруппе 12–15 лет выявлены наиболее низкие величины показателей ИМТ, содержания мочевины, креатинина, общего билирубина, общего белка, глобулинов, ОХС, ХС ЛПВП, триглицеридов, АлАТ, АсАТ, КФК, ГГТ, калия, а также величин отношений КФК

**Таблица 1**  
**Биохимические показатели сыворотки крови лиц мужского пола, приступивших к регулярным занятиям спортом**

Показатели	Возрастные группы			
	9–11 лет	12–15 лет	16–18 лет	19–20 лет
ИМТ	15,6 (14,9–17,0)	19,7 (18,5–20,9)*	22,3 (21,2–24,1)*, **	23,7 (22,5–25,7)*, **
Мочевина	4,10 (3,36–4,47)	4,10 (3,60–4,79)	4,60 (3,90–5,59)*, **	4,53 (4,00–6,00)
Креатинин	0,08 (0,07–0,09)	0,08 (0,08–0,09)	0,09 (0,08–0,10)	0,09 (0,08–0,11)*
Билирубин	12,0 (9,00–13,4)	13,4 (11,3–16,6)*	15,4 (12,6–18,6)*, **	15,1 (12,1–18,7)*
Мочевая кислота	0,25 (0,19–0,25)	0,29 (0,25–0,31)*	0,27 (0,25–0,31)	0,29 (0,28–0,35)*
Общий белок	72,0 (68,0–74,0)	71,0 (68,0–73,0)	73,0 (70,0–77,0)**	75,0 (71,0–77,0)**
Глобулины	29,0 (27,0–34,0)	26,0 (24,0–31,0)	31,0 (27,0–34,0)**	31,0 (30,0–34,0)**
ОХС	4,33 (3,53–5,10)	3,80 (3,42–4,50)	3,90 (3,50–4,30)	4,65 (3,80–5,33)**
ХС ЛПВП	–	1,18 (1,10–1,34)	1,27 (1,10–1,43)	1,37 (1,30–1,65)**
Триглицериды	0,95 (0,60–1,17)	0,60 (0,46–0,87)	0,80 (0,50–1,04)**	0,70 (0,51–0,89)
АлАТ	21,0 (18,0–25,0)	19,0 (15,9–23,0)	32,0 (20,0–41,0)*, **	27,0 (19,0–35,0)*, **
АсАТ	20,0 (19,0–26,0)	25,5 (22,0–32,0)*	38,0 (27,0–63,0)*, **	32,0 (28,5–39,5)*, **
ЩФ	416 (250–600)	204 (140–484)	356 (194–440)	171 (100–280)*, **
КФК	–	263 (182–376)	511 (346–1740)**	608 (463–943)**
Кальций	2,30 (2,30–2,50)	2,50 (2,30–2,56)	2,40 (2,32–2,50)**	2,43 (2,31–2,48)
ОЖСС	–	62,5 (54,7–67,0)	69,0 (55,0–69,5)	47,0 (42,5–53,0)**
Калий	3,75 (3,68–3,98)	4,10 (3,67–4,60)	4,80 (3,98–5,30)**	4,42 (4,00–4,97)**
ГГТ	13,0 (10,0–15,0)	13,0 (11,0–15,0)	14,0 (11,3–17,5)	18,0 (12,8–23,3)**
А/Г	1,44 (1,14–1,67)	1,70 (1,40–1,90)	1,40 (1,20–1,60)**	1,30 (1,30–1,67)**
КФК/АсАТ	–	10,0 (7,40–14,8)	15,1 (11,2–29,0)**	17,8 (13,6–23,8)**
Глю/ОХС	1,02 (0,89–1,19)	1,16 (1,04–1,39)	1,21 (1,10–1,43)*	1,09 (0,79–1,25)**
КФК/ЩФ	–	1,10 (0,50–2,20)	2,00 (1,20–5,20)**	3,90 (1,50–7,20)**
Глю/ХС ЛПНП	–	1,86 (1,60–2,30)	2,53 (2,05–2,89)**	2,14 (1,60–2,45)

Примечания: \*  $p < 0,05$  при сравнении с показателями мальчиков возрастной группы 9–11 лет; \*\*  $p < 0,05$  при сравнении с показателями подростков возрастной группы 12–15 лет. На протяжении пубертатного периода не изменялись показатели – содержание глюкозы, альбумина, ХС ЛПНП, сывороточного железа, активность альфа-амилазы, величины индекса атерогенности и значения коэффициентов АсАТ/АлАТ, Глю/ХС ЛПВП.

/АсАТ, КФК/ЩФ, Глю/ЛПНП. Можно полагать, что использование этих лабораторных тестов оценки состояния метаболизма позволяет установить как недостаточную зрелость, так и/или избыточную нагрузку на состояние обмена веществ, которая не может не сказаться на увеличении показателей лабораторных тестов.

- В связи с этим были выделены самые высокие величины содержания мочевины, общего билирубина, триглицеридов, ЛПНП, АлАТ, АсАТ, ЩФ, ОЖСС, калия в сыворотке крови и коэффициентов Глю/ОХС, Глю/ЛПНП показателей в возрастной подгруппе 16–18 лет. Эти показатели, по нашему мнению, могут быть расценены как биохимические маркеры свершившегося пубертата. По сравнению с группой мальчиков 9–11 лет в возрастном периоде 16–18 лет были повышены значения ИМТ и 5 биохимических показателей (содержание мочевины, общего билирубина, активности АлАТ и АсАТ и коэффициент Глю/ОХС). По сравнению с подгруппой подростков 12–15 лет

были повышены 12 (содержание мочевины, общего билирубина, общего белка, глобулинов, триглицеридов, калия; активность АлАТ, АсАТ, КФК; величины коэффициентов КФК/ЩФ и Глю/ХС ЛПНП) и снижены только 2 (содержание кальция и величина отношения А/Г) биохимических показателей.

3. Чтобы завершить оценку динамики изучавшихся показателей в процессе полового созревания юношей были выделены самые высокие показатели в возрастной подгруппе 19–20 лет: ИМТ, содержание креатинина, общего белка, ОХС, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, величина индекса атерогенности, активность КФК, альфа-амилазы, ГГТ и величины отношений КФК/АсАТ и КФК/ЩФ. Это показатели взрослого мужского организма, в рамках которого достигнуто оптимальное состояние липидтранспортной системы крови, состояние мембранных барьеров клеток и состояние костно-мышечной системы. По сравнению с подгруппой мальчиков возрастного периода 9–11 лет у обследованных юношей 19–20 лет повышены показатели 5 лабораторных тестов – определения содержания креатинина, общего билирубина, мочевой кислоты, активность АлАТ и АсАТ и снижена активность щелочной фосфатазы. Более полная биохимическая картина мужского пубертата получена при сравнении показателей подгруппы подростков 12–15 лет с аналогичными показателями юношей 19–20 лет: показано повышение 11 (содержание общего белка, глобулинов, ОХС, ХС ЛПВП, калия; активность АлАТ, АсАТ, КФК, ГГТ; величины коэффициентов КФК/АсАТ и КФК/ЩФ) и снижение 4 (содержание кальция, значений ОЖСС, значений коэффициентов А/Г и Глю/ОХС) показателей.
4. Проводимый анализ целесообразно завершить поиском тех показателей, которые в процессе пубертата должны уменьшиться. Поэтому были проанализированы самые высокие показатели в возрастной подгруппе 12–15 лет: содержание глюкозы, мочевой кислоты, альбумина, ЛПНП, сывороточного железа и величины коэффициентов А/Г, АсАТ/АлАТ, Глю/ЛПВП. По сути это биохимические маркеры несовершенства обмена веществ и его регуляции при вступлении в ранний пубертатный период.

У спортсменов возрастной группы 12–15 лет статистически достоверно повышены ИМТ, содержание мочевины, глобулинов, триглицеридов, калия, активность АсАТ, альфа-амилазы, активность ГГТ и величины отношения АсАТ/АлАТ, а также снижены содержание альбумина, кальция, ОЖСС и величины отношений А/Г, КФК/АсАТ. По сравнению с контрольной подгруппой повышены 8 и снижены 6 биохимических показателей. Установлено, что величины ряда показателей у спортсменов 12–15 лет приближаются к таковым у подростков контрольной подгруппы 16–18 лет: содержание мочевины, глобулинов, триглицеридов, калия, активности АсАТ, ГГТ и величины отношения А/Г. Это позволяет думать о том, что у спортсменов метаболические процессы в раннем пубертатном периоде восстанавливаются быстрее. Однако повышение активности альфа-амилазы и величины отношения АсАТ/АлАТ, снижение величины ОЖСС и величины отношения КФК/АсАТ может указывать на признаки напряжения процессов амиполитического распада углеводов, транспорта железа и избыточного

выхода АсАТ из мышечной ткани (вероятно, за счет снижения стабильности мембран мышечных клеток).

У спортсменов возрастной группы 16–18 лет по сравнению с контрольной подгруппой повышено содержание мочевины, мочевой кислоты и сывороточного железа, а также снижены активность АлАТ, АсАТ, ЩФ, КФК и величина отношения КФК/АсАТ. Из 9 количественно измененных биохимических показателей 4 повышено и 5 снижено. В этом возрастном периоде у спортсменов на передний план выходит тенденция к нормализации уровня мочевой кислоты и основных ферментативных показателей, прежде всего активности щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы. Описанные изменения сохраняются у спортсменов возрастной группы 19–20 лет, т. е. после завершения пубертатного периода. В этом возрастном периоде наблюдается только три статистически достоверных отличия в изучаемых биохимических показателях: повышение содержания сывороточного железа и снижение активности КФК и величины отношения КФК/АсАТ.

Итак, систематические занятия физическими упражнениями у спортсменов приводят к развитию адаптационных процессов, обеспечивающих поддержание состояния метаболизма в пределах нормы, в то время как у приступающих к занятиям физическими нагрузками наблюдаются нарушения обмена веществ и увеличение присутствия в сыворотке крови маркеров поражения костно-мышечной системы и состояния мембранных структур (контрольные подгруппы обследованных). Наибольшие нарушения обнаруживаются в раннем пубертатном периоде. Это ставит задачу контроля эффективности физических нагрузок не только с помощью тестов тренировочного процесса, но также посредством периодического анализа маркеров повреждения костно-мышечной системы и лабильности мембранных структур. Приведенные материалы не позволили констатировать на протяжении пубертатного периода нарушений транспорта липидов и снижения пула транспортных молекул энергетического обеспечения растущего организма подростков мужского пола – глюкозы и триглицеридов.

Зависимость величин биохимических маркеров от возраста обследуемых лиц женского пола представлена в табл. 2. Поскольку процесс полового созревания у девочек протекает примерно на 1–2 года раньше, чем у мальчиков, в таблице приведены данные, полученные при биохимическом исследовании девочек возрастной группы 7–11 лет.

1. Установлено, что в этом возрастном периоде у девочек контрольной подгруппы выявляются наиболее низкие величины показателей содержания мочевины, глобулинов, общего холестерина, триглицеридов, калия, активности АлАТ, АсАТ, альфа-амилазы, ГГТ в сыворотке крови, величины отношения АсАТ/АлАТ. По сравнению с подростками мужского пола у девочек в раннем пубертатном периоде найдены наиболее высокие величины ряда биохимических маркеров: содержание глюкозы, мочевой кислоты, альбумина, активности АлАТ и щелочной фосфатазы, а также величины отношений А/Г, Глю/ОХС. В последующем онтогенезе сниженные показатели должны увеличиться, а повышенные – уменьшиться.
2. В контрольной подгруппе подростков-девочек 12–15 лет установлено повышение трех (содержание глобулинов, активность АсАТ

Таблица 2

**Биохимические показатели сыворотки крови лиц женского пола, приступивших к регулярным занятиям спортом**

Показатели	Возрастные группы			
	7–11 лет	12–15 лет	16–18 лет	19–20 лет
ИМТ	17,2 (16,4–18,4)	16,7 (16,0–19,1)	20,8 (20,1–22,5)*, **	22,7 (21,6–25,2)*, **
Глюкоза	4,95 (4,55–5,17)	4,90 (4,76–5,10)	4,39 (4,10–4,75)*, **	4,40 (4,40–4,55)**
Билирубин	13,7 (10,8–16,8)	14,5 (10,8–16,6)	11,8 (10,6–13,0)**	10,2 (10,0–12,6)
Мочевая кислота	0,32 (0,28–0,32)	0,23 (0,18–0,28)*	0,25 (0,22–0,28)*	0,17 (0,17–0,21)*
Глобулины	25,5 (23,5–26,0)	30,0 (26,0–33,5)*	28,0 (27,5–28,5)	27,0 (24,0–31,5)
ОХС	4,07 (3,72–4,55)	4,20 (3,68–5,05)	5,04 (5,00–5,30)*	4,10 (4,10–4,33)
АсАТ	18,0 (15,7–19,5)	25,0 (21,2–27,7)*	22,0 (19,0–23,0)	26,5 (26,0–27,0)*
ЩФ	239 (200–876)	202 (150–396)	174 (112–196)*, **	132 (124–143)*, **
ГГТ	11,0 (10,7–12,0)	12,5 (10,0–15,0)	13,0 (10,7–19,1)	18,0 (12,5–23,7)*
А/Г	1,77 (1,68–1,93)	1,46 (1,28–1,65)*	1,50 (1,43–1,58)	1,56 (1,27–1,82)
АсАТ/АлАТ	0,84 (0,80–0,91)	1,90 (1,56–2,23)*	1,29 (1,19–1,39)*, **	1,52 (1,33–1,98)*
Глю/ОХС	1,15 (1,07–1,31)	1,12 (0,96–1,29)	0,86 (0,81–0,91)*, **	1,06 (1,05–1,07)
КФК/ЩФ	–	0,80 (0,40–1,18)	1,76 (1,36–2,80)**	1,49 (1,09–2,11)**

Примечания: \*  $p < 0,05$  при сравнении с показателями девочек возрастной группы 7–11 лет; \*\*  $p < 0,05$  при сравнении с показателями подростков возрастной группы 12–15 лет. На протяжении пубертатного периода не изменялись показатели – содержание мочевины, креатинина, общего белка, альбумина, ХС ЛПВП, триглицеридов, ХС ЛПНП, кальция, калия, сывороточного железа; активности АлАТ, КФК, альфа-амилазы; величины ОЖСС, индекса атерогенности и коэффициентов КФК/АсАТ, Глю/ХС ЛПВП, Глю/ХС ЛПНП.

и величина коэффициента АсАТ/АлАТ) и снижение двух (содержание мочевой кислоты и величина отношения А/Г) биохимических показателей. По всей видимости здесь представлены наиболее явные критерии женского пубертата.

- Этап завершения пубертатного периода может оцениваться по нормализации показателей в контрольных подгруппах девушек возрастных групп 7–11 и 16–18 лет (повышение содержания мочевой кислоты, ОХС и величины коэффициента КФК/ЩФ, а также снижение содержания глюкозы, активности ЩФ и величин коэффициентов АсАТ, АлАТ и Глю/ОХС) и возрастных групп 7–11 и 19–20 лет (повышение активности АсАТ, ГГТ и снижение содержания мочевой кислоты, активности ЩФ и коэффициента АсАТ/АлАТ).
- При сравнении более полных подгрупп девушек 12–15 лет и 16–18 лет установлено повышение коэффициента КФК/ЩФ и снижение содержания общего билирубина, активности ЩФ и величин коэффициентов АсАТ/АлАТ и Глю/ОХС; у девушек возрастной подгруппы 19–20 лет сохранились повышенные значения коэффициента КФК/ЩФ и были снижены содержание глюкозы и активность ЩФ.

У спортсменок-девочек возрастной группы 7–11 лет статистически достоверно повышены содержание глобулинов, активность АсАТ и величина отношения АсАТ/АлАТ, а также снижены содержание мочевины, креатинина, мочевой кислоты, альбуминов и величина отношения А/Г. Такие изменения свидетельствуют о некотором негативном эффекте систематических и интенсивных занятий спортом девочек в раннем



пубертатном периоде. В этом возрастном периоде необходим тщательный лабораторный контроль за основными биохимическими маркерами оценки состояния здоровья. У девушек-спортсменок возрастной группы 12–15 лет повышены по сравнению с контрольной подгруппой только два показателя – индекс массы тела и величина отношения Глю/ЛПНП. Величины 6 показателей в этом возрастном периоде были снижены: содержание глюкозы, альбуминов, ХС ЛПНП, активность щелочной фосфатазы, величины ОЖСС и отношения АсАТ/АлАТ. Эти данные, вероятно, демонстрируют биохимические признаки напряжения обмена веществ у спортсменок при завершении пубертатного периода. У спортсменок-девушек возрастного периода 16–18 лет завершена нормализация уровня мочевины и общего билирубина, снижено содержание ОХС и ХС ЛПНП, оставались повышенными активность АсАТ и величины отношений Глю/ОХС и Глю/ХС ЛПНП. По всей видимости, у спортсменок сформировались нормальные типы транспорта липидов и энергоемких молекул раньше, чем у девушек контрольной подгруппы. В возрастном периоде 19–20 лет завершено формирование соотношения биомаркеров обмена веществ, характерного для состояния здоровья женского организма, но у спортсменок ниже индекс массы тела по сравнению с девушками контрольной подгруппы.

## ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов выполненного исследования представляется возможным выделить 6 комплексов биохимических маркеров оценки состояния здоровья подростков в периоде пубертата. К таковым для суждения о метаболическом статусе лиц контрольной подгруппы следует отнести установленный нами перечень биохимических тестов (1), значения которых не претерпевают изменения независимо от возраста и пола: индекс атерогенности, ХС ЛПНП, альфа-амилаза, железо и коэффициент глюкоза/ХС ЛПВП.

В качестве маркеров, величины которых не изменяются у подростков контрольной подгруппы мужского пола (2), рекомендовали себя тесты определения глюкозы, альбумина, коэффициента АсАТ/АлАТ.

Маркерами, показатели которых поддерживаются на постоянном уровне у подростков контрольной подгруппы женского пола (3), являются тесты определения содержания мочевины, креатинина, общего белка, альбумина, ХС ЛПВП, триглицеридов, ХС ЛПНП, кальция, ОЖСС, калия, активности АлАТ, КФК, коэффициентов КФК/АсАТ, глюкоза/ХС ЛПНП.

К числу маркеров, уровни которых не изменяются у обследованных подростков-спортсменок независимо от возраста и пола (4), судя по результатам выполненных исследований, могут быть отнесены тесты определения индекса атерогенности, общего белка, ХС ЛПВП, коэффициентов глюкоза/ХС ЛПВП и КФК/ЩФ.

Маркерами, значения которых сохраняются на постоянном уровне у обследованных подростков – спортсменок мужского пола (5), являются содержание глюкозы, общего билирубина, ОХС, ХС ЛПНП и значения коэффициента глюкоза/ОХС.

Маркерами, показатели которых не изменяются у обследованных подростков-спортсменок женского пола (6), могут служить креатинин,

триглицериды, кальций, калий, сывороточное железо, активность АлАТ, КФК, ГГТ, альфа-амилаза, ОЖСС, коэффициенты КФК/АсАТ, глюкоза/ХС ЛПВП и КФК/ЩФ.

Независимо от типа физических нагрузок, возраста и пола поддерживаются постоянными величины индекса атерогенности и коэффициента глюкоза/ХС ЛПВП. Вне зависимости от типа физических нагрузок и возраста подростков мужского пола поддерживается содержание глюкозы, а у подростков женского пола – триглицеридов, кальция, калия, активности АлАТ и КФК, величина ОЖСС и коэффициента КФК/АсАТ.

«Неизменяемые показатели» отображают стабильные фундаментальные обменные процессы, необходимые для нормального течения пубертатного периода и ответа метаболических систем организма на физические нагрузки. Согласно приведенным данным, у подростков контрольной подгруппы женского пола в процессе полового развития поддерживается на постоянном уровне в 4,6 раза большее количество метаболитов – маркеров обмена веществ по сравнению с уровнем их содержания в сыворотке (плазме) крови подростков контрольной подгруппы мужского пола. Однако у подростков-спортсменок сохранялось на постоянном уровне только в 2,6 раза больше маркеров обмена веществ по сравнению подростками – спортсменами мужского пола.

Следовательно, характерные для гендерных различий особенности метаболизма определяют не только более раннее половое созревание у девушек контрольной подгруппы, но и более эффективное развитие адаптационных процессов у девушек-спортсменок. В то же время нельзя исключить возможности негативного влияния интенсивных физических нагрузок на обмен веществ в женском организме. Поэтому описанные биохимические маркеры оценки состояния здоровья могут быть использованы не только для медицинского контроля протекания пубертатного периода, но и для выявления нарушений обмена веществ в организме спортсменов на этапах пубертатного периода жизни.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

## ■ ЛИТЕРАТУРА

1. German J.B., Hammok B.D., Watkins S.M. (2005) Metabolomics: building on a century of biochemistry to guide human health. *Metabolomics*, vol. 1, no 1, pp. 3–9.
2. Adeli K., Higgins V., Nieuwesteeg M., Raizman J. (2015) Biochemical marker reference values across pediatric, adult, and geriatric ages: establishment of robust pediatric and adult reference intervals on the basis of the Canadian health measures survey. *Clinical Chemistry*, vol. 61, no 8, pp. 1049–1062.
3. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A. (2017) Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *J. Strength Cond. Res.*, vol. 31, no 10, pp. 2920–2937.
4. Solodkov A., Sologub E. (2005) *Fiziologiya cheloveka. Obschaya. Sportivnaya. Vozrastnaya* [General, sports, and age-related human physiology]. М.: Olimpiya-Press, 528 p. (in Russian)
5. Chirkin A., Stepanova N., Gurskaya A., Terev A. (2014) Aktivnost' kreatinkinazy v sivorotke krovi lits, zanimayuschihся sportom [Activity of creatine kinase in blood serum of persons involved in sports]. *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa*, no 3, pp. 47–55.

Поступила/Received: 01.07.2019  
Контакты/Contacts: chir@tut.by