

М. С. Алтани
Н. А. Степанова
А. А. Чиркин

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ В ПУБЕРТАТНОМ ВОЗРАСТЕ

**М. С. Алтани
Н. А. Степанова
А. А. Чиркин**

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ
В ПУБЕРТАТНОМ ВОЗРАСТЕ**

Монография

Чебоксары
Издательский дом «Среда»
2023

УДК 796
ББК 75
А52

Рецензенты:

д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры теории
и методики физической культуры и спортивной медицины
Витебского государственного университета им. П.М. Машерова

Эдуард Сергеевич Питкевич

д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры химии
Витебской государственной академии ветеринарной медицины

Валерий Михайлович Холод

Алтани М. С.

**А52 Обмен веществ и физические нагрузки в пубертатном возрасте :
монография / М. С. Алтани, Н. А. Степанова, А. А. Чиркин; под ред.
проф. А.А. Чиркина. – Чебоксары: Среда, 2023. – 148 с.**

ISBN 978-5-907688-19-3

В последние десятилетия проявилась тенденция к снижению возраста начала систематических занятий физическими упражнениями для более раннего достижения высоких спортивных результатов. В представляемой книге приведена информация об особенностях обмена веществ, выявленных на основе трех типов показателей – метаболиты и неорганические биорегуляторы, белки сыворотки крови и метаболические коэффициенты – у лиц, занимающихся спортом в пубертатном периоде жизни в зависимости от возраста, пола, спортивной квалификации и вида спорта. Материалы книги помогут тренеру и спортивному врачу и спортсмену пубертатного возраста оценить состояние здоровья и наметить пути его коррекции.

Книга предназначена для спортивных врачей, тренеров, студентов и научных работников – биохимиков, физиологов, спортивных медиков, а также может быть полезной для преподавателей медицинских и биологических специальностей и учителей средних учебных заведений, спортсменов-подростков и их родителей.

© Алтани М. С., 2023

© Степанова Н. А., 2023

© Чиркин А. А., 2023

© ИД «Среда», оформление, 2023

ISBN 978-5-907688-19-3

DOI 10.31483/a-10497

Оглавление

Список сокращений.....	4
Предисловие	6
Список использованной литературы к предисловию	7
Глава 1. Биохимические показатели сыворотки крови в оценке состояния здоровья при дозированных физических нагрузках.....	10
1.1. Характеристика пубертатного периода жизни.....	10
1.2. Физиолого-биохимические изменения в организме человека в пубертатном периоде	12
1.3. Физические нагрузки и адаптационные процессы.....	23
1.4. Генетические исследования в спорте.....	24
Список использованной литературы к главе 1	36
Глава 2. Действие спортивных дозированных физических нагрузок на возрастные особенности обмена веществ у лиц пубертатного возраста	43
2.1. Возрастные особенности биохимических показателей сыворотки крови подростков мужского пола контрольных групп.....	44
2.2. Возрастные особенности биохимических показателей сыворотки крови подростков женского пола контрольных групп	50
2.3. Гендерный анализ биохимических показателей сыворотки крови	63
Список использованной литературы к главе 2	70
Глава 3. Возрастные особенности обмена веществ у лиц пубертатного возраста в зависимости от достигнутой спортивной квалификации.....	72
Список использованной литературы к главе 3	102
Глава 4. Возрастные особенности обмена веществ у лиц пубертатного возраста в зависимости от вида спорта	103
Список использованной литературы к главе 4	122
Глава 5. развитие патологических процессов не травматической природы у спортсменов и практические рекомендации.....	124
5.1. Метаболический синдром как проявление инсулинорезистентности	124
5.2. Триада женщин-атлетов как проявление гипотрофии.....	132
5.3. Синдром RED-S	136
5.4. Практические рекомендации	139
Список использованной литературы к главе 5	145
Заключение	147

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АлАТ	– аланинаминотранфераза
А	– альбумин
АсАТ	– аспаргатаминотранфераза
БО	– билирубин общий
1–3 ВР	– 1–3 взрослые разряды
ГГТ	– гамма-глутамилтрансфераза
Г	– глобулины
Глю	– глюкоза
Д	– девушки
Д 12–15	– девушки 12–15 лет
Ед/л	– единиц международных на литр
ИА	– индекс атерогенности
ИМТ	– индекс массы тела
К	– контроль
КМС	– кандидат в мастера спорта
КФК	– креатинфосфокиназа (креатинкиназа)
ЛДГ	– лактатдегидрогеназа
МК	– мочева кислота
Мкмоль/л	– микромоль на литр
Ммоль/л	– миллимоль на литр
МС	– мастер спорта
ОБ	– общий белок
ОЖСС	– общая железосвязывающая способность сыворотки крови
ОХС	– общий холестерин (холестерол)
СДФН	– систематические дозированные физические нагрузки
СпЕ	– спортивные единоборства
СпИ	– спортивные игры
ССК	– степень спортивной квалификации
ТГ	– триглицериды (триацилглицеролы)

- ХС ЛПВП** – холестерин липопротеинов высокой плотности
ХС ЛПНП – холестерин липопротеинов низкой плотности
ЦВС – циклические виды спорта
ЩФ – щелочная фосфатаза
Ю – юноши
Ю 12–15 – юноши 12–15 лет
Ю 12–15, – юноши 12–15 лет, имеющие спортивные разряды
ЮР – юношеские разряды
ЯМР – ядерный магнитный резонанс

ПРЕДИСЛОВИЕ

Актуальной проблемой биохимических основ жизнедеятельности человека остается оценка молекулярных механизмов пубертатного периода жизни, когда на процессы роста и развития тканей, органов и организма в целом накладываются процессы полового созревания. В последние годы этой проблеме посвящены ряд многоцентровых исследований с использованием биохимических ручных и автоматизированных методов исследования: AACC – National Children Study в США, CALIPER study в Канаде, KiGGS-программа в Германии, NORICHILD Initiative в Скандинавии, HEL-ENA study в Европе, Aussie Normals в Австралии [12, с. 16–18]. Анализ таких исследований показал, что существуют региональные границы биохимических показателей у лиц пубертатного возраста. Так, согласно результатам программы CALIPER, у канадской популяции подростков в процессе пубертата закономерно снижаются в сыворотке крови содержание фосфата, а также активности ЩФ, ЛДГ и АсАТ, в то же время закономерно повышаются содержание креатинина, ОХС, ХС ЛПНП, ТГ, МК и мочевины [12]. Близкая возрастная динамика биохимических показателей сыворотки крови у лиц пубертатного возраста северо-восточного региона Беларуси была установлена пятью годами ранее [11]: обнаружено снижение активности ЩФ и активности АсАТ, а также повышение содержания билирубина, креатинина, МК, общего белка. В отчетах и публикациях по результатам аналогичных исследований указывается, что данные изменения отображают метаболические процессы, обеспечивающие рост и развитие опорно-двигательного аппарата, системы внутрисосудистого транспорта веществ, обеспечения исходными молекулами процесса образования стероидных гормонов, увеличения мощности эндогенных антиоксидантных систем. На основании этих биохимических исследований констатировано более раннее на 1–2 года половое созревание у девочек по сравнению с мальчиками.

В настоящее время такие исследования могут явиться платформой для поиска точных маркеров метаболизма в периоде полового созревания методами нецелевого (отбор маркеров из множества выявленных метаболитов и белков) и целевого (отбор маркеров из определенного биохимического процесса) профилирования биологических образцов и, прежде всего, сыворотки крови [15; 21; 24].

В рамках этой проблемы недостаточно изученными являются биохимические последствия привлечения детей и подростков к занятиям физической культурой и спортом с целью быстрого достижения высоких спортивных результатов. Если занятия физической культурой в рамках программ здорового образа жизни являются полезными [13; 14; 19; 20; 22; 23], то систематические физические нагрузки, близкие к предельным, накладываясь на возрастные изменения обмена веществ и его регуляции в процессе полового созревания, могут привести к нарушению и истощению биохимических механизмов адаптации [1; 3, с. 6–8; 10].

Многочисленные исследования с использованием отдельных биохимических показателей сыворотки крови позволяют судить о степени адекватности применяемых методов физической нагрузки, прежде всего для костно-мышечной системы [2; 5; 9]. Учитывая наличие возрастной, этнической и региональной вариабельности биохимических показателей в период полового созревания при систематических занятиях дозированными физическими нагрузками, целесообразно оценивать каждый биохимический показатель в зависимости от возраста, пола, массы тела, вида физических нагрузок (исходя из классификации видов спорта) и эффективности физических нагрузок (на основе официально достигнутой спортивной квалификации).

Данное исследование проводилось впервые в северо-восточном регионе Беларуси, где не было загрязнений в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции, в регионе, где формировались физиологические значения лабораторных тестов у населения Республики Беларусь [4; 11] и в регионе, который может быть контрольным (стандартным) по состоянию здоровья для белорусской нации.

Список использованной литературы к предисловию

1. Лопатина А.Б. Теоретические аспекты изменения биохимических показателей крови организма спортсменов как показатель адаптационных процессов / А.Б. Лопатина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – № 1. – С. 117–122.

2. Рыбина И.Л. Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам: дис. ... д-ра. биол. наук: 14.03.11 / И.Л. Рыбина. – М., 2016. – 200 л.

3. Рылова Н.В. Особенности энергообмена у юных спортсменов / Н.В. Рылова, А.А. Биктимирова // *Практическая медицина*. – 2013. – № 6 (75). – С. 30–34.

4. Степанова Н.А. Антропометрические и биохимические показатели спортсменов пубертатного возраста: монография / Н.А. Степанова, М.С. Алтани, А.А. Чиркина, А.А. Чиркин; под ред. проф. А.А. Чиркина. – Чебоксары: Среда, 2020. – 112 с.

5. Соколова Ф.М. Методические подходы к оценке биохимического, иммунологического и эндокринологического статуса организма спортсменов / Ф.М. Соколова // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. – 2014. – № 9 (115). – С. 145–147.

6. Степанова Н.А. Биохимический статус спортсменов в зависимости от типа энергетического обеспечения мышечной деятельности / Н.А. Степанова, Ю.В. Гапоненко, И.Н. Деркач // *Современные проблемы реабилитации и спортивной медицины: мат. Респ. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию кафедры мед. реабилитации УО «ГрГМУ», Гродно, 31 октяб. 2012 г.* / Л.А. Пирогова (отв. ред.). – Гродно: ГрГМУ, 2012. – С. 91–96.

7. Фудин Н.А. Медико-биологические технологии в физической культуре и спорте: монография // Н.А. Фудин, А.А. Хадарцев, В.А. Орлов; под ред. академика РАН А.И. Григорьева. – М.: Спорт, Человек, 2018. – 320 с.

8. Харитонова Л.Г. Технология мониторинга психофизиологического состояния организма юных спортсменов циклических и ациклических видов спорта / Л.Г. Харитонова, О.С. Антипова, Н.В. Павлова // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2014. – Т. 2. № 1. – С. 10–22.

9. Цыпленкова Е.С. Биохимический контроль в управлении функциональной подготовленностью квалифицированных легкоатлетов-прыгунов / Е.С. Цыпленкова // *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт*. – 2014. – № 1. – С. 177–181.

10. Чиркин А.А. Развитие метаболического синдрома у спортсменов / А.А. Чиркин, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // *Метаболический синдром: эксперимент, клиника, терапия: материалы III междунар. симп., Гродно, Республика Беларусь, 20–22 сент. 2017 г.*; редкол.: Л.И. Надольник (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ЮрСаПринт, 2017. – С. 85–93.

11. Чиркин А.А. Физиологические значения лабораторных тестов у населения Республики Беларусь / А.А. Чиркин [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2010. – 88 с.

12. Adeli K. 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 / K. Adeli, V. Higgins, M. Nieuwesteeg // *Clin. Chem*. – 2015. – Vol. 43. № 8. – P. 1049–1062.

13. Bell J.A. Associations of device-measured physical activity across adolescence with metabolic traits: Prospective cohort study / J.A. Bell, M. Hamer, R.C. Richmond // *PLoS Med.* – 2018. – Vol. 15. № 7. – P. 61–68.
14. Bessman S.P. Carpenter C. L. The creatine-creatine phosphate energy shuttle / S.P. Bessman // *Annu. Rev. Biochem.* – 1985. – Vol. 54. № 2. – P. 831–862.
15. Broeckling C.D. Large scale non-targeted metabolomic profiling of serum by ultra-performance liquid chromatography-mass spectrometry (UPLC-MS) / C.D. Broeckling, A.L. Heuberger, J.E. Prenni // *J. Vis. Exp.* – 2013. – Vol. 73. – P. 1–7.
16. Castro-Pinero J. Muscle strength-based tests to identify European adolescent at risk of metabolic syndrome: The HELENA study / J. Castro-Pinero, K.R. Laurson, E.G. Artero // *J. Sci. Med. Sport.* – 2019. – Vol. 22. № 8. – P. 929–934.
17. Cristi-Montero C. Cardiometabolic risk through an integrative classification combining physical activity and sedentary behavior in European adolescents: HELENA study / C. Cristi-Montero, P. Chillan, J. Labayen // *J. Sport Health Sci.* – 2019. – Vol. 8. № 2. – P. 55–62.
18. Karbasy K. Advances in pediatric reference intervals for biochemical markers / K. Karbasy, P. Ariadne, S. Gaglione // *J. Med. Biochem.* – 2015. – Vol. 34. № 6. – P. 23–30.
19. MacLaren D. *Biochemistry for sport and exercise metabolism* / D. MacLaren, J. Morton. – Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. – 269 p.
20. Muth N. D. *Sports nutrition for health professionals* / N.D. Muth. – Philadelphia: Davis Company, 2015. – 395 p.
21. Ribbenstedt A. Development, characterization and comparisons of targeted and non-targeted metabolomics methods / A. Ribbenstedt, H. Ziarrusta, J.P. Benskin // *PLoS One.* – 2018. – Vol. 13. № 11. – P. 1–18.
22. Thomas R.J. Exercise-induced biochemical changes and their potential influence on cancer: a scientific review / R.J. Thomas, S.A. Kenfield, A. Jimenez // *Br. J. Sports Med.* – 2017. – Vol. 51. № 8. – P. 640–644.
23. Tiidus P.M. *Biochemistry primer for exercise science* / P.M. Tiidus, A.R. Tupling, M.E. Houston. – Champaign: Human Kinetics, 2012. – 298 p.
24. Zheng F. Development of a plasma pseudotargeted metabolomics method based on ultra-high-performance liquid chromatography–mass spectrometry / F. Zheng, X. Zhao, Z. Zeng // *Nat. Protoc.* – 2020. – Vol. 15. – P. 2519–2537.

ГЛАВА 1. БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПРИ ДОЗИРОВАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

1.1. Характеристика пубертатного периода жизни

Понятие «пубертат» (синоним «пубертатный период») от латинского «pubertatis – половая зрелость» толкуется в словарях как период онтогенеза, в течение которого половые органы становятся репродуктивно активными, а также как «период полового созревания, характеризующийся бурным, неравномерным ростом и развитием организма» [51]. Часто используется в качестве синонима термин «подростковый период», придающий психосоциальный смысл; он включает в себя пубертат и перекрывает его продолжительность.

Наступление пубертатного периода человека определяется генетически, дополняется расовой национальной и социальной принадлежностью, местностью, характером питания [67]. Например, в Китае половое созревание начинается в среднем в возрасте 10,6 года для 95% мальчиков. Это раньше, чем у русских мальчиков, у которых начинается пубертатный период в среднем в возрасте 11,9 лет, но позже по сравнению с американскими мальчиками, у которых начало пубертатного возраста приходится на 9,8 лет [63]. В целом, возраст полового созревания снизился [64; 70]. Так, старт менархе снизился приблизительно с 17 лет в начале XIX века приблизительно до 13 лет в середине XX столетия. Подобные изменения были констатированы также в США. С 1960 года в Европе и США возраст менархе выровнялся и понизился незначительно [25].

Процесс полового развития может сопровождаться как преждевременным, так и поздним половым созреванием [36]. Задержку полового созревания вызывают различные причины, например, гипофизарная недостаточность [6], избыточная масса и ожирение [9; 15]. При этом высокий ИМТ в раннем и среднем детстве не связан с ранним началом полового созревания у мальчиков, однако у девочек разный ИМТ может быть показателем наступления раннего полового созревания [59]. Раннее половое созревание, зависящее от состояния нейро-эндокринной системы подростка, связано

с неблагоприятными последствиями для здоровья [61; 68]. Было показано, что дети, которые взрослеют рано, показывают лучшие результаты в образовательных достижениях по сравнению с детьми, созревающими поздно. Дети с задержкой половой зрелости страдают от снижения развития когнитивных навыков и трудностей в адаптации к происходящим переменам [52;74]. У девочек, вступивших в раннем возрасте в период полового созревания, чаще отмечались психические расстройства по сравнению с девушками, у которых половое созревание наступило вовремя; мальчики с задержкой в зрелости оказались более агрессивными, взрывными, и многие прибегали к наркотикам во время перехода к взрослой жизни [60].

Для формирования групп в целях изучения биохимических показателей сыворотки крови у спортсменов пубертатного возраста необходимо определить возрастные периоды. Общепринятой возрастной периодизации пубертатного периода не существует вследствие зависимости пубертата от страны, культурно-национальных особенностей и пола. 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 [67]. Решением комитета экспертов ВОЗ от 1977 года подростковый период ограничивается возрастом от 10 до 20 лет. При этом выделяют два подпериода – от 10 до 15 лет – собственно пубертатный период, когда идут интенсивные процессы полового созревания, от 16 до 20 лет – подпериод социального созревания [17]. В России в рамках детской психологии выделяются периоды с 11 до 13 лет – младший подростковый возраст, с 13 до 15 лет – средний подростковый возраст, с 15 до 17 лет – старший подростковый возраст. Советский психолог Д.Б. Эльконин разделял подростковый возраст на два периода младший (12–14 лет) и старший (ранняя юность 15–17 лет) [50].

В республике Беларусь, в соответствии с законодательством, к детям относятся лица в возрасте от рождения до 18 лет (до совершеннолетия), в том числе к малолетним детям – лица в возрасте до

14 лет, к молодежи относятся лица в возрасте 14–30 лет [28]. Половое созревание у девочек начинается в 10–11 лет, в 12–13 лет наступает менструация, процесс полового созревания заканчивается, в среднем в 13–18 лет. У мальчиков наличие сперматогенеза подтверждается гистологически в интервале 11–15 лет, половое созревание у них заканчивается в 15–20 лет [36].

В спорте существуют детские, юношеские и взрослые соревнования, однако возраст участия в них детей и молодежи очень зависят от вида спорта. В 2018 году предложена классификация возрастных периодов у спортсменов [29]. На взгляд авторов классификации, она позволит отделить прирост функциональной подготовленности вследствие естественного онтогенеза от тренировочных влияний. В основу классификации положен комплекс таких критериев, как способ и уровень адаптивных механизмов, дифференцировка мышечных волокон, чувствительный период развития физических качеств и степень биологической зрелости. Выделены первый спортивный возраст (3–6 лет), предпубертатный спортивный возраст (7–11 лет), первый пубертатный спортивный возраст (12–15 лет), второй пубертатный спортивный возраст (16–18 лет), возраст спортивной зрелости (19–35 лет) и постспортивный возраст (от 35 лет, границы индивидуальны).

С этой периодизацией спортивного возраста совпадает периодизация пубертатного периода в данном исследовании: пубертатный возраст рассматривается в соответствии с периодизацией детства в РБ – с 10 до 18 лет. Возрастной период 12–15 лет определяется как ранний подростковый возраст, 16–18 лет – как поздний подростковый возраст.

1.2. Физиолого-биохимические изменения в организме человека в пубертатном периоде

Физиологические изменения в организме человека в пубертатном периоде. Существует различные критерии возрастной периодизации. Для целей настоящего исследования в большей степени соответствует установление границ отдельных этапов в соответствии с физиологическими нормами реагирования растущего организма на воздействия факторов внешней среды. Выявлены «узловые точки», во время которых происходят существенные морфофункциональные преобразования, которые приводят к адаптивным перестройкам организма. В дошкольном возрасте – это от 3 до 6 лет,

в младшем школьном возрасте – от 7–8 к 9–10 годам. В подростковом возрасте качественные изменения деятельности физиологических систем приурочены к степени биологической зрелости (определенным стадиям полового созревания, а именно к II–III стадиям по шкале Таннера [5]).

Биологическим фактором подросткового возраста является половое созревание, т. е. пубертатный период, являющийся одним из значимых физиологических периодов в развитии человека от рождения до достижения взрослого состояния. С точки зрения механизма регуляции полового развития пубертат рассматривают как «процесс созревания гипоталамо-гипофизарной системы, при котором происходит развитие гонад с появлением вторичных половых признаков, становление физических и психологических процессов в организме ребенка, что определяет способность к репродукции» [4; 24; 35].

Инициация пубертата начинается при регулирующей функции гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси. Усиливается секреция гипофизом половых гормонов фоллитропина и лютропина, устанавливаются обратные связи в системе гипоталамус-гипофиз-гонады [4; 25; 36]. В начале подросткового возраста (12–13 лет) наблюдается отставание роста туловища, что влияет и на динамику роста других органов, например, замедляется рост сердца, тормозится прирост легочных объемов, что сказывается на кислородном обеспечении мышц. Происходит первая «пубертатная передифференцировка». Скелетные мышцы растут, но качественных изменений не происходит, однако энергетический обмен в клетках становится более напряженным, аэробные возможности ограничены, усиливается анаэробный (бескислородный) путь гликолиза, это ведет к накоплению молочной кислоты, что отрицательно сказывается на мышечной работоспособности подростков. У подростков, занимающихся спортом, такого ослабления работоспособности не происходит, так как адаптация к мышечной деятельности позволяет преодолевать этот сложный период [4]. В 13–14 лет происходит увеличение аэробных возможностей, торможение развития анаэробно-гликолитического механизма энергообеспечения, а в 14–15 лет отмечают резкое увеличение анаэробно-гликолитического процесса, развитие фосфагенного механизма.

На втором этапе пубертата наблюдается максимальный стероидогенез, происходит так называемый «пубертатный скачок роста», когда рост костей в длину становится преобладающим, отстают в росте мышцы и жировой компонент. Это объясняется активацией гормональной системы и выделением соматотропина, под действием которого увеличивается использование жировых депо для энергетических нужд. При этом количество жировых клеток не меняется, что при неправильном питании и гиподинамии может привести к избыточной массе тела. Обследование в России 11 000 подростков показало наличие избыточной массы у 11,8%, в том числе ожирения – у 2,3%, при этом оказалось, что во всех 10 крупных городах избыточная масса и ожирение чаще встречаются у мальчиков, чем у девочек. Поэтому целесообразно привлечение подростков к ведению здорового образа жизни, в том числе к занятию физической культурой и спортом [10; 69].

На этом этапе вместе с ростом тела наблюдают увеличение сердца и легочного объема, увеличение скорости снабжения кислородом тканей. Происходит вторая «пубертатная передифференцировка», когда все больше мышечных волокон переходят на аэробный метаболизм, растет число митохондрий в миоцитах, увеличивается активность окислительных ферментов. Глубокие перестройки, происходящие в сердечно-сосудистой системе, повышают риск появления вегетососудистых дистоний и подростковой гипертензии. К концу этого периода завершается пубертатный скачок роста, формируются белые волокна мышц с анаэробным механизмом обеспечения, обладающие мощным, но непродолжительным сократительным аппаратом. Таким образом, к концу пубертатного периода формируются окончательная структура мышц и энергообеспечение мышечной деятельности.

В целом, за пубертатный период прирост массы тела для подростков мужского пола составляет в среднем 35 кг с годовыми колебаниями прироста от 6 кг до 12,5 кг, а у подростков женского пола – 25 кг с годовыми колебаниями прироста от 5,5 кг до 10,5 кг. В периоде пубертата прирост длины тела у мальчиков составляет в среднем 36 см с годовыми колебаниями от 7 см до 12 см и замедляется к 14 годам, а у девочек на 2 года раньше (увеличение роста на 24,5 см с годовыми колебаниями от 6 см до 10,5 см). Однако плато роста мышечной массы и силы наступает у

мальчиков примерно на 2 года раньше по сравнению с девочками. Состав тела в период полового созревания является отображением метаболических изменений, следовательно, он несет информацию о текущем и будущем здоровье [69]. Физическое развитие, определяемое по антропометрическим данным, зависит от многих факторов генетического, природного, социального характера. Исследования белорусских ученых 2000 года [22] и 2013 года [23] показывают, что даже через одно десятилетие антропометрические данные детей изменились. У подростков-спортсменов на все факторы индивидуального развития накладываются физические нагрузки, специальное питание, стресс во время соревнований и пр., поэтому актуальным является выявление региональных особенностей физического развития спортсменов пубертатного возраста.

Таким образом, при спортивной подготовке подростков в периоде полового созревания необходимо учитывать нестабильность физиологических систем, характеризующихся их асинхронностью и дисгармоничностью [21].

Биохимические изменения в организме человека в пубертатном периоде. Незавершенность и становление гуморальных и нервных механизмов регуляции метаболических процессов обуславливает особенности обмена веществ в пубертатном периоде. Обменные биохимические процессы у детей подростков носят лабильный характер. На критических стадиях развития, каким, например, является первый этап пубертатного возраста, реакции метаболизма легко могут нарушаться на путях внутриклеточного синтеза и расщепления метаболитов, накопления конечных продуктов обмена и выделения их из организма [7; 16].

В пубертатном периоде наблюдается высокая интенсивность метаболизма, причем скорость анаболических процессов выше катаболических. Для растущего организма высока потребность в пластическом материале в связи с ростом массы тела и развитием органов, поэтому необходимо повышенное поступление белков. К 16 годам в организме человека увеличивается отношение мышечной массы к массе тела и достигает 44% (в 8 лет – 27%) [12]. Белок в организме выполняет и другие важные функции – ферментативную, сократительную, энергетическую, защитную. У детей обмен белков, аминокислот характеризуется высокой интенсивностью, за сутки обновляется 1 г/кг белка. Содержание общего белка у детей

от 8 до 14 лет – 58–76 г/л, у подростков старше 15 лет и взрослых – 65–85 г/л, а альбумина, соответственно, 38–52 г/л и 35–50 г/л. Для растущего организма важно не только количества белка, но его полноценность, т. е. содержание незаменимых аминокислот. О превышении анаболизма в период полового созревания свидетельствует положительный азотистый баланс – показатель белкового обмена. О дефиците белка судят по снижению альбумин-глобулинового коэффициента, а также по снижению мочевины и общего азота в моче. Общий трофологический статус у детей старше 12 лет можно оценивать также по показателю индекса массы тела (ИМТ). Нормальный ИМТ – 20–25 кг/м², пониженное питание – 19–20 кг/м², гипотрофия 1 степени – 17–19 кг/м², гипотрофия 2 степени – 15–17 кг/м², гипотрофия 3 степени – менее 15 кг/м², повышенное питание – 25–30 кг/м², ожирение 1 степени – 30–35 кг/м², ожирение 2 степени – 35–40 кг/м², ожирение 3 степени – более 40 кг/м². Необходимость такого мониторинга важна для спортсменов пубертатного периода как при недостатке, так и при избытке поступления белка. При физических скоростно-силовых нагрузках потребность в белках увеличивается. При повышенной белковой нагрузке у детей усвоение белка снижается, в организме накапливаются азотистые продукты (аминокислоты, аммиак), возникает ацидоз. Патология конечных стадий катаболизма белка может приводить к накоплению аммиака, мочевины, креатинина [19]. Поэтому белковый обмен оценивают также по остаточному азоту, куда входят свободные аминокислоты, мочевина, мочевая кислота, креатин, креатинин. В регуляции белкового обмена участвует нейро-эндокринная система и внутриклеточные биорегуляторы (витамины, транскрипционные факторы, ферменты).

Для растущего организма огромное значение имеют и углеводы, выполняющие энергетическую и пластическую функции. Быстрым источником энергии являются глюкоза и гликоген. У детей раннего возраста содержание глюкозы в крови равно 2,6–4,0 ммоль/л, к 14–16 годам содержание ее достигает величины взрослого – 3,9–6,1 ммоль/л. Во время полового созревания вследствие несовершенства нейро-эндокринной регуляции обмена веществ, может нарушаться углеводный обмен. У детей чаще, чем у взрослых, наблюдается гипогликемия. Для спортсменов пубертатного возраста поддержание уровня глюкозы важно, так как она является

срочным источником энергии, тогда как триглицериды являются пролонгированным источником энергии. Однако выяснилось, что при неизменном уровне глюкозы при наступлении пубертатного возраста у девушек наблюдалось резкое возрастание уровня инсулина и С-пептида. Максимальная концентрация инсулина натощак отмечалась в середине пубертатного периода (физиологическая инсулинорезистентность), затем уровень снижался, достигая препубертатных значений [48]. В этот период подросткам необходимо обеспечить здоровое питание и оптимальную физическую нагрузку для предотвращения развития патологической инсулинорезистентности.

Наряду с углеводами основным поставщиком энергии являются липиды. Липиды выполняют также структурные и защитно-механические функции, играют роль в механизме терморегуляции. Интегральным показателем, отражающим возрастные особенности у детей, является липидный спектр, его компоненты: ТГ, ОХС, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, ХС ЛПОНП, ИА. Количество общих липидов и большинства фракций в крови с возрастом увеличивается. Примером динамики показателей липидного профиля на отдельных этапах полового развития может быть результат исследования 569 мальчиков г. Архангельска, представленный в табл. 1.1. Из нее следует, что в позднем пубертатном возрасте (IV–V стадия по Таннер) по сравнению с ранним пубертатным возрастом средние значения показателей липидного профиля стабилизируются, что связано с завершением перестройки механизма нейроэндокринной регуляции метаболических процессов в организме. Тем не менее, в этом регионе у 35% обследуемых лиц отмечались отклонения от нормы липидного профиля.

Таблица 1.1

Средние показатели липидного спектра (ммоль/л) и индекса атерогенности ($M \pm m$) в соответствии со стадиями по Таннер [18]

Показатель	Стадии по Таннер			Все
	I	II–III	IV–V	
ОХС	5,39±0,10*	5,07±0,14*	4,49±0,12*	5,12±0,08
ТГ	1,19±0,04*	1,36±0,06*	1,22±0,05*	1,25±0,03
ХС ЛПВП	0,92±0,03*	0,86±0,04*	1,00±0,03*	0,99±0,02
ХС ЛПНП	3,99±0,10*	3,60±0,12*	2,93±0,11*	3,64±0,07
ИА	4,09±0,20*	4,90±0,20*	3,49±0,15*	4,17±0,11

*Примечание к таблице 1.1. * – при $p < 0,001$; достоверность различий между средними показателями на разных стадиях полового созревания оценивался с помощью однофакторного дисперсионного анализа.*

Нарушения липидного обмена наиболее резко проявляются в периоде полового созревания. Самое частое нарушение липидного обмена в детском возрасте – ожирение. В крови повышается концентрация общих липидов, ТГ, ОХС, ХС ЛПНП, снижается чувствительность жировой ткани к катехоламинам. В белорусской детской популяции избыточная масса тела колеблется от 6 до 19%, ожирение от 5 до 10 % в зависимости от возраста и места проживания ребенка. Детское ожирение является фактором риска сахарного диабета, репродуктивных нарушений, некоторых видов рака и др. Показатели липидного профиля при избыточной массе и ожирении весьма переменны. Так у пациентов пубертатного возраста с ожирением (г. Минск) наблюдалось повышение уровня ТГ, ХС ЛПОНП и ИА, снижение уровня ХС ЛПВП, не изменилось содержание ОХС и ХС ЛПНП по сравнению с мальчиками, не страдающими чрезмерным ожирением [38]. Ожирение способствует развитию метаболического синдрома у подростков, например, в России у 46 % подростков с ожирением выявляется метаболический синдром [26]. Физические нагрузки, занятия спортом в пубертатном периоде являются одним из условий уменьшения риска ожирения.

Энергозатраты у детей к 10–12 годам превышают уровень основного обмена взрослых на 5–10 %. Одним из условий нормального энергетического обмена является обеспечение оптимальных количеств и соотношения белков, жиров и углеводов пищи, т. е. 1:1:4.

Детский возраст характеризуется неустойчивостью водно-электролитного обмена в связи с относительной незрелостью нейро-эндокринной и почечной систем регуляции. С возрастом уменьшается относительное содержание воды в организме и распределение ее между внеклеточным и внутриклеточным водно-электролитным пространствами. Водный обмен связан с обменом липидов, но особенно с минеральными веществами. Самыми важными из них, особенно в период полового созревания являются кальций, фосфор, магний, железо, цинк и йод [33].

В биохимическом анализе крови стандартным является определение калия, кальция, сывороточного железа. Калий стимулирует

образование ацетилхолина и активирует аденозинтрифосфатазу, участвует в энергетическом и других видах обмена. Потребность в калии у детей выше, чем у взрослых, в среднем в сыворотке крови его содержится до 14 лет 3,7–5,4 ммоль/л, старше – 14 лет 4,5–5,4 ммоль/л. Недостаток калия тормозит анаболические процессы, в частности, обмен углеводов [12]. Кальций входит в состав костей, вместе с магнием он определяет нервно-мышечную возбудимость. Содержание кальция в сыворотке крови в раннем пубертатном периоде 2,5–2,8 ммоль/л, в позднем пубертатном возрасте и у взрослых оно равно 2,25–2,75 ммоль/л. Метаболизм кальция связан с фосфорным обменом. Пиковая костная масса на 30–40% нарастает в периоде полового созревания, причем прирост минеральной плотности костной ткани происходит в позднем пубертатном возрасте [55]. При изучении возрастных изменений биохимических маркеров ремоделирования костной ткани у детей 5–16 лет выявлена следующая возрастная динамика ЩФ: высокие значения активности ЩФ – в 6 и 10 лет, а ее костного изофермента – в 5 и 12 лет. После 14 лет отмечено снижение маркеров костного синтеза и резорбции [39]. ЩФ характеризуется высокой активностью в плазме крови подростков по сравнению с взрослыми, это увеличение было более заметным у мальчиков, чем у девочек [58]. Следует отметить, что умеренные физические нагрузки способствуют положительному протеканию метаболизма кальция и фосфора, а интенсивные – могут привести к нарушениям осанки, остеосинтеза и развитию остеопороза. В периоде полового созревания может наблюдаться дефицит железа. Так, железodefицитная анемия встречается у 20% женщин, а среди спортсменок еще больше [11; 12]. У подростков Европейского севера России имеется взаимосвязь между содержанием глюкозы, пирувата, фосфора, магния, меди и инсулина. Показано, что уровни содержания глюкозы, фосфора, магния с возрастом снижаются, а инсулина, пирувата, меди – повышаются [8]. Установлена связь образа жизни подростков с минеральным обменом [7].

На рис. 1 представлены четыре типа возрастной динамики биохимических показателей в сыворотке крови [53].

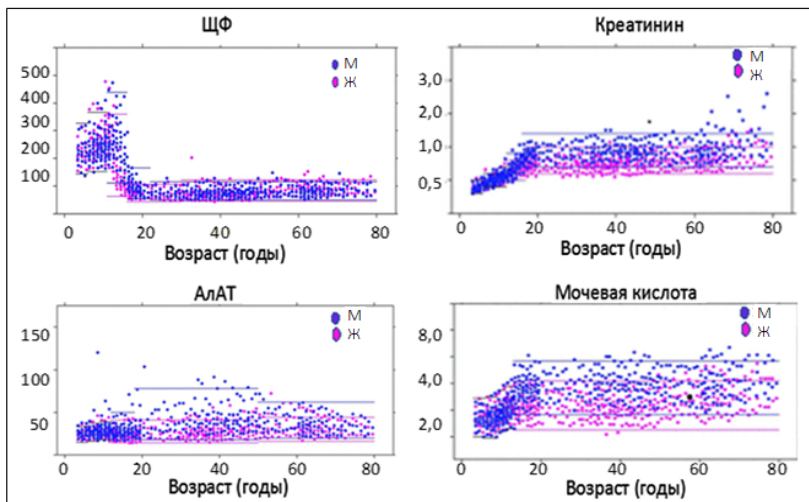


Рис. 1. Пример возрастных изменений некоторых биохимических показателей сыворотки крови

Активность АлАТ несколько возрастает в 35–45 лет, активность щелочной фосфатазы закономерно уменьшается в интервале 10–20 лет, содержание креатинина и мочевой кислоты закономерно увеличивается в интервале 5–20 лет. Близкая возрастная динамика биохимических показателей сыворотки крови у лиц пубертатного возраста северо-восточного региона Беларуси была опубликована пятью годами ранее [46].

В табл. 1.2 представлена динамика некоторых биохимических показателей сыворотки крови у подростков Белорусского Поозерья.

Таблица 1.2

Возрастная динамика биохимических показателей сыворотки крови у жителей северо-восточного региона Беларуси в период полового созревания [46]

Показатели	Возрастные интервалы, годы					
	<15		15–19		20–24	
	Мальчики	Девочки	Юноши	Девушки	Мужчины	Женщины
Мочевина	5,26±0,12	5,20±0,09	5,49±0,14	5,30±0,14	5,55±0,13	5,22±0,12
Билирубин	8,59±0,18	8,66±0,16	11,0±0,22 ¹	8,58±0,17	11,3±0,53 ¹	9,88±0,49 ²
Глюкоза	4,68±0,04	4,68±0,04	4,73±0,06	4,77±0,04	4,84±0,06 ¹	4,73±0,05
Креатинин	74,5±1,29	73,8±1,61	86,7±2,23 ¹	75,2±2,49	87,2±2,84 ¹	76,0±2,64
Белок	73,0±0,44	74,1±0,44	76,0±0,46 ¹	75,9±0,51 ²	76,9±0,54 ¹	75,3±0,66
МК	264±8,21	230±7,44	321±7,87 ¹	254±8,92 ²	334±6,81 ¹	266±7,18 ²
ОХС	4,32±0,04	4,44±0,04	4,09±0,04 ¹	4,37±0,05	4,52±0,05 ¹	4,53±0,05 ²
ХС ЛПВП	1,31±0,02	1,40±0,02	1,24±0,01 ¹	1,45±0,02	1,28±0,02	1,47±0,02 ²
ТГ	0,95±0,02	0,91±0,02	1,07±0,02 ¹	0,88±0,02	1,28±0,03 ¹	0,96±0,02
ХС ЛПНП	2,70±0,04	2,78±0,04	2,48±0,03 ¹	2,63±0,05 ²	2,81±0,04	2,75±0,05
ИА	2,44±0,05	2,26±0,04	2,41±0,04	2,08±0,05 ²	2,75±0,06 ¹	2,18±0,05
ГТТ	23,1±1,12	17,8±1,04	22,6±1,18	16,9±1,09	27,1±0,92 ¹	18,5±1,18
ЩФ	274±10,0	219±12,9	159±10,5 ¹	99,9±4,26 ²	95,0±4,43 ¹	76,7±1,98 ²
АсАТ	35,0±0,76	34,0±1,00	33,7±1,36	28,0±0,93 ²	37,2±1,66	29,4±1,19 ²
АлАТ	24,4±0,70	23,0±0,73	25,9±1,29	21,2±0,76	31,3±0,81 ₁	24,4±1,05

Примечания к таблице 1.2. 1. В каждой группе обследовано от 100 до 600 человек. 2. Мочевина – ммоль/л, билирубин общий – мкмоль/л, глюкоза – ммоль/л, креатинин – мкмоль/л, белок общий – г/л, мочевая кислота – мкмоль/л, ОХС – общий холестерол – ммоль/л, ХС ЛПВП – холестерол липопротеинов высокой плотности – ммоль/л, триглицериды – ммоль/л, ИА – индекс атерогенности (ОХС–ХС ЛПВП/ХС ЛПНП) – ед., ГГТ – гамма-глутамилтранспептидаза, ЩФ – щелочная фосфатаза, АсАТ – аспартат-аминотрансфераза и АлАТ – аланин-аминотрансфераза – МЕ/л. 3. ¹ – $P < 0,05$ при сравнении с показателями группы «мальчики»; ² – $P < 0,05$ при сравнении с показателями группы «девочки».

При половом созревании в сыворотке крови отмечено у подростков мужского пола увеличение содержания билирубина, креатинина, общего белка, МК и ТГ в периоде пубертата в возрасте 15–19 лет. Эти изменения сохраняются во взрослом состоянии и свидетельствуют о созревании систем биосинтеза транспортных белков, процессов распада эритроцитов и образования билирубина, укреплении системы эндогенных антиоксидантов и долгосрочных резервов энергии. В то же время у подростков мужского пола снижается в сыворотке крови содержание ОХС, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП, что указывает на интенсивное использование холестерина для синтеза стероидных гормонов и, прежде всего, половых. Кроме того, уменьшается активность циркулирующей ЩФ, связанная с завершением роста и развития скелета. У подростков женского пола в сыворотке крови в возрасте 15–19 лет увеличивается содержание в сыворотке крови только общего белка и МК, но снижены содержание ХС ЛПНП и величина ИА, а также активности ЩФ и АсАТ. По всей видимости, такие изменения означают, что половое созревание произошло раньше, но траты холестерина на синтез стероидных гормонов еще не компенсированы.

Таким образом, индивидуальный анализ метаболитов в рамках метабомики проводился в течение десятилетий для выявления биомаркеров состояний здоровья и болезней, включая рутинные биохимические тесты. К настоящему времени детально проанализирована динамика биохимических маркеров здоровья в периоде полового созревания подростков [53; 57; 72; 76].

Все вышеизложенное обосновывает необходимость детального анализа возрастных изменений биохимических показателей метаболизма в периоде полового созревания у подростков мужского и женского пола конкретного региона – северо-восточного региона Беларуси – под влиянием систематических, управляемых, дозированных, физических нагрузок различного вида и эффективности.

1.3. Физические нагрузки и адаптационные процессы

Систематические управляемые контролируемые дозируемые физические нагрузки применяют в особом виде деятельности – спортивной. Спортивная деятельность – это «целенаправленная внешняя и внутренняя активность человека, обусловленная специфическими мотивами и интересами, внутренним содержанием которой являются психо-физиологические процессы, а внешним проявлением – двигательные действия и операции» [37]. Сущность тренировочного процесса рассматривается с позиции адаптационной теории. При целенаправленном выполнении физических упражнений в сочетании с отдыхом и восстановлением организма достигается тренированность как мера приспособления организма к конкретной работе, которая выражается в работоспособности [49]. Во время физической нагрузки при совершении мышечной деятельности в организме происходят биохимические изменения, влекущие к сдвигу в гомеостазе, что в совокупности приводит к адаптации и определяет тренировочный эффект. Адаптация происходит на всех уровнях: молекулярном, клеточном, тканевом, системном и организменном. Биохимическую адаптацию рассматривают, как приспособление регуляторных механизмов к постоянно изменяющейся внутренней среде. При действии физических нагрузок изменяется большое количество биохимических показателей. Поэтому биохимические исследования входят в линейку комплекса медико-биологического контроля (мониторинга) подготовки спортсменов высокой квалификации [27].

В спортивную деятельность человек включается зачастую очень рано – в детстве или ранней юности. Современный спорт отличается околопредельными нагрузками, а в спорте высших достижений тренировочные и соревновательные нагрузки достигли уровня близкого к предельному. Таким образом, на индивидуальную программу развития детей и подростков налагаются физические

нагрузки, что может привести к процессу дезадаптации психо-физиологического состояния спортсменов на разных этапах онтогенеза [20; 30; 40; 53; 55].

Индивидуальная программа развития, а также наличие данных для занятия спортом определяются наследственностью, поэтому важны генетические исследования в спорте.

1.4. Генетические исследования в спорте

Успешная реализация многолетней международной программы «Геном человека» оказала большое влияние на фундаментальную и прикладную медико-биологическую науку. Генетика определяет важные составляющие спортивных успехов, такие как сила, мощность, выносливость, мышечный размер и состав волокна, гибкость, нервно-мышечная координация, темперамент и другие фенотипы. Таким образом, успехи спортсмена во многом определяются наследственностью, порядка 66% отличий между спортсменами объясняется генетическими факторами. Остальная разница объясняется факторами окружающей среды.

Одним из ключевых ферментов энергообеспечения мышечной деятельности является мышечная изоформа креатинфосфокиназы (КК-М), КФ 2.7.3.2. В клетках КК-М локализована в местах потребления энергии: входит в состав М-полосы поперечно-полосатых мышц, образуя вместе с миомезином М-мостики, соединяющие между собой миозиновые филаменты [73]. Белок находится на поверхности миозинового филамента в непосредственной близости от актомиозиновой АТФ-азы и играет роль в энергетическом обеспечении работающих миозиновых головок, поставляя им вновь синтезированную АТФ в процессе сокращения мышц. Локализованная на поверхности эндоплазматического ретикулума КК-М, регулируя поток ионов кальция во время фаз напряжения и расслабления, влияет на мощность мышечного сокращения. Помимо этого, КК-М вместе с митохондриальной изоформой креатинфосфокиназы участвует в транспорте образованной в результате окислительного фосфорилирования энергии к мышечным сократительным белкам (креатинфосфатный челнок) [71]. КК-М кодируется геном *СКММ* (OMIM: 123310), локализованным в 19 хромосоме (19q13.2-13.3). Была сформулирована гипотеза, согласно которой полиморфизмы в генах *AMPD1* (мышечные изоформы аденозинмо-

нофосфатдезаминазы (АМФД-М), *СКММ* (мышечная форма креатинфосфокиназы), *G6PC2* (каталитическая субъединица глюкозо-6-фосфатазы 2 типа) и *MCT1* (белок-транспортер монокарбоновых кислот 1 типа) человека могут быть генетическими маркерами, детерминирующими предрасположенность к выполнению мышечной деятельности различной метаболической направленности. Оказалось, что полиморфизмы изученных генов ассоциируются с двигательной деятельностью человека. Полученная информация позволяет определить предрасположенность человека к тем или иным видам спортивной деятельности, но она не может служить основанием для заключений о состоянии здоровья спортсмена [54].

В последние годы установлены признаки влияния физической активности на предрасположенность к ожирению, формированию гипертрофии левого желудочка сердца. Ведутся исследования в области изыскания полиморфизма генов важных для спорта ферментов. В центре внимания исследователей на протяжении трети столетия остается роль ферментативной системы КФК в спорте. Выявлена высокая степень взаимосвязи генов серотонинергической, дофаминергической, норадренергической, адренергической систем, регулирующих поведенческие и эмоциональные реакции, с показателями работоспособности как аэробной, так и анаэробной, что в значительной мере, вероятно, обусловлено высокой эмоциональностью и динамичностью как соревновательной, так и тренировочной деятельности [14].

Исследовано влияние гипоксии на экспрессию генов *HIF1A*, *MTHFR* и *UCP2*, ответственных за физическую работоспособность спортсмена. Установлено достоверное увеличение среднего уровня мРНК генов *MTHFR* и *UCP2* и снижение активности гена *HIF1A* у спортсменов в ответ на интервальные гипоксические тренировки (при этом обнаружены индивидуальные различия). Активность гена *UCP2* у атлетов, имеющих разные варианты полиморфизма этого гена, различается: у обладателей генотипа *Val/Val* гена *UCP2* показаны более высокие значения экспрессии гена по сравнению с носителями генотипов *Val/Ala* и *Ala/Ala*. Анализ активности генов позволяет контролировать реакцию атлета на физическую нагрузку и своевременно корректировать программу тренировок [13; 77]. Наибольший интерес в спортивной медицине вызывают гены рецепторов пролиферации пероксисом (*PPAR*). Эти

рецепторы функционируют как внутриклеточные транскрипционные факторы, которые регулируют экспрессию генов в ответ на липофильные молекулы. Они относятся к суперсемейству ядерных рецепторов гормонов. Функции PPAR в организме значительно шире стимуляции пролиферации пероксисом, поскольку они контролируют обмен углеводов, жиров и белков, а также процессы клеточной дифференцировки, влияют на репродуктивное развитие, детоксикацию веществ экзогенного происхождения, являются молекулярными мишенями для фармакологической коррекции метаболического синдрома и сахарного диабета 2-го типа. Известны три изоформы PPAR: PPAR α (NR1C1), PPAR β/δ (NR1C2) и PPAR γ (NR1C3). PPAR регулируют транскрипцию генов-мишеней в составе гетеродимерного комплекса с RXR (NR2B), который также относится к суперсемейству ядерных рецепторов гормонов. Агонистом RXR является 9-цис-ретиноевая кислота. Гетеродимеры PPAR/RXR в отсутствие лиганда связаны с корепрессорами, такими как SMRT, NCoR, RIP140, а также гистоновым и деацетилазами (HDAC1, HDAC3, SIRT1), ферментами, модифицирующими хроматин и подавляющими транскрипцию. После связывания с лигандами PPAR претерпевают конформационные изменения, приводящие к диссоциации белков-корепрессоров, способствующей согласованному присоединению белков-коактиваторов (p300, PGC-1 α , PGC-2, SRC-1/2/3, TRIP3, Tip60, CBP, BAF60c, BFE и др.). Через независимый от связывания с ДНК механизм PPAR подавляет активность таких транскрипционных факторов, как NF- κ B, AP-1, STATs, а также NFAT. Количество и распространение эндогенных лигандов PPAR изменяется в результате большого числа физиологических и патологических явлений, а именно, при физических нагрузках, голодании, гиперлипидемии, гипертензии, диабете и др. Транскрипционные факторы PPAR воздействуют на энергетический обмен через активацию генов-мишеней в метаболически активных тканях. Активация PPAR важна для метаболизма жирных кислот путем индукции генов, кодирующих транспортер жирных кислот – CD36 и FABP, который переносит жирные кислоты от плазматической мембраны в ядро клетки. Другой ген-мишень PPAR – *CPT1*, кодирует белок, необходимый для переноса жирных кислот внутрь митохондрий. Активация PPAR ведет к увеличению

синтеза жирных кислот, воздействуя на экспрессию генов, кодирующих ферменты липогенеза; регулирует синтез и сборку липопротеинов; поддерживает активность липопротеинлипазы и активирует 7α -холестеролэстеразу; усиливает кетогенез и регулирует глюконеогенез. Лиганды PPAR регулируют экспрессию генов, усиливающих метаболизм глюкозы в адипоцитах, включая инсулин-чувствительные транспортеры глюкозы. Транскрипционные факторы PPAR участвуют в процессах клеточной пролиферации и дифференцировки, а также регулируют массу мышц и их работоспособность. Доказано, что все три изоформы PPAR играют важную роль в защите от апоптоза, вызванного окислительным стрессом. Таким образом транскрипционные факторы PPAR могут определять особенности обмена веществ у спортсменов в периоде полового созревания, о чем можно судить по биохимическим констелляциям сыворотки крови [1–3].

Итак, генетические маркеры, позволяющие прогнозировать развитие физических качеств человека, важны для отбора в спорт детей и подростков. Обычно используют данные об экспрессии генов, участвующих в двигательной функции, работе сердечно-сосудистой системы, выносливости и др. В первом десятилетии XXI века были проведены фундаментальные исследования, показавшие, что из 20–30 тысяч генов человека около 300 генов тесно связаны с различными видами двигательной активности, т. е. их причислили к «спортивным генам». К ним были отнесены гены сердечно-сосудистой системы, свертывания крови, метаболизма и энергетического обмена, особенностей строения поперечно-полосатых мышц, нейромедиаторов и др. Было констатировано, что полиморфизм генов лежит в основе соответствия обмена веществ к оптимально подобранному генотипу спортсмена, позволяющему добиваться успехов в спорте высоких достижений. Это соответствие следует определять как можно раньше у детей.

На основе генетического анализа в настоящее время возможна оценка состава мышечных волокон: маркеры медленных мышечных волокон гены – *HIF1A* Pro5S2, *PPARA* rs4253778 G, *PPARD* rs2016520 C и *PPARG* Prol2 аллели; маркеры быстрых мышечных волокон гены – *HIF1A* 582Ser, *PPARA* rs4253778 C, *PPARD* rs2016520 T и *PPARG* 12A1a аллели. Возможны:

1) оценка потенциала в развитии аэробной и мышечной работоспособности (маркеры гены – *HIF1A* P582, *NFATC4* Gly160, *PPARA*

TS4253778 G, *PPARD* rs2016520 C, *PPARG* C1AGly482, *PPARG* C1B 203Pro, *PPP3R1* 5I, *TFAM* 12Thr, *UCP2* 55Val, *UCP3* rs1800849 T и *VEGFA* rs2010963 C аллели);

2) оценка скоростно-силовых возможностей (маркеры гены – *HIF1A* 582Ser, *PPARA* rs4253778 C, *PPARD* rs2016520 T, *PPARG* 12Ala, *PPARG* C1A 482Ser, *PPARG* C1B203Pro и *UCP2* 55Val аллели). У детей возможна прогностическая оценка длины тела (маркеры гены – *PPARG* C1A 482Ser и *PPARG* 12Ala аллели), мышечной массы (маркеры – *HIF1A* 582Ser, *PPARD* rs2016520 T, *PPARG* C1A 482Ser, *PPP3R1* 5D, *UCP2* 55Val и *VEGFA* rs 2010963 C аллели). У спортсменов доступна оценка риска развития ГМЛЖ – гипертрофии мышцы левого желудочка (маркеры – *NFATC4* 160A1a, *PPARA* C, *PPARD* C, *PPARG* C1B 203A1a, *PPP3R1* 5D, *TFAM* Stx11, *VEG-FA*G [2; 3; 43].

1.5. Биохимические лабораторные исследования сыворотки крови при дозированных физических нагрузках

Физическая активность – неперемное условие существования человека, его здоровья и творческого долголетия. Физические нагрузки должны быть адекватными, т. е. должны соответствовать функциональным возможностям организма. Превышение адекватного объема и интенсивности двигательной деятельности истощает нервную систему, нарушает нейро-гуморальную регуляцию функций, вызывает патологические изменения в органах и тканях, снижает устойчивость организма к действию неблагоприятных факторов окружающей среды. Поэтому изучение возможных границ функциональных возможностей организма является актуальным в современном мире при увеличении климатических, биологических, политических, экологических, психологических опасностей.

Идеальной моделью для изучения функциональных возможностей организма является спорт. При физических нагрузках разной эффективности и разного вида, реализуемых в спорте, требуется мониторинг здоровья, а также оценка состояния метаболизма, адекватности приложенных нагрузок и своевременной коррекции. Успехи современного спортсмена зависят от взаимодействия лица, занимающегося спортом, его тренера и спортивного врача. Донозологическая диагностика при обследовании спортсмена необходима для управления тренировочным процессом и своевременной

его коррекции. В последние годы управление процессом подготовки спортсмена все больше уходит на молекулярный уровень.

Многочисленные исследования в биохимии спорта ведутся по различным направлениям. Одно из направлений посвящено изучению метаболических изменений как биохимических отзвонков на отдельные показатели тренировки, такие как выносливость, работоспособность, длительность, интенсивность, степень усталости, степень восстановления и пр. Все эти показатели тренировки изучаются в зависимости от возраста, пола, степени спортивной квалификации, вида спорта спортсмена, места и условий его тренировки и соревнования, на различных этапах тренировочного процесса и этапов соревновательной деятельности. Еще одно направление – изучение биохимических изменений у спортсменов-подростков в зависимости от спортивного мастерства и определенных групп видов спорта. Оценивались изменения биохимических показателей при выполнении различных видов физических упражнений.

Для мониторинга подготовки спортсменов осуществляется поиск оптимальных наборов биохимических показателей. В 2017 году был опубликован анализ биохимических биомаркеров, рекомендуемых для объективной оценки питания и метаболического здоровья, состояния гидратации, целостности мышц, выносливости, риска травм и развития воспаления [62]. Были обоснованы семь лабораторных панелей исследования биомаркеров в спорте. Панель 1 – «Питание и метаболизм» включает 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). Панель 2 – «Статус гидратации» (масса тела; осмоляльность плазмы / сыворотки, мочи, слюны, слез; натрий сыворотки, BUN / креатинин крови; аргинин вазопрессин, копептин, специфическая плотность мочи, цвет мочи, наличие жажды). Панель 3 – «Статус мышц» (эндокринный ответ – тестостерон, IGF-1, SHBG-глобулин, связывающий половые гормоны, лютропин, кортизол; аминокислоты – триптофан, глутамин, глутамин / глутамат; повреждение мышц – креатинкиназа, миоглобин, BUN). Панель 4 – «Кардиоваскулярная выносливость» (ферритин сыворотки, ОЖСС – TIBS, общая концентрация железа, трансферрин и его

насыщение, растворимый рецептор трансферрина, гемоглобин). Панель 5 – «Риск повреждения» (нейронспецифическая энолаза, белок S-100B, минеральная плотность костей, C-реактивный протеин, цитокины, IGF-1). Панель 6 – «Воспаление» (общий анализ крови – CBC/diff, моноцитарный хемоаттрактантный белок – MCP-1, CCL2, растворимая молекула внеклеточной адгезии – sICAM-1, растворимый CD-40 лиганд, IL-1 β , IL-6, IL-8, IL-10, IL-12p40, реактанты острой фазы). Панель 7 – «Аллергены пищи» – IgE.

Глюкоза рассматривается как важнейший метаболит, предназначенный исключительно для снабжения клеток энергией. Уровни циркулирующей глюкозы во время упражнений зависят от энергетического статуса, приема пищи, интенсивности упражнений и уровня накопления гликогена. При систематических физических нагрузках, как правило, обнаруживается более низкий уровень глюкозы в крови натощак. Липиды используются в качестве основного источника энергии при длительных физических нагрузках и низкой доступности глюкозы, что сопровождается снижением уровней общего холестерина и триглицеридов в покое. Успешность физических нагрузок связана с состоянием показателей обмена белков. Для оценки обмена белков рекомендуются комбинация биомаркеров, включающая общий белок, альбумин, глобулины, мочевины и свободные аминокислоты. Альбумин связан с концентрацией человеческого гормона роста в крови, что делает актуальным его анализ у подростков, занимающихся физическими упражнениями. При отсутствии заболевания низкий уровень белка в крови, низкий уровень альбумина и повышенный уровень мочевины могут свидетельствовать о недостаточном белковом питании. Неорганические биорегуляторы кальция, железа и ОЖСС характеризуют уровень возрастного развития подростка, необходимы для физической работоспособности и формирования скелета. Приступающие к занятиям спортом лица женского пола в 5–10 раз чаще, чем лица мужского пола, рискуют получить переломы костей. Активность креатинфосфокиназы и уровни мочевины важны для характеристики микрповреждений мышц, связанных с интенсивными физическими нагрузками. Использование перечисленных биохимических показателей важно для постоянного контроля за состоянием обмена веществ у лиц, занимающихся физическими нагрузками в норме [56].

В настоящее время возрастает необходимость оценки состояния эндогенных антиоксидантов при воздействии на организм интенсивных физических упражнений. Известно, что в случае избыточного разрушения макромолекул через механизмы окислительного стресса (при действии ионизирующего излучения, солей тяжелых металлов, физических нагрузках, повреждениях мембранных структур и др.) увеличивается концентрация их метаболитов, обладающих антиоксидантными свойствами (билирубин при распаде гемоглобина, аминокислоты и пептиды при распаде белков, мочевиная кислота при распаде пуриновых нуклеотидов нуклеиновых кислот, билирубин при распаде гема). Можно предположить наличие эволюционно закрепленного механизма защиты от патологических процессов (по крайней мере, на ранних стадиях их развития) путем первичного накопления эндогенных антиоксидантов при окислительной дегградации биополимеров. Так, в 2007 году было описано антиоксидантное действие гемолимфы куколок дубового шелкопряда, которая формируется при распаде тканей и клеток личинки дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi* G.-V.): ингибирование пероксидазной и галогенирующей активности миелопероксидазы нейтрофилов (МПО), перехват гипохлорита и пероксинитрита, ингибирование процессов формирования активных кислородных метаболитов нейтрофилами вследствие прямого ингибирования МПО-зависимых окислительных реакций и за счет снижения секреции МПО из нейтрофилов в среду. Установлено также, что действие нативного содержимого куколок дубового шелкопряда частично зависит от функционирования в нейтрофилах 5-липоксигеназных и фосфатидилинозитол-3-киназных внутриклеточных сигнальных путей и не является результатом некроза клеток.

Эндогенные антиоксиданты формируются из: поступающих с пищей молекул, обладающих способностью обезвреживать АМК (витамины С, А, Е, бета-каротин, липоевая кислота, ликопин); молекул обмена веществ (белки, пептиды, кофакторы ферментов и др.); продуктов распада макромолекул при окислительном стрессе (мочевая кислота, билирубин); индукторов экспрессии генов антиоксидантных ферментов (*Erythroid 2 C-45*, *Nrf1*, *Nrf2*, *Keap-1*, *TRX1* и других факторов). К эндогенным антиоксидантам относятся ферменты: супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза, па-

раоксоназа, глутатион-S-трансфераза, глутатионредуктаза, гемоксигеназа, тиоредоксинредуктаза, альдегиддегидрогеназы, 8-оксогуанингликозидаза, пероксиредоксины, низкомолекулярные биорегуляторы: глутатион, липоевая кислота, билирубин, мелатонин, кофермент Q, мочева кислота, N-ацетилцистеин, свободные аминокислоты, НАДН, НАДФН, металл-связывающие белки: ферритин (Fe), миоглобин (Fe), лактоферрин (Fe), металлотионеин (Cu), трансферрин (Fe), церулоплазмин (Cu), а также некоторые транспортные белки: альбумины (Cu), липопротейны высокой плотности (параоксоназа) [41; 42; 44; 45; 47].

При оценке особенностей обмена веществ у спортсменов пубертатного возраста возникает проблема интерпретации биохимических показателей сыворотки крови в соотношении их с референтными значениями. Например, можно было бы использовать физиологические значения лабораторных тестов у населения Республики Беларусь, установленные при обследовании практически здорового населения северо-восточного региона страны [57]. Однако, простой перенос референтных интервалов, полученных при обследовании практически здоровых людей, на спортсменов невозможен, так как не может адекватным образом отражать процессы в тренированном организме. Поэтому необходим поиск границ изменения показателей обмена веществ для различных групп спортсменов. В настоящее время такие физиологические границы изменения клинико-лабораторных показателей разработаны только для профессиональных спортсменов – мастеров спорта и мастеров спорта международного класса – в возрасте 20–29 лет циклических видов спорта. Они касаются активности КФК, АсАТ, АлАТ, а также выявлена достоверная зависимость содержания мочевины, ТГ и глюкозы от вида спорта и пола. При интерпретации биохимических показателей исследователи указывают на трудность проведения грани между патологическими изменениями организма и положительными приспособительными его реакциями на большие нагрузки [31; 32].

Анализом всей совокупности (профиля) низкомолекулярных веществ (метаболитов) биологических объектов занимается метабомика – самая молодая «омикная наука». Метаболические профили являются молекулярным фенотипом живых систем и отражают информацию, заложенную на геномном и реализованную на

транскриптомном и протеомном уровнях. Анализ метаболомного профиля сыворотки крови позволяет учесть влияние как внутренних (эндогенных), так и внешних (экзогенных) факторов, воздействующих на организм, что делает его «универсальным и перспективным» в плане клинического применения. Метаболомное профилирование является новым и «весьма перспективным направлением», дающим возможность поиска новых маркеров, ассоциированных с риском развития патологических состояний. Метаболомика изучает профили низкомолекулярных метаболитов ($M.м. \leq 1,5$ кДа) в биологическом объекте, являющихся промежуточными или конечными продуктами обмена веществ, для исследования которых на протяжении последних лет широко применяли хроматографические и электрофоретические методы, ЯМР и др. В одном из первых руководств «Large Scale Non-targeted Metabolomic Profiling of Serum» указано, что метаболомный анализ осуществляют с помощью постоянно модифицируемых аналитических платформ, таких как ЯМР и газовая и / или жидкостная хроматография в сочетании с масс-спектрометрией. Исследования по метаболомике можно проводить целенаправленно или нецеленаправленно, либо сочетать и то, и другое. Целевой метаболомный анализ включает направленный анализ группы молекул, важных для конкретного биохимического процесса (например, небольшие молекулы, участвующие в цикле трикарбоновых кислот, что позволяет точно количественно оценить этот путь). В этой ситуации биологическая гипотеза диктует выбор метаболитов, которые будут нацелены на анализ, и этапы анализа оптимизированы для обнаружения этих молекул. В качестве альтернативы используется нецелевой метаболомный анализ. В этом случае анализируют как можно больше метаболитов из разных биохимических превращений. Результаты нецелевого эксперимента часто служат исходным пунктом для целевого профилирования сыворотки крови.

Усовершенствования инструментальных технологий и достижения в области биоинформатики предоставили возможность проводить нецелевую метаболомику в крупных проспективных эпидемиологических исследованиях с тысячами людей и сотнями измененных фенотипов. Однако, частично из-за высокой стоимости и сложности обработки данных только несколько эпидемиологических исследований подверглись крупномасштабному метаболомному профилированию. Так, П. Вюрц и его коллеги использовали

ядерный магнитный резонанс, чтобы профилировать более 13 000 человек и идентифицировать четыре новых биомаркера сердечно-сосудистых заболеваний [75]. Исследования на основе метаболомики проводятся и в целях выявления метаболитов, связанных с физической активностью. В первом номере журнала «Метаболомика» было подчеркнуто, что после расшифровки генома человека естественно возникла сложная задача установления связей фенотипа с генотипом. С помощью физических нагрузок нельзя изменить генотип, но можно повлиять на признаки фенотипа, в том числе на обмен веществ. В рамках метаболомики показано, что при изучении 328 метаболитов плазмы крови только 11 метаболитов, в том числе аминокислоты с разветвленными боковыми цепями валин, лейцин и изолейцин, а также глутамат, 2-гидроксипутират, глюкоза и манноза были связаны с физической активностью [76]. Методами транскриптомики и протеомики установлена зависимость от типа и длительности тренировочных физических нагрузок перестройки транскриптома и в связи с ним протеома, определяющих фенотипические особенности энергообеспечения и функционирования мышц [66]. Следовательно, не умаляя достоинства современных методов анализа в рамках транскриптомики, протеомики и метаболомики, широко используемые в лабораторной практике биохимические маркеры сыворотки крови могут быть использованы и в настоящее время для контроля протекания пубертатного периода, а также для выявления нарушений обмена веществ в организме при воздействии физических нагрузок на этапах пубертатного периода жизни.

Возможность оценки особенностей обмена веществ доступными методами клинической биохимии остается актуальной, поскольку физическое упражнение является стрессором, который вызывает различные психофизиологические реакции, опосредующие клеточные адаптации во многих органах и системах. Для того, чтобы максимально увеличить этот адаптивный ответ, тренеры и ученые должны постоянно контролировать напряжение, приложенное к спортсмену на индивидуальном уровне. Это может быть достигнуто с помощью доступного лабораторного обеспечения особенно в развивающихся странах.

Влияют ли систематические физические нагрузки на рутинные биохимические показатели состояния организма? Сравнению подвергли два массива данных: постоянные жители г. Витебска (7000 человек обоего пола) и спортсмены г. Витебска (1890 человек обоего пола) в возрасте от 10 до 65 лет. Были выявлены изменения показателей сыворотки крови трех уровней. Уровень 1 – изменения в пределах $\pm 7,5\%$: у спортсменов обнаружено незначительное снижение содержания глюкозы и МК (на 6%), альбумина (на 5%), общего белка (на 3%) и повышение ХС ЛПВП (на 7,5%), креатинина (на 5%) и активности АсАТ (на 3%). Уровень 2 – изменения показателей в пределах $\pm 50\%$: снижение активности ГГТ (на 50%), АлАТ (на 16%); снижение содержания ХС ЛПНП (на 28%), мочевины (на 21%), ОХС (на 17%); снижение ИА (на 32%) и повышение содержания общего билирубина (на 40%), ТГ на (35%). Уровень 3 – специфические изменения, связанные с постоянными интенсивными физическими нагрузками: повышение активности ЩФ (до 200%) и КФК (до 600 %). Исследование биохимических показателей обмена веществ, многие из которых могут являться биомаркерами состояния здоровья при дозированных физических нагрузках, остается актуальной проблемой.

В публикации 2022 года указано, что базальные биохимические показатели сыворотки крови являются важнейшими параметрами состояния здоровья у элитных спортсменов [65]. Все биохимические показатели обмена веществ можно разделить на три группы. В первую группу входят метаболиты и неорганические биорегуляторы: глюкоза, триглицериды, мочевина, креатинин, общий билирубин, общий белок, альбумин, глобулины, кальций, калий, железо и другие. У спортсменов обнаруживают корреляцию между индексом массы тела и содержанием креатинина, комбинация общий белок, альбумин, и мочевина помогает оценить белковый статус организма, отношение мочевины к креатинину является сильным индикатором состояния гидратации, соотношение глюкозы и триглицеридов оценивает состояние энергетического обеспечения упражнений. Во вторую группу показателей относят циркулирующие в крови белки, включая ферменты. Содержание общего белка, альбумина и глобулинов позволяет получить представление об обмене белков, а активности креатинфосфокиназы, аспартат-аминотрансферазы, аланин-аминотрансферазы, альфа-амилазы, щелочной

фосфатазы, лактатдегидрогеназы позволяют судить об особенностях метаболизма и проницаемости мембран клеток (индикаторы повреждения клеток, в частности, рабдомиолиза). Повышенную активность АсАТ и АлАТ у спортсменов обычно связывают с поражением гепатоцитов. Транспортные формы холестерина – ХС ЛПНП и ХС ЛПВП позволяют судить о прямом и обратном транспорте холестерина, соответственно. К третьей группе биохимических показателей относят метаболические коэффициенты, позволяющие дать метаболическую оценку биохимическим показателям. Это необходимо для регистрации развития адаптационных процессов или повреждения органов и тканей. Наиболее распространены аномалиями обмена веществ при занятиях спортом являются повышение активности АсАТ (27%), креатинфосфокиназы (13%), мочевины (12%) и общего билирубина (12%). Мониторинг концентрации мочевины и активности КФК в сыворотке крови может свидетельствовать об остром нарушении толерантности к физической нагрузке. Регулярные физические упражнения, особенно тренировки на выносливость, связаны с дефицитом железа и железodefицитной анемией, что обнаруживается по изменению концентрации сывороточного железа и величин ОЖСС. Аэробные нагрузки способны инициировать процессы окислительного стресса, для подавления которого важны эндогенные антиоксиданты – мочева кислота, общий билирубин, ХС ЛПВП.

Список использованной литературы к главе 1

1. Ахметов И.И. *Генетическое тестирование в системе медико-биологического обеспечения физической культуры и спорт* / И.И. Ахметов. – Казань: КГМА, 2012. – 72 с.
2. Ахметов И.И. *Медико-генетическое обеспечение детско-юношеского спорта* / И.И. Ахметов, Л.Д. Мустафина, Э.С. Насибулина // *Практическая медицина*. – 2012. – №7 (62). – С. 62–66.
3. Ахметов И.И. *Молекулярная генетика спорта: монография* // И.И. Ахметов. – М.: *Советский спорт*, 2009. – 268 с.
4. Безруких М.М. *Актуальные проблемы физиологии развития ребенка* / М.М. Безруких, Д.А. Фарбер // *Новые исследования*. – 2014. – №2. – С. 4–19.
5. Безруких М.М. *Возрастная физиология: (Физиология развития ребенка): учеб. пособ. для студ. высш. пед. учеб. заведений* / М.М. Безруких, В.Д. Сонькин, Д.А. Фарбер. – М.: Академия, 2003. – 416 с.
6. Болотова Н.В. *Причины задержки полового развития мальчиков* / Н.В. Болотова, Н.Ю. Райгородская // *Педиатрия*. – 2009. – №6. – С. 31–36.

7. Власова Ю.А. Взаимосвязь биохимических показателей крови и образа жизни подростков / Ю.А. Власова // Педиатр. – 2011. – №2. – С. 32–36.

8. Власова О.С. Роль биологически активных элементов в регуляции углеводного обмена у детей и подростков Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / О.С. Власова; Архангельск. – М., 2006. – 20 с.

9. Дедов И.И. Ожирение и половое развитие: эпидемиологическое исследование детей и подростков Московского региона / И.И. Дедов, Т.В. Чеботникова, В.Р. Кучма // Ожирение и метаболизм. – 2006. – №3. – С. 14–20.

10. Дедов И.И. Ожирение у подростков в России / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, С.А. Бутрова // Ожирение и метаболизм. – 2006. – №4. – С. 30–34.

11. Дмитриева О.Э. Неврологические нарушения у девочек подросткового возраста с железодефицитной анемией и методы их коррекции: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.11 / О.Э. Дмитриева; Саратов. – М., 2010. – 23 с.

12. Живова Т.В. Возрастная биохимия: учеб.-метод. пособ. / Т.В. Живова; СПбГУФК им. П.Ф. Лессафта. – СПб, 2007. – 51 с.

13. Жур К.В. Ассоциация полиморфизмов ряда генов физической активности с метаболическими показателями работоспособности / К.В. Жур // Нацыянальная акадэмія навук Беларусі. – 2014. – №4. – С. 37–40.

14. Жур К.В. Влияние гипоксии на экспрессию ряда генов, ассоциированных со спортивной успешностью / К.В. Жур, Л.А. Кундас, С.Л. Минин // Прикладная спортивная наука. – 2015. – №1. – С. 75–80.

15. Исмаилов С.И. Задержка полового развития у мальчиков пубертатного возраста / С.И. Исмаилов, С.И. Мирзарахимов, К.К. Узбеков // Международный эндокринологический журнал. – 2011. – №8. – С. 9–12.

16. Корочанская С.П. Биохимические особенности обмена веществ у детей: учеб.-метод. пособ. / С.П. Корочанская, И.М. Быков, Т.С. Хвостова. – М.: Краснодар, 2018. – 134 с.

17. Куликов А.М. Подростковая медицина: проблемы, перспективы / А.М. Куликов, В.П. Медведев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/podrostkovaya-mediitsina-problemy-perspektivy> (дата обращения: 19.03.2023).

18. Лебедев А.В. Особенности липидного спектра крови и его нарушения у детей и подростков г. Архангельска / А.В. Лебедев, С.И. Маляевская, В.А. Терновская // Экология человека. – 2006. – №6. – С. 28–32.

19. Литвицкий П.Ф. Нарушение обмена белков аминокислот и нуклеиновых кислот / П.Ф. Литвицкий, Л.Д. Мальцева // Вопросы современной педиатрии. – 2015. – №14 (1). – С. 95–107.

20. Лопатина А.Б. Теоретические аспекты изменения биохимических показателей крови организма спортсменов как показатель адаптационных процессов / А.Б. Лопатина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – №1. – С. 117–122.

21. Лучицкая Е.С. Функциональные особенности гемодинамики подростков в условиях различной двигательной активности: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / Е.С. Лучицкая; Нац. ун-т физ. восп. и спорта; Ярославль. – М., 2007. – 20 с.

22. Ляликов С.А. Таблицы оценки физического развития детей Беларуси: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 10.02.2000, №118-9911 / С.А. Ляликов, С.Д. Орехов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://med.by/methods/pdf/118-9911.pdf> (дата обращения: 01.09.19).

23. Мельник В.А. Метод оценки гармоничности физического развития детей и подростков, проживающих в крупных промышленных городах: инструкция по применению: утв. Мин-вом здравоохранения Респ. Беларусь 04.10.13, №018-0213 / В.А. Мельник, А.А. Козловский, Н.В. Казакевич [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://med.by/methods/pdf/018-0213.pdf> (дата обращения: 01.09.19).

24. Никитина И.Л. Детская эндокринология. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 224 с.

25. Никитина И.Л. Старт пубертата – известное и новое / И.Л. Никитина // Артериальная гипертензия. – 2013. – №3. – С. 227–236.

26. Никитина Т.А. Характеристика метаболического синдрома у детей подросткового возраста / Т.А. Никитина // Вестник Ивановской медицинской академии. – 2010. – №4. – С. 19–23.

27. О физической культуре и спорте: Закон Респ. Беларусь от 4 января 2014 г. №125-З: с изм. и доп.: текст по состоянию на 09.01.2018 №92-З. – Минск, 2014. – 48 с.

28. Об основах государственной молодежной политики: Закон Респ. Беларусь от 7 дек. 2009 г. № 65-З: с изм. и доп. от 10 июля 2012 г. №426-З; от 4 июня 2015 г. №274-З; от 21 октября 2016 г. №434-З // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

29. Погосян Т.Н. Классификация возрастных периодов у спортсменов / Т.А. Погосян // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – №6 (160). – С. 178–182.

30. Родина Е.И. Особенности некоторых биохимических показателей у юных атлетов / Е.И. Родина // Медицинские науки. – 2014. – №12. – С. 1–6.

31. Рыбина И.Л. Алгоритм оценки адаптационных изменений организма спортсменов с использованием данных клиничко-лабораторного контроля / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2017. – С. 36–40.

32. Рыбина И.Л. Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам: дис. ... д-ра. биол. наук: 14.03.11 / И.Л. Рыбина. – М., 2016. – 200 л.

33. Рылова Н.В. Оценка минерального статуса у юных спортсменов / Н.В. Рылова, Н.А. Троезубова, А.В. Жолинский // *Российский вестник педиатрии и педиатрии*. – 2017. – №5. – С. 175–183.

34. Сальников В.А. Индивидуальные особенности возрастного развития: монография // В.А. Сальников; под ред. проф. В.А. Гучок. – М.: Омск: СБАДИ, 2012. – 42 с.

35. Соколова Ф.М. Методические подходы к оценке биохимического, иммунологического и эндокринологического статуса организма спортсменов / Ф.М. Соколова // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. – 2014. – №9 (115). – С. 145–147.

36. Солнцева А.В. Преждевременное половое развитие у детей: учеб.-метод. пособ. / А.В. Солнцева, А.В. Сукало; Белорус. гос. мед. ун-т, 1-я каф. дет. болезней. – Минск: БГМУ, 2010. – 31 с.

37. Словарь спортивных терминов / под общ. ред. Р.Р. Салимзянова. – Ульяновск: УВАУГА, 2008. – 116 с.

38. Строгий В.В. Изменения сердечно-сосудистой системы и клинико-биохимические маркеры нарушений липидного обмена при ожирении у детей и подростков / В.В. Строгий // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. – 2006. – №4. – С. 43–46.

39. Храмова С.Н. Возрастные закономерности изменения биохимических маркеров костного ремоделирования у детей 5–16 лет / С.Н. Храмова, Т.Ю. Моисеева // *Вопросы современной педиатрии*. – 2006. – С. 164–169.

40. Цыпленкова Е.С. Биохимический контроль в управлении функциональной подготовленностью квалифицированных легкоатлетов-прыгунов / Е.С. Цыпленкова // *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт*. – 2014. – №1. – С. 177–181.

41. Чиркин А.А. Антиоксиданты в патогенезе метаболического синдрома / А.А. Чиркин // *Артериальная гипертензия и профилактика сердечно-сосудистых заболеваний: матер. 8 Междунар. конф., 21–22 мая 2015. Кардиология в Беларуси. Приложение*. – Витебск, 2015. – С. 275–279.

42. Чиркин А.А. Биологическая активность продуктов гистолиза: теория и практика / А. Чиркин, Е. Коваленко, Т. Толкачева. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 154 p.

43. Чиркин А.А. Биохимия филогенеза и онтогенеза: учеб.-метод. пособие. / А.А. Чиркин, Е.О. Данченко, С.Б. Бокуть. – Минск: Новое знание; ИНФРА-М, 2012. – 287 с.

44. Чиркин А.А. Могут ли продукты распада макромолекул служить регуляторами окислительного стресса? / А.А. Чиркин // *Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы: матер. X Межд. конф., 17–18 мая 2013.* – Минск: БГУ, 2013. – С. 371–373.

45. Чиркин А.А. Продукты распада макромолекул как регуляторы окислительного стресса / А.А. Чиркин // *Фундаментальные и прикладные проблемы стресса: матер. III Междунар. научно-практич. конф., Витебск, 16–17 апреля 2013.* – Витебск: ВГУ, 2013. – С. 39–41.

46. Чиркин А.А. Физиологические значения лабораторных тестов у населения Республики Беларусь / А.А. Чиркин. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2010. – 88 с.

47. Чиркин А.А. Эндогенные антиоксиданты в патогенезе метаболического синдрома / А.А. Чиркин // *Метаболический синдром: эксперимент, клиника, терапия: матер. I Междунар. симпозиума. Гродно, 23-25 октября 2013 г.* – Гродно: ГрГМУ, 2013. – С. 135–138.

48. Чубриева С.Ю. Метаболический синдром у девушек-подростков / С.Ю. Чубриева // *Журнал акушерства и женских болезней.* – 2007. – Т. 3. – С. 3–14.

49. Шпитальная Е.Н. Сущность спортивной тренировки юных спортсменов: учеб.-метод. пособ. / Е.Н. Шпитальная. – Саратов: Саратовск. ун-т, 2019. – 52 с.

50. Эльконин Д.Б. Избранные психологические труды / Д.Б. Эльконин. – М.: Педагогика, 1989. – 559 с.

51. *Энциклопедический словарь по психологии и педагогике [Электронный ресурс].* – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/es/136907> (дата обращения: 03.07.2020).

52. Abdulmoein E.A. Early puberty and its effect on height in young Saudi females: a cross-sectional study / E.A. Abdulmoein // *Pediatrics.* – 2015. – Vol. 5. № 11. – P. 59–63.

53. Adeli K. 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 / K. Adeli, V. Higgins, M. Nieuwesteeg // *Clin. Chem.* – 2015. – Vol. 43. № 8. – P. 1049–1062.

54. Ahmetov I.I. The combined impact of metabolic gene polymorphisms on elite endurance athlete status and related phenotypes / I.I. Ahmetov, A.G. Williams, D.V. Popov // *Hum. Genet.* – 2009. – Vol. 126. № 6. – P. 751–761.

55. Asgari S. Continuous reference intervals for 38 biochemical markers in healthy children and adolescents: Comparisons to traditionally partitioned reference intervals / S. Asgari, V. Higgins, K. Adeli // *Clin. Chem.* – 2019. – Vol. 73. – P. 82–89.

56. Hecksteden A. *Blood-Borne Markers of Fatigue in Competitive Athletes – Results from Simulated Training Camps* / A. Hecksteden, S. Skorski, S. Schwinding // *PLoS ONE*. – 2016. – Vol. 11 (2). – P. 1–13.
57. Higgins V. *Pediatric reference intervals for calculated LDL cholesterol, non-HDL cholesterol, and remnant cholesterol in the healthy CALIPER cohort* / V. Higgins, S. Asgari, M.K. Chan // *Clin. Chim. Acta*. – 2018. – Vol. 486. – P. 129–134.
58. Joan M.R. *Changes in plasma inorganic phosphorus and alkaline phosphatase activity during the adolescent growth spurt* / M.R. Joan, S.B. Round, S. Robert // *Ann. Hum. Biol.* – 1979. – Vol. 6. №9. – P. 129–136.
59. Joyce M.L. *Body mass index and timing of pubertal initiation in boys* / M.L. Joyce, K. Niko, A. Danielle // *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.* – 2010. – Vol. 2. №5. – P. 139–144.
60. Julia A.G. *Is pubertal timing associated with psychopathology in young Adulthood* / A.G. Julia, D. John, R. Seeley // *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry*. – 2004. – Vol. 43. №3. – P. 718–726.
61. Kubo A. *Associations between maternal obesity and pregnancy hyperglycemia and timing of puberty onset in adolescent girls: a population-based study* / A. Kubo, J. Deardorff, C. Laurent // *Am. J. Epidemiol.* – 2018. – Vol. 187. – P. 1362–1369.
62. Lee E.C. *Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes* / E.C. Lee, M.S. Fragala, S.A. Kavouras [et al.] // *J. Strength Cond. Res.* – 2017. – Vol. 31 (10). – P. 2920–2937.
63. Ma H.M. *Pubertal development timing in urban Chinese boys* / H.M. Ma, S.K. Chen, F. Xiong // *Int. J. Androl.* – 2011. – Vol. 5. – P. 435–445.
64. Marica E.H. *Puberty is starting earlier in the 21st century* / E.H. Marica // *J. Pediatr Adolesc. Gynecol.* – 2010. – Vol. 1. – P. 5–12.
65. Martínez F.E.D. *Basal Values of Biochemical and Hematological Parameters in Elite Athletes* / A.E.D. Martínez, M.J.A. Martín, M. González-Gross // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2022. – Vol. 19. №3059.
66. McGlory C. *Skeletal muscle and resistance exercise training; the role of protein synthesis in recovery and remodeling* / C. McGlory, M.C. Devries, S.M. Phillips // *J. Appl. Physiol.* – 2017. – Vol. 122. – P. 541–548.
67. Negriff S. *Pubertal timing, depression, and externalizing problems: a framework, review, and examination of gender differences* / S. Negriff, E.J. Susman // *J. Adolesc. Res.* – 2011. – Vol. 21. №3. – P. 717–746.
68. Nokoff N. *Sex differences in effects of obesity on reproductive hormones and glucose metabolism in early puberty* / N. Nokoff, J. Thurston, A. Hilkin // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2019. – Vol. 104. – P. 4390–4397.
69. Roger M.S. *Puberty and body composition* / M.S. Roger // *Horm. Res.* – 2003. – Vol. 5. – P. 36–45.

70. Sandra S. *The falling age of puberty in U.S. Girls* / S. Sandra. – Publishing: Acknowledgments, 2017. – 73 p.

71. Saks V. *The creatine kinase phosphotransfer network: thermodynamic and kinetic considerations, the impact of the mitochondrial outer membrane and modelling approaches* / V. Saks, T. Kaambre, R. Guzun // *Subcell. Biochem.* – 2007. – Vol. 46. – P. 274–280.

72. Tahmasebi H. *Pediatric reference intervals for biochemical markers* / H. Tahmasebi, V. Higgins, A. Fung // *Lab. Med.* – 2017. – Vol. 28. iss.1. – P. 43–63.

73. Turner D.C. *A protein that binds specifically to the M-line of skeletal muscle is identified as the muscle form of creatin kinase* / D.C. Turner, T. Wallimann, H.M. Eppenberger // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1973. – Vol. 70 (3). – P. 702–712.

74. Visser H.K. *Some physiological and clinical aspects of Puberty* / H.K. Visser // *Arch. Dis. Child.* – 1973. – Vol. 48. – P. 169–182.

75. Wurtz P. *Metabolite profiling and cardiovascular event risk: a prospective study of 3 population-based cohorts* / P. Wurtz // *Circulation.* – 2015. – Vol. 131. №9. – P. 774–785.

76. Xiao Q. *Objectively measured physical activity and plasma metabolomics in the Shanghai Physical Activity Study* / Q. Xiao, C. M. Steven, K.K. Sarah // *Int. J. Epidemiol.* – 2019. – Vol. 45. – P. 1433–1444.

77. Zeibig J. *Do blood cells mimic gene expression profile alterations known to occur in muscular adaptation to endurance training?* / J. Zeibig, H. Karlic, A. Lohninger // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2005. – Vol. 95. №1. – P. 96–104.

ГЛАВА 2. ДЕЙСТВИЕ СПОРТИВНЫХ ДОЗИРОВАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У ЛИЦ ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА

В этой главе рассматриваются два аспекта проблем спорта в процессе полового созревания:

1) описание и обсуждение возрастной динамики биохимических показателей обмена веществ;

2) поиск нарушений или изменений возрастной динамики биохимических показателей обмена веществ при занятиях систематическими дозированными физическими нагрузками (СДФН).

В монографии приняты следующие величины биохимических показателей: содержание глюкозы, мочевины, мочевой кислоты (МК), общего холестерина (ОХС), холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП), кальция, калия, выражали в ммоль/л; содержание общего билирубина, прямого билирубина, креатинина, железа, общей железосвязывающей активности (ОЖСС) выражали в мкмоль/л; содержание общего белка, альбумина (А) и глобулинов (Г) выражали в г/л; активность аланин-аминотрансферазы (АлАТ), аспартат-аминотрансферазы (АсАТ), щелочной фосфатазы (ЩФ), креатинфосфокиназы (КФК), альфа-амилазы, гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ) выражали в МЕ/л. Рассчитывали индекс атерогенности (ИА) – $\text{ОХС} - \text{ХС ЛПВП} / \text{ХС ЛПВП}$ и коэффициенты А/Г , АсАТ/АлАТ , КФК/АсАТ , Глю/ТГ , Глю/ОХС , Глю/ХС ЛПВП , Глю/ХС ЛПНП , КФК/ЩФ , глюкоза/мочевина (Глю/мочевина), которые выражали в условных единицах, поскольку в числителе и знаменателе отношений были одинаковые размерности (г/л, МЕ/л, ммоль/л); индекс массы тела (ИМТ) в кг/м^2 .

Для выявления возрастных особенностей биохимических показателей сыворотки крови у лиц пубертатного возраста при систематических дозированных физических нагрузках были сформированы группы из лиц, получивших спортивную квалификацию в результате систематических спортивных занятий, биохимические показатели которых сравнивались показателями лиц контрольных групп.

Контрольная группа сформирована из лиц, приступивших к занятиям спортом, но не получивших 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.

○ Возрастные контрольные группы лиц мужского пола сформированы в следующих диапазонах и соответствующей выборкой: 9–11 лет ($n = 15$); 12–15 лет ($n = 76$); 16–18 лет ($n = 49$); 19–20 лет ($n = 19$).

○ Возрастные контрольные группы лиц женского пола сформированы в следующих диапазонах: 7–11 лет ($n = 17$); 12–15 лет ($n = 34$); 16–18 лет ($n = 21$), 19–20 ($n = 15$).

○ Группы спортсменов мужского пола представлены в следующих диапазонах и соответствующей выборкой: 9–11 лет ($n = 15$), 12–15 лет ($n = 193$); 16–18 лет ($n = 370$); 19–20 лет ($n = 163$).

○ Группы спортсменов женского пола представлены в группах с диапазоном: 7–11 лет ($n = 16$), 12–15 лет ($n = 158$); 16–18 лет ($n = 110$); 19–20 лет ($n = 37$).

○ Группы 9–11 лет (мальчики) и 7–11 лет (девочки) рассматриваются как предпубертатный возраст, а диапазон 19–20 – как постпубертатный.

2.1. Возрастные особенности биохимических показателей сыворотки крови подростков мужского пола контрольных групп

В процессе полового созревания и взросления подростков важны две группы биохимических процессов. К первой группе можно отнести фундаментальные аспекты метаболизма, которые не изменяются во времени и поддерживают основные биохимические параметры на относительно одинаковом уровне: процессы регуляции и экспрессии генов, клеточный цикл и пролиферация клеток, механизмы уничтожения клеток в процессах запрограммированной гибели клеток при накоплении мутаций в ДНК, запрещенных к передаче дочерним клеткам, механизмы межклеточных коммуникаций и трансмембранные переносы веществ и пр. К второй группе относятся биохимические процессы, определяющие рост и развитие организма. В связи с этим в начале изложения необходимо рассмотреть те показатели, которые не изменяются в процессе роста и полового созревания подростков (таблица 2.1).

При анализе результатов обследования подростков мужского пола контрольных групп установлено, что на протяжении пубертатного периода поддерживались на постоянном уровне показатели – содержание глюкозы, общего белка, альбумина, ХС ЛПНП, ХС ЛПВП, железа, активность альфа-амилазы, ГГТ, величины ИА и значения коэффициентов АсАТ/АлАТ, Глю/ХС ЛПВП, КФК/ЩФ.

Таблица 2.1

Биохимические показатели сыворотки крови, сохраняющиеся на постоянном уровне независимо от возраста у лиц мужского пола пубертатного возраста контрольных групп

Показатели	12–15 лет	16–18 лет
Общий белок	71,0 (68,0–73,0)	73,0 (70,0–77,0)
Альбумин	44,0 (41,0–45,0)	43,0 (40,0–45,0)
Глюкоза	4,79 (4,40–5,06)	4,60(4,40–5,20)
Железо	16,6 (12,4–27,6)	14,1 (11,0–16,6)
ХС ЛПНП	2,30 (1,89–2,72)	2,05 (1,45–2,37)
ХС ЛПВП	1,18 (1,10–1,34)	1,27 (1,10–1,43)
ИА	1,98 (1,81–2,37)	1,81 (1,48–2,28)
α -амилаза	58,0(43,0–78,0)	51,0 (42,0–63,0)
ГГТ	13,0 (11,0–15,0)	14,0 (11,3–17,5)
Глю/ХС ЛПВП	3,76(3,21–4,10)	3,58 (3,17–4,78)
КФК/ЩФ	1,10 (0,50–2,20)	2,10 (1,20–5,20)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,90)	1,30 (1,10–1,70)

При анализе остальных показателей установлено, что спектры биохимических показателей у подростков в 12–15 лет отличаются от таковых в возрасте 9–11 лет только по увеличению содержания общего билирубина, МК и активности АсАТ (таблица 2.2). В связи с этим из-за недостаточно полного биохимического обследования мальчиков в возрастном диапазоне 9–11 лет в качестве исходной группы сравнения в последующем изложении была избрана группа подростков в возрасте 12–15 лет. Установлены следующие важные изменения биохимических маркеров здоровья в пубертатном возрасте подростков контрольных групп. В возрастной подгруппе 12–15 лет выявлены наиболее низкие величины показателей ИМТ, содержания мочевины, креатинина, общего билирубина, глобулинов, ОХС, ТГ, калия, активности АлАТ, АсАТ,

КФК, а также величин отношений КФК/АсАТ, Глю/ХСЛПНП. 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, ТГ, калия, активности АЛАТ, АсАТ, ЩФ, величины ОЖСС в сыворотке крови и коэффициентов Глю/ОХС, Глю/ХС ЛПНП показателей в возрастной группе 16–18 лет. Эти показатели, по нашему мнению, могут быть расценены как биохимические показатели свершившегося пубертата.

Таблица 2.2

ИМТ и биохимические показатели сыворотки крови лиц мужского пола, приступивших к регулярным занятиям систематическими дозированными физическими нагрузками

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)	22,0 *** (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	80 (70–90)	80 (80–90)	90 (80–100)	90 (80–100) *
Билирубин	12,0 (9,0–13)	13,4 (11–16)*	15,4 (12–18)* .***	15,1 (12–18) *
МК	250 (190–250)	290 * (250–310)	270 (250–310)	290 * (280–350)
Общий белок	72,0 (68–74)	71,0 (68–73)	73,0 (70–77)	75,0 (71–77) **
Глобулины	29,0 (27–34)	26,0 (24–31)	31,0 (27–34) **	31,0 (30–34) **
ОХС	4,33 (3,53–5,10)	3,80 (3,42–4,50)	3,90 (3,50–4,30)	4,65 (3,8–5,33) **
ХС ЛПВП	–	1,18 (1,10–1,34)	1,27 (1,10–1,43)	1,37 (1,3–1,65) **
ТГ	0,95 (0,60–1,17)	0,60 (0,46–0,87)	0,80 (0,5–1,04) **	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 (2,3–2,5) **	2,43 (2,31–2,48)
ОЖСС	–	62,5 (54,7–67,0)	69,0 (55,0–69,5)	47,0 (42,5–53) **
Калий	3,75 (3,68–3,98)	4,10 (3,67–4,60)	4,80 (3,98–5,3) **	4,42 (4,0–4,9) **

Продолжение таблицы

Показатели	Возрастные группы			
	9–11 лет	12–15 лет	16–18 лет	19–20 лет
ГГТ	13,0 (10,0–15,0)	13,0 (11,0–15,0)	14,0 (11,3–17,5)	18,0 (12–23) **
АГ	1,44 (1,14–1,67)	1,70 (1,40–1,90)	1,40 (1,20–1,6) **	1,30 (1,3–1,6) **
КФК/АсАТ	–	10,0 (7,40–14,8)	15,1 (11,2–29) **	17,8 (13,6–23) **
Глю/ОХС	1,02 (0,89–1,19)	1,16 (1,04–1,39)	1,21 (1,10–1,43) *	1,09 (0,79–1,2) **
КФК/ЩФ	–	1,10 (0,50–2,20)	2,00 (1,20–5,20)	3,90 (1,50–7,2) **
Глю/ХС ЛПНП	–	1,86 (1,60–2,30)	2,53 (2,05–2,8) **	2,14 (1,60–2,45)
ИА	–	1,98(1,81–2,37)	1,81(1,48–2,28)	2,12(1,61–2,69)
α -амилаза	59,0(48,5–71,5)	58,0(43,0–78,0)	51,0 (42,0–63,0)	64,0 (50,0–80,0) *
АсАТ/АлАТ	1,0 (0,80–1,16)	1,30 (1,10–1,90)	1,30 (1,10–1,70)	1,20 (1,10–1,80)

Примечание: $P < 0,05$, при сравнении с показателями: * – мальчиков возрастной группы 9–11 лет; ** – подростков возрастной группы 12–15 лет.

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 группой подростков 12–15 лет были повышены 9 показателей (содержание мочевины, общего билирубина, глобулинов, ТГ, калия; активность АлАТ, АсАТ, КФК; величина коэффициента и ГЛЮ/ХС ЛПНП) и снижены только 2 биохимических показателя (содержание кальция и величина отношения А/Г).

Чтобы завершить оценку динамики изучаемых показателей в процессе полового созревания юношей были выделены самые высокие показатели в возрастной группе 19–20 лет: ИМТ, содержание креатинина, общего белка, ОХС, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, величина индекса атерогенности, активность КФК, ГГТ, альфа-амилазы и величина отношения КФК/АсАТ. 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 группой мальчиков возрастного периода 9–11 лет у обследованных юношей 19–20 лет повышены показатели 5-ти лабораторных тестов – содержания креатинина, общего билирубина, МК, активность АлАТ и АсАТ и снижена активность ЩФ. Более полная биохимическая картина мужского пубертата получена при сравнении показателей группы 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 3 (значений ОЖСС, значений коэффициентов А/Г и Глю/ОХС) показателей.

Проводимый анализ целесообразно завершить поиском тех показателей, которые в процессе пубертата должны уменьшиться. Поэтому были проанализированы самые высокие показатели в возрастной группе 12–15 лет: содержание глюкозы, мочевой кислоты, альбумина, ХС ЛПНП, железа и величины коэффициентов А/Г, АсАТ/АлАТ, Глю/ХС ЛПВП. По сути, это биохимические показатели несовершенства обмена веществ и его регуляции при вступлении в пубертатный период.

2.2. Возрастные особенности биохимических показателей сыворотки крови подростков женского пола контрольных групп

У лиц женского пола контрольных групп на протяжении пубертатного периода статистически значимо не изменялись показатели – содержание мочевины, креатинина, общего белка, альбумина, ХС ЛПВП, ТГ, ХС ЛПНП, кальция, калия, железа; активности АлАТ, КФК, альфа-амилазы; величины ОЖСС, коэффициентов ИА, КФК/АсАТ, КФК/ЩФ, Глю/ХС ЛПВП, Глю/ХС ЛПНП (таблица 2.3).

Таблица 2.3

Биохимические показатели сыворотки крови, сохраняющиеся на постоянном уровне независимо от возраста у подростков женского пола пубертатного возраста контрольных групп

Показатели	12–15 лет	16–18 лет
Мочевина	4,68 (3,49–5,21)	5,20 (3,50–6,50)
Креатинин	80,0 (70,0–100,0)	90,0 (90,0–90,0)
Общий белок	74,0 (69,00–76,75)	72,5 (69,2–73,2)
Альбумин	43,0 (42,0–45,0)	43,0 (41,0–45,0)
ХС ЛПВП	1,43 (1,40–1,62)	1,58 (1,28–1,65)
ТГ	0,81 (0,69–1,26)	0,79 (0,65–1,01)
ХС ЛПНП	2,93 (2,36–3,49)	2,90 (2,65–3,10)
α-амилаза	58,0 (46,5–77,5)	51,0(4,00–59,2)
Кальций	2,33 (2,21–2,40)	2,30 (2,25–2,35)
Калий	4,10 (3,61–4,52)	4,55 (4,05–5,13)
Железо	20,2 (15,1–25,8)	14,8 (11,1–18,8)
АлАТ	14,0 (11,0–21,0)	18,0 (16,0–19,0)
КФК	141,0 (124,5–179,5)	147,0 (100,7–232,2)
ОЖСС	60,0 (51,25–64,75)	55,5 (49,32–59,41)
ИА	2,00 (1,83–2,48)	1,88 (1,52–2,56)
КФК/АсАТ	5,81 (5,25–7,07)	6,50 (4,60–8,14)
КФК/ЩФ	0,80 (0,40–1,18)	1,6 (1,36–2,10)
Глю/ХС ЛПВП	3,43 (2,91–3,59)	2,96 (2,50–3,18)
Глю/ХС ЛПНП	1,70 (1,50–1,88)	1,49 (1,30–1,80)

Биохимические показатели, величины которых изменялись в зависимости от возраста обследуемых лиц женского пола контрольных групп, представлены в таблице 2.4.

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.

Установлено, что в возрастном периоде 7–11 лет у девочек контрольной группы выявляются наиболее низкие величины показателей содержания мочевины, глобулинов, ОХС, ТГ, калия, активности АлАТ, АсАТ, альфа-амилазы, ГГТ в сыворотке крови, величины отношения АсАТ/АлАТ.

По сравнению с подростками мужского пола 12–15 лет у девочек в возрастной группе 7–11 лет найдены близкие величины ряда биохимических показателей: содержание глюкозы, МК, альбумина, активности АлАТ и ЩФ, а также величины отношений А/Г, Глю/ОХС (таблица 2.5).

Таблица 2.4

Биохимические показатели сыворотки крови лиц женского пола, приступивших к регулярным занятиям спортом (возрастные контрольные группа)

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 ** [↓] (4,39–4,55)
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)
МК	320 (280–320)	230 * [↓] (180–280)	250 * [↓] (220–280)	170 * [↓] (170–210)
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)
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)
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)

Показатели	Возрастные группы			
	7–11 лет	12–15 лет	16–18 лет	19–20 лет
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)
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)	1,6 (1,36–2,10)	1,49 **↑ (1,09–2,11)

Примечание: $p < 0,05$, при сравнении с показателями: * – девочек возрастной группы 7–11 лет; ** – подростков возрастной группы 12–15 лет.

В последующем онтогенезе сниженные показатели должны увеличиться, а повышенные показатели уменьшиться. В контрольной группе подростков-девочек 12–15 лет установлено (повышение 3-х показателей – содержание глобулинов, активность АсАТ и величина коэффициента АсАТ/АлАТ) и снижение 2-х показателей (содержание МК и величина отношения А/Г). По всей видимости, здесь представлены наиболее явные критерии женского пубертата.

Этап завершения пубертатного периода может оцениваться по нормализации показателей в контрольных группах девушек возрастных групп 7–11 и 16–18 лет (повышение содержания ОХС, 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 МК, активности ЩФ и коэффициента АсАТ/АлАТ).

Таблица 2.5

Сравнение биохимических показателей сыворотки крови девочек в группе 7–11 лет и мальчиков 12–15 лет

Показатели	Девочки 7–11 лет	Мальчики 12–15 лет	Р
Глюкоза	4,95 (4,55–5,17)	4,79 (4,40–5,06)	0,390
МК	320 (280–320)	290 (250–310)	0,390
Альбумин	45,0 (43,25–46,75)	44,0 (41,0–45,0)	0,186
АлАТ	20,0 (16,0–21,75)	19,0 (15,0–23,0)	0,862
ЩФ	239,0 (200,0–876,0)	204,3 (140,4–484,2)	0,269
А/Г	1,77 (1,68–1,93)	1,70 (1,40–1,90)	0,313
Глю/ОХС	1,15 (1,07–1,31)	1,16 (1,04–1,39)	0,869

При сравнении более полных групп девушек 12–15 лет и 16–18 лет установлено (снижение содержания общего билирубина, активности ЩФ и величин коэффициентов АсАТ/АлАТ и Глю/ОХС); у девушек возрастной группы 19–20 лет повышены значения коэффициента КФК/ЩФ и были снижены содержание глюкозы и активность ЩФ.

Далее рассмотрены возрастные и половые различия биохимических показателей сыворотки крови (метаболиты и неорганические биорегуляторы, белки сыворотки крови и метаболические коэффициенты) в трех группах у подростков в раннем и позднем пубертатном возрасте.

В таблице 2.6 представлены данные о метаболитах и неорганических биорегуляторах у юношей и девушек 12–15 лет при занятиях спортивными дозированными физическими нагрузками.

Из анализа данных таблицы 2.6 следует, что спектр изучаемых метаболитов и неорганических биорегуляторов сыворотки крови девушек отличается от аналогичного спектра сыворотки крови юношей контрольных групп более высоким содержанием триглицеридов, общего холестерина и более низким содержанием общего кальция. Учитывая особенности динамики этих показателей в процессе полового созревания, можно полагать, что у девушек процесс раннего пубертата, очевидно, начинается раньше, чем у юношей. Спортивные физические дозированные нагрузки у юношей, вероятно, ускорили возрастное совершенствование обмена веществ, обеспечив увеличение концентрации триглицеридов, мочевины, калия и снижение концентрации общего кальция.

Содержание некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотке крови подростков раннего пубертатного возраста (12–15 лет)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
Глюкоза, ммоль/л	4,79 (4,4–5,0)	4,60 (2,3–5,1)	4,90 (4,76–5,10)	4,70 ² (4,40–5,10) ↓
Триглицериды, ммоль/л	0,60 (0,46–0,87)	0,79 ² (0,56–1,01) ↑	0,81 ¹ (0,69–1,26) ↑	0,80 (0,60–1,11)
ОХС, ммоль/л	3,80 (3,4–4,5)	3,90 (3,4–4,4)	4,20 ¹ (3,68–5,05) ↑	4,30 (3,80–4,95)
Мочевая кислота, мкмоль/л	290 (250–310)	280 (250–330)	230 (180–280)	230 (190–270)
Мочевина, ммоль/л	4,10 (3,60–4,79)	4,51 ² (3,80–5,30) ↑	4,68 (3,49–5,21)	3,97 ² (3,35–4,68) ↓
Общий билирубин мкмоль/л	13,4 (11,3–16,6)	13,2 (10,6–17,8)	14,5 (10,8–16,6)	13,3 (10,6–21,4)
Креатинин, мкмоль/л	80,0 (80–90)	90,0 (80–100)	80,0 (70–100)	80,0 (70–90)
Калий, ммоль/л	4,10 (3,67–4,60)	4,43 ² (3,90–5,00) ↑	4,10 (3,61–4,52)	4,20 (3,80–4,58)
Кальций, ммоль/л	2,50 (2,30–2,56)	2,34 ² (2,22–2,43) ↓	2,33 ¹ (2,21–2,40) ↓	2,34 (2,25–2,42)
Железо, мкмоль/л	16,6 (12,4–27,6)	15,6 (10,9–18,8)	18,4 (15,1–25,8)	16,1 (13,1–21,6)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

Эти изменения частично соответствуют биохимическим изменениям, характерным для девушек контрольной группы, а, следовательно, позволяют предполагать, что регулярные физические нагрузки у лиц мужского рода могут ускорять процессы роста и развития. У девушек регулярные физические нагрузки привели к незначительному, но статистически достоверному снижению уровня глюкозы и мочевины, что может сигнализировать о некотором напряжении процессов обезвреживания аммиака в печени.

В таблице 2.7 представлены данные о циркулирующих в сыворотке крови транспортных и ферментативных белках у подростков раннего пубертатного возраста.

Процессы роста и развития происходят быстрее у девушек контрольной группы по сравнению с юношами такого же возраста. Об этом свидетельствуют повышение уровня глобулинов, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП на фоне снижения активности АЛАТ, щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы.

Таблица 2.7

Содержание некоторых циркулирующих в сыворотке крови белков у подростков раннего пубертатного возраста (12–15 лет)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
Общий белок, г/л	71,0 (68,0–73,0)	71,0 (67,0–75,0)	74,0 (69,0–76,7)	72,0 (69,0–75,0)
Альбумин, г/л	44,0 (41,0–45,0)	41,0 ² (39,0–44,0) ↓	43,0 (42,0–45,0)	42,0 ² (40,0–44,0) ↓
Глобулины, г/л	26,0 (24,0–31,0)	30,0 ² (27,0–33,0) ↑	30,0 ¹ (26,0–33,5) ↑	30,0 (27,0–33,0)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,18 (1,10–1,34)	1,20 (1,04–1,50)	1,43 ¹ (1,40–1,62) ↑	1,41 (1,23–1,60)
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,30 (1,89–2,37)	2,0 (1,53–2,67)	2,93 ¹ (2,36–3,49) ↑	2,38 ² (1,92–2,80) ↓
ОЖСС, мкмоль/л	62,5 (54,7–67,0)	53,0 ² (49,0–57,0) ↓	55,0 (51,2–64,7)	53,0 (47,7–57,0)
АЛАТ, Ед/л	19,0 (15,0–23,0)	18,0 (15,0–23,0)	14,0 ¹ (11,0–21,0) ↓	16,0 (13,0–19,0)
АсАТ, Ед/л	25,5 (22,0–32,0)	31,0 ² (24,8–38,0) ↑	25,0 (21,2–27,7)	25,0 (21,0–30,0)
ЩФ, Ед/л	307 (140–484)	342 (176–620)	202 ¹ (150–396) ↓	156,0 ² (98–310) ↓
α-амилаза, Ед/л	58,0 (43,0–78,0)	77,0 ² (49,0–120) ↑	57,5 (46,5–77,5)	56,0 (41,0–88,0)
ГГТ, Ед/л	13,0 (11,0–15,0)	16,0 ² (12,0–17,0) ↑	12,5 (10,0–15,0)	13,0 (10,0–16,0)
КФК, Ед/л	263 (182–376)	241 (167–420)	141 ¹ (124–179) ↓	147 (109–207)

Примечание к таблице 2.7: ¹ – P<0,05 при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – P<0,05 при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

Эти данные говорят об усилении прямого и обратного транспорта холестерина, играющих важную роль в обеспечении роста, развитии транспортных систем крови, а также о возрастной нормализации процессов проницаемости клеточных мембран печени и мышц, ведущих к уменьшению активности циркулирующих ферментов сыворотки крови. Следует отметить, что изменения ХС ЛПВП иллюстрируют также регуляторные эффекты эстрогенов.

Систематические дозированные физические нагрузки в группе юношей раннего пубертатного возраста привели к проявлению признаков некоторого напряжения обмена веществ на уровне транспортных белков (снижение уровня альбумина, повышение уровня глобулинов, снижение ОЖСС), повышение активности индикаторных циркулирующих ферментов (активность АсАТ, альфа-амилазы и ГГТ). Регулярные занятия дозированными физическими нагрузками также привели к незначительному, но достоверному уменьшению количества альбумина, ХС ЛПНП. Однако эти изменения не нарушают общих тенденций изменения показателей обмена веществ, характерных для раннего пубертатного возраста.

В таблице 2.8 представлены десять соотношений основных метаболитов сыворотки крови подростков, по величине которых можно составить представление о состоянии обмена веществ у них.

Таблица 2.8

Величины метаболических коэффициентов для сыворотки крови подростков раннего пубертатного возраста (12–15 лет)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
Индекс атерогенности	1,98 (1,81–2,37)	2,0 (1,53–2,67)	2,00 (1,83–2,48)	1,98 (1,52–2,56)
А/Г	1,70 (1,40–1,90)	1,40 ² (1,20–1,60) ↓	1,46 ¹ (1,28–1,58) ↓	1,40 (1,24–1,57)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,90)	1,60 ² (1,30–2,00) ↑	1,90 ¹ (1,56–2,23) ↑	1,51 ² (1,27–1,85) ↓
КФК/АсАТ	10,0 (7,40–14,8)	8,30 ² (6,10–12,4) ↓	5,81 ¹ (5,25–7,07) ↓	6,13 4,71–9,11

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
КФК/ЩФ	1,1 (0,5–2,2)	0,9 (0,4–1,8)	0,80 (0,40–1,18)	0,89 (0,52–1,47)
Глю/ОХС	1,16 (1,06–1,34)	1,18 (0,98–1,37)	1,12 (0,96–1,29)	1,11 (0,96–1,29)
Глю/ХС ЛПВП	3,76 (3,21–4,10)	3,59 (3,13–4,40)	3,43 (2,91–3,59)	3,33 (2,84–4,01)
Глю/ХСЛПНП	1,96 (1,60–2,30)	2,16 (1,71–2,67)	1,70 (1,50–1,88)	2,03 ² (1,63–2,45) ↑
Глю/ТГ	7,59 (5,53–10,26)	6,12 ² (4,14–8,21) ↓	5,64 (3,86–7,17)	5,9 (4,36–8,03)
Глю/Мочевина	1,11 (0,98–1,36)	1,02 ² (0,86–1,18) ↓	1,02 (0,98–1,32)	1,21 (1,0–1,42)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

У девушек контрольных групп раннего пубертатного возраста по сравнению с юношами снижена величина альбумин-глобулинового коэффициента, что определяется, вероятно, развитием гуморальной системы иммунитета, т. е. повышением уровней гамма-глобулинов. Кроме того, снижена величина отношения КФК/АсАТ за счет, вероятно, меньшей травматизации миоцитов, но повышена величина коэффициента де Ритиса (АсАТ/АлАТ), возможно, из-за повышения проницаемости мембран митохондрий клеток мышц. При систематических занятиях дозированными физическими нагрузками юноши раннего пубертатного возраста достигли таких же показателей, что и девушки контрольной группы по величинам альбумин-глобулинового отношения и коэффициента де Ритиса, но у них уменьшилась величина коэффициента КФК/АсАТ, что свидетельствует о меньшей реакции мышечной системы на физические нагрузки. Однако наиболее значимым гендерным отличием явилось уменьшение величин коэффициентов Глюкоза/Триглицериды и Глюкоза/Мочевина. Эти коэффициенты означают, что постоянные спортивные занятия у юношей раннего пубертатного воз-

раста связаны с потреблением легкоусвояемого источника энергии – глюкозы при сохранении или увеличении циркулирующих долгосрочных резервов энергии в виде триглицеридов и эффективном обезвреживании конечного продукта азотистого обмена аммиака. В практическом отношении это означает, что в питании спортсменов этого возраста следует учитывать диетическое обеспечение источниками глюкозы. У девушек раннего пубертатного возраста спортивные дозированные физические нагрузки уменьшают величины коэффициента де Ритиса, но увеличивают значения коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП. Эти данные показывают, что физические нагрузки не повышают проницаемость мембран митохондрий миоцитов, но усиливают процессы прямого транспорта холестерина, необходимого для формирования мембран клеток, по всей видимости, миоцитов.

В таблице 2.9 приведены данные о метаболитах и неорганических биорегуляторах у юношей и девушек 16–18 лет при занятиях спортивными дозированными физическими нагрузками.

В позднем пубертатном возрасте у девушек контрольной группы по сравнению с аналогичной группой юношей отмечены более высокие значения в сыворотке крови уровня общего холестерина при более низких значениях общего билирубина и общего кальция. Такие изменения более характерны для обмена веществ у взрослых людей. При занятиях спортивными дозированными физическими нагрузками у юношей в этом возрастном интервале снижается уровень триглицеридов и повышается содержание мочевины, мочевины и сывороточного железа.

Такие изменения могут означать привлечение долгосрочных резервов триглицеридов для энергетического обеспечения спортивной деятельности, а также возрастную нормализацию уровня мочевины, а, следовательно, обезвреживания аммиака, мочевины как эндогенного антиоксиданта и железа, важного для протекания окислительно-восстановительных процессов в клетках организма юных спортсменов.

Таблица 2.9

Содержание некоторых метаболитов в сыворотке крови подростков позднего пубертатного возраста (16–18 лет)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
Глюкоза, ммоль/л	4,60 (4,40–5,20)	4,70 (4,30–5,20)	4,39 (4,10–4,75)	4,60 (4,29–4,90)
Триглицериды, ммоль/л	0,80 (0,50–1,04)	0,76 ² (0,58–1,00)↓	0,79 (0,65–1,01)	0,70 (0,53–1,00)
ОХС, ммоль/л	3,90 (3,50–4,30)	3,90 (3,50–4,40)	5,04 ¹ (5,00–5,30)↑	4,10 ² (3,70–4,70) ↓
Мочевая кислота, мкмоль/л	270 (250–310)	310 ² (200–300) ↑	250 (220–208)	240 (190–280)
Мочевина, ммоль/л	4,60 (3,90–5,59)	5,0 ² (4,20–5,92)↑	5,20 (3,50–6,50)	4,91 (3,70–5,40)
Общий билирубин, мкмоль/л	15,4 (12,6–18,6)	14,0 (10,8–21,5)	11,8 ¹ (10,6–13,0) ↓	14,6 ² (10,7–21,3) ↑
Креатинин, мкмоль/л	90 (80–100)	90 (90–100)	90 (90–90)	80,0 (80–90)
Калий, ммоль/л	4,80 (3,98–5,30)	4,34 (3,95–4,85)	4,55 (4,05–5,13)	4,40 (4,10–4,80)
Кальций, ммоль/л	2,40 (2,32–2,50)	2,40 (2,29–2,59)	2,30 ¹ (2,25–2,35) ↓	2,34 (2,23–2,48)
Железо, мкмоль/л	14,1 (11,0–16,6)	17,5 ² (12–21) ↑	14,8 (11,1–18,8)	15,9 (12,3–22,0)

Примечание: ¹– $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ²– $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

У девушек, занимающихся спортивными дозированными физическими нагрузками, статистически достоверно снижен уровень общего холестерина и повышен уровень общего билирубина. Эти изменения можно рассматривать в качестве иллюстрации повышенного использования холестерина для синтеза стероидных гормонов и обеспечения деления клеток (миоцитов). Более интенсивное образование эндогенного антиоксиданта билирубина в условиях аэробных спортивных нагрузок может быть физиологической реакцией на проявления окислительного стресса.

В таблице 2.10 представлены данные о циркулирующих в сыворотке крови транспортных и ферментативных белках у подростков позднего пубертатного возраста.

У девушек контрольной группы позднего пубертатного возраста по сравнению с юношами того же возраста налицо изменения белковых компонентов сыворотки крови, близких к уровням этих показателей у взрослых, а именно, повышение уровней ХС ЛПВП и ХС ЛПНП (признаки обратного и прямого транспорта холестерина) и снижение активности АлАТ, АсАТ, щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы.

Таблица 2.10

Содержание некоторых циркулирующих в сыворотке крови белков у подростков позднего пубертатного возраста (16–18 лет)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
Общий белок, г/л	73,0 (70,0–77,0)	72,0 (69,0–76,0)	72,5 (69,2–73,2)	72,5 (69,2–73,2)
Альбумин, г/л	43,0 (40,0–45,0)	44,0 (40,1–45,8)	43,0 (41,0–45,0)	43,0 (40,0–45,0)
Глобулины, г/л	31,0 (27,0–34,0)	29,0 (26,0–33,0)	28,0 (27,5–28,5)	29,0 (26,0–33,0)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,27 (1,10–1,43)	1,34 (1,15–1,53)	1,58 ¹ (1,28–1,65) ↑	1,50 (1,23–1,70)
ХС ПНП, ммоль/л	2,05 (1,45–2,37)	2,21 (1,80–2,60)	2,90 ¹ (2,65–3,10) ↑	2,40 ² (1,90–2,60) ↓
ОЖСС, мкмоль/л	69,0 (55,0–69,5)	51,0 ² (48,1–57,2) ↓	52,8 (49,6 – 60,1)	51,0 (48,0–58,0)
АлАТ, Ед/л	32,0 (20,0–41,0)	22,0 ² (18–30) ↓	18,0 ¹ (16,0–19,0) ↓	18,0 (15,0–22,0)
АсАТ, Ед/л	38,0 (27,0–63,0)	31,0 ² (25–41) ↓	22,0 ¹ (19,0–23,0) ↓	26,0 ² (22,0–32,0) ↑
ЩФ, Ед/л	356 (194,0–440,0)	191 ² (111–321) ↓	174 ¹ (112–196) ↓	203 ² (143–262) ↑
α-амилаза, Ед/л	51,0 (42,0–63,0)	51 (41,0–70,0)	51,0 (42,0–59,2)	54,5 (42,0–70,2)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
ГГТ, Ед/л	14,0 (11,3–17,5)	15,0 (13,0–18,0)	13,0 (10,7–19,1)	13,0 (10,8–17,0)
КФК, Ед/л	511 (346–840)	334 ² (209–581) ↓	117 ¹ (103–200) ↓	153 (112–225)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

При занятиях спортивными дозированными физическими нагрузками у юношей выявлены тенденции изменения активности АлАТ, АсАТ, щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы до уровней, приближающихся к значениям контрольной группы девушек этого возрастного периода. Следовательно, спортивные нагрузки ускоряют развитие возрастных изменений циркулирующих ферментов. У девушек спортивные дозированные физические нагрузки привели к снижению уровня ХС ЛПНП, что связано, вероятно, с завершением фазы активного роста, когда снижается потребность в прямом транспорте холестерина в клетки. Кроме того, отмечено умеренное повышение активности АсАТ и щелочной фосфатазы, обусловленные спортивными нагрузками.

В таблице 2.11 представлены данные о соотношениях основных метаболитов сыворотки крови подростков, по величине которых можно составить представление о состоянии обмена веществ у них.

Таблица 2.11

Величины метаболических коэффициентов для сыворотки крови подростков позднего пубертатного возраста (16–18 лет)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
Индекс атерогенности	1,81 (1,48–2,28)	2,00 (1,47–2,58)	2,17 (1,67–2,52)	1,89 (1,40–2,37)
А/Г	1,40 (1,20–1,60)	1,50 (1,30–1,70)	1,50 (1,43–1,58)	1,48 (1,29–1,64)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,70)	1,40 (1,20–1,70)	1,29 (1,19–1,39)	1,44 (1,16–1,72)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СДФН	Контроль	СДФН
КФК/АсАТ	15,1 (11,2–29,0)	11,3 ² (7–16) ↓	6,50 ¹ (4,60–8,14) ↓	5,92 (4,15–8,77)
КФК/ЩФ	2,00 (1,2–5,2)	1,80 (1,1–3,6)	(1,76 (1,36–2,70)	1,54 (0,68–2,11)
Глю/ОХС	1,21 (1,10–1,43)	1,21 (1,05–1,39)	0,86 ¹ (0,81–0,91) ↓	1,10 ² (0,94–1,27) ↑
Глю /ХС ЛПВП	3,58 (3,17–4,78)	3,56 (3,03–4,17)	2,96 ¹ (2,50–3,18) ↓	3,01 (2,70–3,83)
Глю/ХСЛПНП	2,53 (2,05–2,89)	2,18 (1,78–2,80)	1,49 (1,30–1,80)	1,93 ² (1,74–2,26) ↑
Глю/ТГ	6,18 (5,20–7,41)	5,75 (5,01–8,80)	6,17 (4,90–8,17)	5,96 (4,70–6,31)
Глю/Мочевина	0,93 (0,88–1,02)	1,00 (0,93 –1,13)	0,84 (0,73–1,17)	1,07 ² (0,91–1,16) ↑

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

Для сыворотки крови девушек контрольной группы позднего пубертатного возраста по сравнению с аналогичной группой юношей характерно снижение величины коэффициента КФК/АсАТ, что указывает на меньшие повреждения мембран мышечных клеток. Кроме того в сыворотке крови девушек контрольной группы также понижены величины метаболических коэффициентов Глюкоза/ОХС и Глюкоза/ХС ЛПВП, что связано, вероятно, с завершением возрастных изменений циркулирующего источника энергии – глюкозы, уровня общего холестерина и обладающего антиоксидантными свойствами ХС ЛПВП. При занятиях спортивными дозированными физическими нагрузками у юношей снижена величина коэффициента КФК/АсАТ, что свидетельствует о соответствии физических нагрузок степени повреждений мембран митохондрий и миоцитов. У девушек позднего пубертатного возраста, занимающихся спортивными дозированными физическими нагрузками, повышены метаболические коэффициенты Глюкоза/ОХС, Глюкоза/ХС ЛПНП, Глюкоза/Мочевина, что можно рассматривать

как проявление адекватных процессов транспорта общего холестерина, холестерина липопротеинов низкой плотности и процессов обезвреживания аммиака энергетическому обеспечению метаболизма циркулирующим источником энергии – глюкозой.

2.3. Гендерный анализ биохимических показателей сыворотки крови

Анализ зависимости биохимических показателей от возраста показывает, что шесть показателей изменяются по сравнению с контролем в тех или других возрастных группах при занятии систематическими дозированными нагрузками у подростков и женского, и мужского пола (рисунки 2.1–2.6).

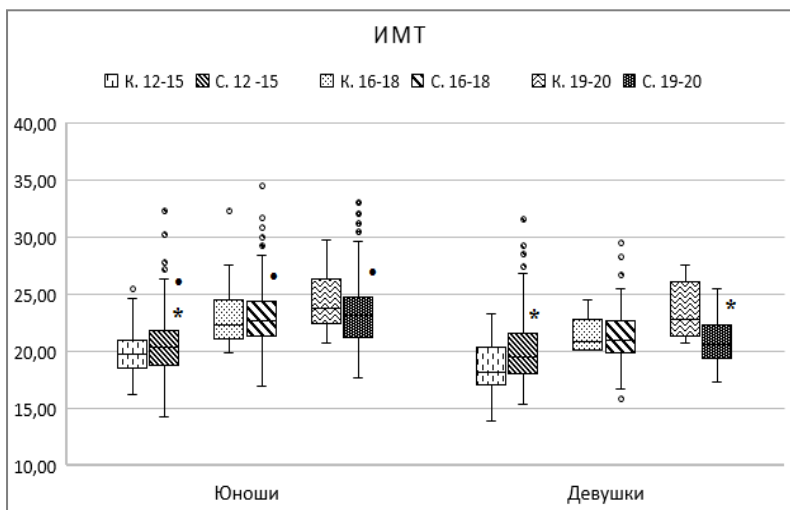


Рис. 2.1. ИМТ спортсменов мужского и женского пола исследуемых возрастных групп. Различия статистически значимы: • – между спортсменами разного пола; * – по отношению к возрастному контролю

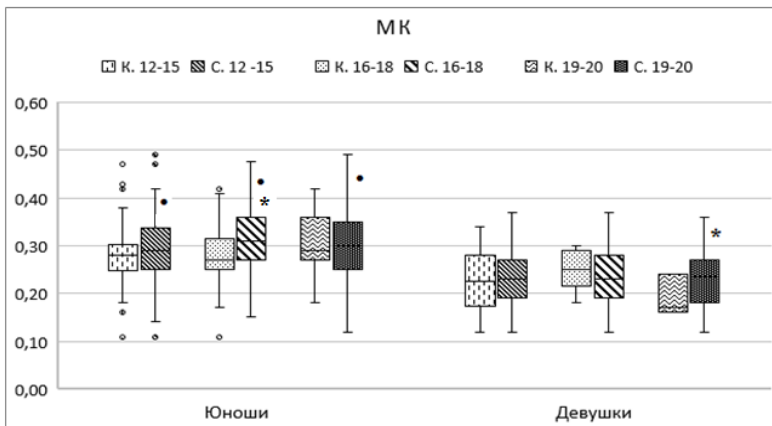


Рис. 2.2. Содержание МК в сыворотке крови спортсменов мужского и женского пола исследуемых возрастных групп. Различия статистически значимы: • – между спортсменами разного пола; * – по отношению к возрастному контролю

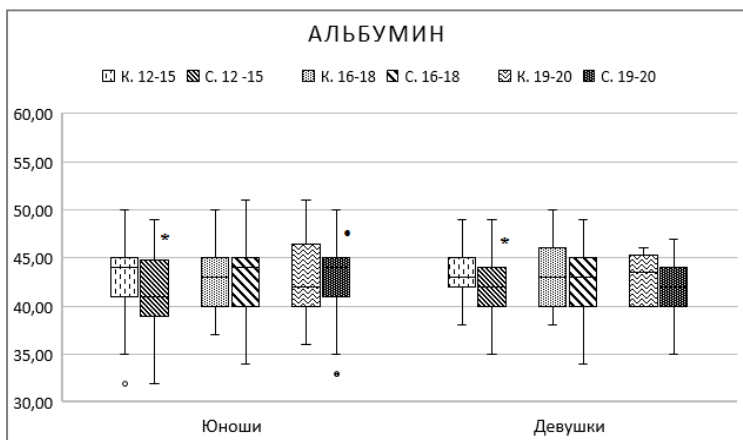


Рис. 2.3. Содержание альбумина в сыворотке крови у спортсменов мужского и женского пола исследуемых возрастных групп. Различия статистически значимы:
 • – между спортсменами разного пола;
 * – по отношению к возрастному контролю

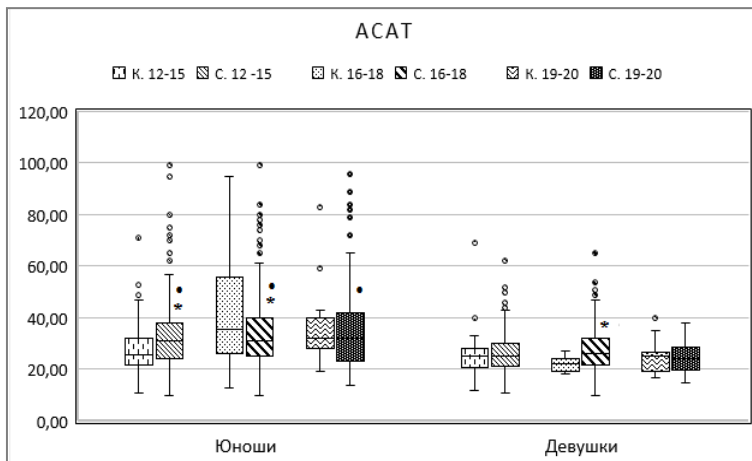


Рис. 2.4. – Активность АсАТ в сыворотке крови у спортсменов мужского и женского пола исследуемых возрастных групп. Различия статистически значимы: • – между спортсменами разного пола; * – по отношению к возрастному контролю

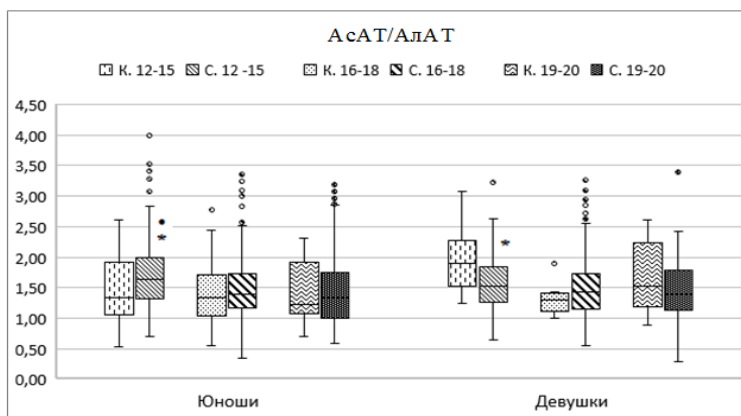


Рис. 2.5. Величины отношения АсАТ/АлАТ у спортсменов мужского и женского пола исследуемых возрастных групп. Различия статистически значимы: • – между спортсменами разного пола; * – по отношению к возрастному контролю

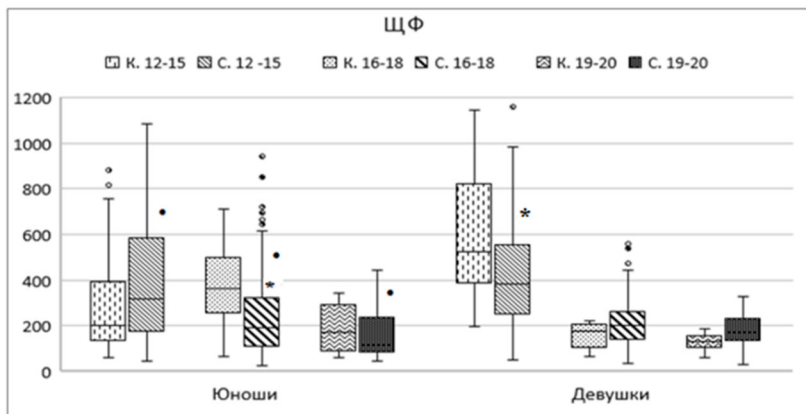


Рис. 2.6. Активность ЩФ у спортсменов мужского и женского пола исследуемых возрастных групп. Различия статистически значимы: • – между спортсменами разного пола; * – по отношению к возрастному контролю

Представляет интерес выяснить, будут ли эти показатели зависеть от пола. Оказалось, что у мужчин во всех возрастных группах по сравнению со спортсменами женского пола выше ИМТ, а также содержание МК и активность АсАТ. Повышение коэффициента де Ритиса произошло у представителей только возрастной группы 12–15 лет.

Активность ЩФ у лиц мужского пола выше в раннем подростковом, но ниже в позднем подростковом возрасте, а также в группе 19–20 лет. Так как изменения в белковом обмене не отличаются по полу, то изменения ИМТ у юношей, по всей вероятности, происходят за счет более развитой мышечной массы по сравнению с женщинами. Отличия в остальных биохимических показателях можно объяснить или различием физических нагрузок, или особенностями женского метаболизма в ответ на одинаковые нагрузки.

Итак, выявлены возрастные и половые особенности биохимических констелляций у лиц пубертатного возраста при систематических и контролируемых воздействиях физических нагрузок, которые представлены биохимическими показателями как поддерживаемыми на постоянном уровне, так и изменяющимися в возрастных группах [1–6].

1. Поддерживаемые на постоянном уровне в разных возрастных группах биохимические показатели сыворотки крови отображают стабильные фундаментальные обменные процессы, необходимые для нормального течения пубертатного периода и ответа метаболических систем организма на физические нагрузки. К ним относятся возрастные и половые особенности метаболизма:

а) биохимические показатели, которые достоверно поддерживаются на постоянном уровне у подростков контрольных групп:

– независимо от возраста и пола (общий белок, альбумин, ИА, ХС ЛПНП, ХС ЛПВП, альфа-амилаза, железо и коэффициенты Глю/ХС ЛПВП и КФК/ЩФ);

– у подростков мужского пола (глюкоза, ГГТ, коэффициент АсАТ/АлАТ);

– у подростков женского пола (мочевина, креатинин, ТГ, АлАТ, КФК, кальций, ОЖСС, калий, коэффициенты КФК/АсАТ, Глю/ХС ЛПНП);

б) биохимические показатели, которые достоверно поддерживаются на постоянном уровне у подростков, занимающихся систематическими дозированными физическими нагрузками:

– независимо от возраста и пола (ИА, общий белок, ХС ЛПВП, коэффициенты Глю/ХС ЛПВП и КФК/ЩФ);

– мужского пола (глюкоза, общий билирубин, ОХС, ХС ЛПНП и коэффициент Глю/ОХС);

– женского пола (креатинин, ТГ, кальций, калий, железо, активность АлАТ, КФК, ГГТ, альфа-амилаза, ОЖСС, коэффициент КФК/АсАТ).

в) независимо от типа физических нагрузок, возраста и пола поддерживаются постоянными величины общего белка, ХС ЛПВП, ИА и коэффициентов Глю/ХС ЛПВП и КФК/ЩФ; независимо от типа физических нагрузок и возраста у подростков мужского пола поддерживается содержание глюкозы, а у подростков женского пола поддерживается содержание ТГ, кальция, калия, активности АлАТ и КФК, величина ОЖСС и креатинина, коэффициента КФК/АсАТ;

г) гендерные различия проявились в более раннем развитии девочек, а также в более эффективном развитии адаптационных процессов девушек, так как у них в процессе полового развития (контрольные группы) поддерживается на постоянном уровне в 3,3 раза

больше показателей обмена веществ по сравнению подростками мужского пола. Однако у девушек сохранялось на постоянном уровне только в 2,2 раза больше показателей обмена веществ по сравнению подростками-спортсменами мужского пола, что может свидетельствовать о негативном влиянии интенсивных физических нагрузок на обмен веществ женского организма.

2. В контрольной группе лиц мужского пола установлены следующие особенности изменений биохимических показателей сыворотки крови:

– в возрастной группе 12–15 лет выявлены наиболее низкие величины показателей ИМТ, содержания мочевины, креатинина, общего билирубина, глобулинов, ОХС, ТГ, АлАТ, АсАТ, КФК, калия, а также величин отношений КФК/АсАТ, Глю/ХС ЛПНП; 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 возрастной группе 16–18 лет выделены самые высокие величины содержания мочевины, общего билирубина, ТГ, АлАТ, АсАТ, ЩФ, ОЖСС, калия в сыворотке крови и коэффициентов Глю/ОХС, Глю/ХС ЛПНП, которые могут быть расценены как биохимические показатели свершившегося пубертата.

3. В группе подростков мужского пола под действием систематических дозированных физически нагрузках выявлены следующие особенности:

– в группе юношей 12–15 лет ряд биохимических показателей приближаются к таковым у подростков контрольной группы 16–18 лет: содержание мочевины, МК, глобулинов, ТГ, калия, железа, активности ЩФ, ГГТ и величины отношения А/Г; это свидетельствует о том, что у занимающихся систематическими дозированными физическими нагрузками метаболические процессы в раннем подростковом возрасте 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 амилолитического распада углеводов, транспорта железа и избыточного выхода АсАТ из мышечной ткани (вероятно, за счет снижения стабильности мембран мышечных клеток);

– у юношей возрастной группы 16–18 лет по сравнению с контрольной подгруппой повышено содержание мочевины, МК и железа, а также снижены активность АлАТ, АсАТ, ЩФ, КФК и величина отношения КФК/АсАТ.

Таким образом, систематические занятия физическими упражнениями у спортсменов мужского пола 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 группы обследованных). Наибольшие нарушения обнаруживаются в раннем подростковом периоде.

4. По сравнению с подростками мужского пола у девочек в возрастной группе 7–11 лет найдены наиболее высокие величины ряда биохимических показателей: содержание глюкозы, МК, альбумина, активности АлАТ и ЩФ, а также величины отношений А/Г, Глю/ОХС. Эти наиболее высокие величины статистически значимо приближаются к таковым в контрольной группе мальчиков в 12–15 лет и могут быть критериями более раннего развития девочек.

5. В контрольной группе подростков-девочек 12–15 лет по сравнению с группой 7–11 лет установлено повышение 3-х (содержание глобулинов, активность АсАТ и величина коэффициента АсАТ/АлАТ) и снижение 2-х (содержание МК и величина отношения А/Г) биохимических показателей. Эти показатели могут быть оценены как наиболее явные критерии женского пубертата. По сравнению с ранним подростковым периодом (12–15 лет) в подгруппе 16–18 лет установлено снижение содержания общего билирубина, активности ЩФ и величин коэффициентов АсАТ/АлАТ и Глю/ОХС.

У девушек возрастной группы 12–15 лет, занимающихся систематическими дозированными физическими нагрузками, повышены по сравнению с контрольной группой только два показателя – ИМТ и величина отношения Глю/ХС ЛПНП. Величины 5-ти показателей в этом возрастном периоде были снижены: содержание глюкозы, альбуминов, ХС ЛПНП, активность ЩФ и отношения АсАТ/АлАТ. Эти данные, вероятно, демонстрируют биохимические признаки напряжения обмена веществ у спортсменок в раннем подростковом периоде.

6. У спортсменов-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 группы.

Все вышеизложенное можно кратко суммировать в трех пунктах.

1. Уровни метаболитов и неорганических биорегуляторов, определяемых в сыворотке крови, циркулирующих транспортных белков и ферментов, а также величин метаболических коэффициентов свидетельствуют о том, что возрастное становление обмена веществ у девушек раннего и позднего пубертатных периодов происходит ранее, чем у юношей тех же возрастов.

2. Систематические дозированные физические нагрузки у юношей приближают выявленные особенности обмена веществ к таковым у девушек контрольных групп, что указывает на ускорение возрастного становления обмена веществ у юношей.

3. Выявленные биохимические изменения возрастного, гендерного и спортивного типов укладываются в диапазоны нормальных значений изученных биохимических показателей, характеризующих состояние обмена веществ в процессе полового созревания и занятий регулярными физическими нагрузками.

Список использованной литературы к главе 2

1. Чиркин А.А. Активность креатинкиназы в сыворотке крови лиц, занимающихся спортом / А.А. Чиркин, Н.С. Степанова, А.Г. Тетерев // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2014. – №3. – С. 47–55.

2. Чиркин А.А. Антропометрические и биохимические признаки развития метаболического синдрома у спортсменов / А.А. Чиркин, Н.А. Степанова, М.Н. Дауб // *Медицинские новости*. – 2016. – №11. – С. 23–27.

3. Чиркин А.А. Биохимия и молекулярная биология спорта / А.А. Чиркин // *Актуальные проблемы биохимии: матер. междунар. науч.-практ. конф., с международным участием, посвященной 60-летию создания кафедры биологической химии, 31 мая 2019 г.; под ред. В.В. Лелевич [и др.]*. – Гродно: ГрГМУ, 2019. – С. 313–317.

4. Чиркин А.А. Биохимические исследования в спорте / А.А. Чиркин, Н.А. Степанова, А.И. Гурская // *Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы: матер. XII науч.-практ. конф., Минск, 11–12 апр. 2014 г. / редкол.: В.А. Прокашева (отв. ред.) [и др.]*. – Минск: БГУ, 2014. – С. 258–260.

5. Чиркин А.А. Зависимость лабораторных показателей обмена веществ и функционального состояния организма от возраста спортсменов в интервале 12–18 лет / А.А. Чиркин, М.Н. Дауб // *Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*. – 2015. – №5 (89). – С. 25–30.

6. Чиркин А.А. Лабораторные показатели состояния обмена веществ в зависимости от активности креатинфосфокиназы у мужчин-спортсменов / А.А. Чиркин, Н.С. Степанова, А.Г. Тетерев // *Вестник Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*. – 2014. – №4 (82). – С. 57–63.

ГЛАВА 3. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У ЛИЦ ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОСТИГНУТОЙ СПОРТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Для выявления биохимических особенностей обмена веществ у лиц пубертатного возраста в зависимости от достигнутой спортивной квалификации сформированы следующие группы.

Юношеские разряды:

– спортсмены мужского пола: 12–15 лет (n = 22); 16–18 лет (n = 21); в группе 19–20 лет спортсмены с юношескими разрядами отсутствовали;

– спортсмены женского пола – 12–15 лет (n = 64), в старших группах девушки с юношескими разрядами отсутствовали.

1–3 взрослые разряды:

– спортсмены мужского пола – 12–15 лет (n = 120); 16–18 лет (n = 193); 19–20 лет (n = 85);

– спортсмены женского пола 12–15 лет (n = 50); 16–18 лет (n = 35); в группе 19–20 лет лица с 1–3 взрослыми разрядами отсутствовали.

Кандидаты в мастера спорта:

– спортсмены мужского пола – 12–15 лет (n = 30); 16–18 лет (n = 121); 19–20 лет (n = 21);

– спортсмены женского пола 12–15 лет (n = 29); 16–18 лет (n = 43); 19–20 лет (n = 15).

Мастера спорта:

– спортсмены мужского пола – 12–15 лет (n = 21); 16–18 лет (n = 35); 19–20 лет (n = 57);

– спортсмены женского пола 12–15 лет (n = 15); 16–18 лет (n = 32); 19–20 лет (n = 22);

В главе 3 проанализированы возрастные и половые особенности в трех группах биохимических показателей сыворотки в зависимости от уровней спортивных квалификаций.

В таблице 3.1 представлены данные о метаболитах и неорганических биорегуляторах в сыворотке крови подростков 12–15 лет, преодолевших планки юношеских разрядов. В данной главе представлены данные, полученные при суммировании определяемых биохимических показателей при наличии 3, 2 и 1 юношеских разрядов.

Таблица 3.1

Содержание некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотке крови подростков раннего пубертатного возраста, получивших юношеские спортивные разряды

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	Юношеский разряд	Контроль	Юношеский разряд
Глюкоза, ммоль/л	4,70 (4,4–5,0)	4,65 (4,34–4,94)	4,90 (4,76–5,10)	4,84 (4,43–5,12)
Триглицериды, ммоль/л	0,60 (0,46–0,87)	0,85 ² (0,78–0,99) ↑	0,81 ¹ (0,69–1,26) ↑	0,90 (0,74–1,20)
ОХС, ммоль/л	3,80 (3,4–4,5)	4,55 (3,63–4,82)	4,20 ¹ (3,68–5,05) ↑	4,53 (3,82–5,22)
Мочевая кислота, мкмоль/л	290 (250–310)	270 (250–310)	230 (180–280)	250 (210–280)
Мочевина, ммоль/л	4,10 (3,60–4,79)	4,20 (3,74–4,35)	4,68 (3,49–5,21)	3,85 ² (3,24–4,42) ↓
Общий билирубин мкмоль/л	13,4 (11,3–16,6)	12,0 ² (9,3–15,4) ↓	14,5 (10,8–16,6)	12,6 (10,5–18,1)
Креатинин, мкмоль/л	80,0 (80,1–90,8)	80,7 (76,8–90,6)	80,0 (70,6–100)	70,4 ² (70,7–80,9) ↓
Калий, ммоль/л	4,10 (3,67–4,60)	4,02 (3,73–4,77)	4,10 (3,61–4,52)	4,12 (3,67–4,57)
Кальций, ммоль/л	2,50 (2,30–2,56)	2,24 ² (2,56–2,57) ↓	2,33 ¹ (2,21–2,40) ↓	2,38 (2,26–2,45)
Железо, мкмоль/л	16,6 (12,4–27,6)	15,9 (11,9–13,4)	18,4 (15,1–25,8)	18,8 (14,7–24,4)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении группы «Юношеский разряд» с соответствующими контрольными группами.

Как следует из данных табл. 3.1 у контрольной группы девушек раннего пубертатного возраста по сравнению с юношами в сыворотке крови повышены уровни триглицеридов, общего холестерина, и снижено содержание кальция. У юношей, получивших юношеские спортивные разряды, оказалось повышенным содержание

триглицеридов и сниженным – уровни общего билирубина и кальция. Следовательно, по содержанию триглицеридов и кальция юные спортсмены достигли уровней этих показателей, характерных для девушек контрольной группы, что еще раз подтверждает вывод о том, что спортивные дозированные физические нагрузки ускоряют биохимические процессы в раннем пубертатном возрасте у лиц мужского пола. Однако незначительное, но статистически достоверное снижение уровня общего билирубина может свидетельствовать о повышенной потребности организма спортсменов-подростков этом возрастном периоде в эндогенных антиоксидантах. У девушек раннего пубертатного возраста при достижении нормативов юношеских спортивных разрядов оказались сниженными в сыворотке крови уровни мочевины и креатинина, что может указывать на изменения гидратации тканей организма.

В таблице 3.2 представлены данные о циркулирующих белках в сыворотке крови подростков 12–15 лет, преодолевших планки юношеских разрядов.

Таблица 3.2

Содержание некоторых белков и ферментов в сыворотке крови подростков раннего пубертатного возраста, получивших юношеские спортивные разряды

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	Юношеский разряд	Контроль	Юношеский разряд
Общий белок, г/л	71,0 (68,0–73,0)	69,0 (66,0–73,0)	74,0 (69,0–76,7)	72,0 (69,0–75,0)
Альбумин, г/л	44,0 (41,0–45,0)	40,0 (38,5–44,0)	43,0 (42,0–45,0)	43,0 (40,0–44,0)
Глобулины, г/л	26,0 (24,0–31,0)	29,0 (27,2–31,7)	30,0 ¹ (26,0–33,5) ↑	30,0 (27,0–33,0)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,18 (1,10–1,34)	1,30 (1,26–1,50)	1,43 ¹ (1,40–1,62) ↑	1,49 (1,28–1,64)
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,30 (1,89–2,37)	2,32 (2,19–3,20)	2,93 ¹ (2,36–3,49) ↑	2,60 (2,12–3,10)
ОЖСС, мкмоль/л	62,5 (54,7–67,0)	49,6 ² (46,3–54,8) ↓	55,0 (51,2–64,7)	44,3 ² (40,8–51,2) ↓
АЛАТ, Ед/л	19,0 (15,0–23,0)	18,8 (16,9–20,7)	14,0 ¹ (11,0–21,0) ↓	16,4 (13,8–18,7)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	Юношеский разряд	Контроль	Юношеский разряд
АсАТ, Ед/л	25,5 (22,0–32,0)	30,8 (24,9–32,4)	25,0 (21,2–27,7)	23,9 (20,1–25,9)
ЩФ, Ед/л	307 (140–484)	481 (209–638)	202 ¹ (150–396) ↓	138 ² (97–304) ↓
α-амилаза, Ед/л	58,0 (43,0–78,0)	100,3 ² (47,8–113,2) ↑	57,5 (46,5–77,5)	51,5 (37,2–84,8)
ГГТ, Ед/л	13,0 (11,0–15,0)	15,8 (12,6–16,3)	12,5 (10,0–15,0)	14,2 (10,7–16,8)
КФК, Ед/л	263 (182–376)	173 ² (120–224) ↓	141 ¹ (124–179) ↓	139 (98–177)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении спортивной квалификации «юношеский разряд» с соответствующими контрольными группами.

У девушек контрольной группы повышено содержание трех показателей (глобулины, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП), и снижены три показателя (активность АЛАТ, ЩФ и КФК), что свидетельствует о более быстром совершенствовании обмена веществ у них по сравнению с подростками мужского пола. Спортивные дозированные физические нагрузки в раннем пубертатном возрасте, позволившим преодолеть нормативы юношеских спортивных разрядов, вызвали снижение величин ОЖСС у подростков обоего пола, а также у девушек снижение активности ЩФ, а у юношей – повышение активности альфа-амилазы. Если у девушек снижение активности ЩФ при спортивных занятиях укладывается в возрастную динамику фермента, то у юношей повышение активности альфа-амилазы демонстрирует проблему с гидролитическим распадом пищевых гомополисахаридов. Снижение величин ОЖСС косвенно демонстрирует недостаточность биохимических систем подростков для обеспечения выносливости организма к возрастающим физическим нагрузкам.

В таблице 3.3 представлены данные о метаболических коэффициентах для сыворотки крови подростков 12–15 лет, преодолевших планки юношеских разрядов.

Таблица 3.3

Метаболические коэффициенты для сыворотки крови подростков раннего пубертатного возраста, получивших юношеские спортивные разряды

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	Юношеский разряд	Контроль	Юношеский разряд
Индекс атерогенности	1,98 (1,81–2,37)	2,09 (2,06–2,74)	2,00 (1,83–2,48)	2,02 (1,60–2,67)
А/Г	1,70 (1,40–1,90)	1,39 ² (1,21–1,63) ↓	1,46 ¹ (1,28–1,58) ↓	1,39 (1,24–1,56)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,90)	1,54 (1,36–1,76)	1,90 ¹ (1,56–2,23) ↑	1,47 (1,25–1,79)
КФК/АсАТ	10,0 (7,40–14,8)	6,00 ² (4,51–7,23) ↓	5,81 ¹ (5,25–7,07) ↓	6,13 (4,93–8,11)
КФК/ЩФ	1,15 (0,56–2,23)	0,39 ² (0,25–1,01) ↓	0,80 (0,40–1,18)	0,88 (0,51–1,290)
Глю/ОХС	1,16 (1,06–1,34)	1,08 ² (0,96–1,32) ↓	1,12 (0,96–1,29)	1,06 (0,94–1,29)
Глю /ХС ЛПВП	3,76 (3,21–4,10)	3,52 (3,19–3,96)	3,43 (2,91–3,59)	3,33 (2,83–3,94)
Глю/ХСЛПНП	1,96 (1,60–2,30)	1,96 (1,56–2,16)	1,70 (1,50–1,88)	1,82 (1,54–2,29)
Глю/ТГ	7,59 (5,53–10,2)	5,41 ² (5,03–5,61) ↓	5,64 (3,86–7,17)	5,41 ² 4,24–7,65) ↓
Глю/Мочевина	1,11 (0,98–1,36)	1,15 (1,14–1,18)	1,02 (0,98–1,32)	1,23 (0,94–2,03)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

По сравнению с юношами у девушек раннего пубертатного возраста снижены величины двух коэффициентов (Альбумины/Глобулины и КФК/АсАТ) и повышен коэффициент де Ритиса. При занятиях спортом у юношей, преодолевших нормативы «юношеских

спортивных разрядов» оказались сниженными пять коэффициентов, два как у девушек контрольной группы – Альбумин/Глобулины и КФК/АсАТ и дополнительно КФК/ЩФ, Глю/ОХС и Глюкоза/ТГ. Уменьшение этих коэффициентов связано с большим разбросом данных и тенденцией к увеличению содержания глобулинов, общего холестерина, активности АсАТ и ЩФ и статистически достоверным повышением содержания триглицеридов.

Поэтому для части подростков мужского пола достижение квалификации «юношеский спортивный разряд» сопряжено с напряжением обмена веществ. У спортсменов-девушек достижение квалификации «юношеские спортивные разряды» сопровождалось незначительным, хотя и статистически достоверным, уменьшением коэффициента Глюкоза/ТГ. По всей видимости, состояние обмена веществ у девушек раннего пубертатного возраста более адекватно предъявляемым физическим нагрузкам.

В таблице 3.4 представлены данные о метаболитах и неорганических биорегуляторах в сыворотке крови подростков 12–15 лет, преодолевших планки спортивных квалификаций в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта».

У спортсменов всех спортивных квалификаций повышалась концентрация мочевины, что демонстрирует, вероятно, усиление процессов образования аммиака и способность печени его нейтрализовать путем превращения в мочевину. У спортсменок уровень мочевины снижался только при квалификации «мастер спорта». При анализе краткосрочных и долгосрочных циркулирующих в крови источников энергии установлены различающиеся изменения. Так у спортсменов уровни глюкозы не изменялись по мере роста спортивной квалификации. У спортсменок с взрослыми разрядами и мастеров спорта уровни глюкозы снижались, но при квалификации «кандидат в мастера спорта» соответствовали контрольному уровню. Аналогичная ситуация была отмечена при оценке содержания и триглицеридов у спортсменок. У спортсменов уровни триглицеридов сохранялись на контрольном уровне при квалификации «кандидат в мастера спорта» и повышались при квалификациях «взрослые разряды» и «мастер спорта». Содержание креатинина не изменялось по мере возрастания спортивной квалификации у спортсменок и повышалось при квалификациях «кандидат в

мастера спорта» и «мастер спорта» у спортсменов. Уровень кальция был снижен при достижении квалификаций «взрослые разряды» и «мастер спорта» у спортсменов, а у спортсменок находился на уровне пониженных контрольных значений. Общий анализ выявленных изменений показывает, что для спортивного роста спортсменок раннего пубертатного возраста требуются дополнительные источники энергии. У спортсменов раннего пубертатного возраста, вероятно, недостаточна исходная способность обезвреживания аммиака в печени. Плавный рост спортивной квалификации подростков обоего пола несколько затрудняется на этапе квалификации «кандидат в мастера спорта», возможно, из-за приостановки динамики триглицеридов и кальция у спортсменов, а также глюкозы и триглицеридов у спортсменок. В целом серьезных нарушений обмена веществ по мере роста спортивной квалификации у спортсменов обоего пола раннего пубертатного периода не выявлено. Об этом также свидетельствует тот факт, что биохимические показатели ОХС, мочева кислота, общий билирубин, калий и железо в диапазоне достигнутых квалификаций «взрослые разряды – мастер спорта» не изменялись и поддерживались в рамках контрольных величин у юных спортсменов мужского и женского рода.

В таблице 3.5 представлены данные о циркулирующих белках в сыворотке крови подростков 12–15 лет, преодолевших планки спортивных квалификаций в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта».

Из анализа данных таблицы 3.5 следует, что три биохимических показателя циркулирующих белков сыворотки крови не изменяются у подростков обоего пола по мере преодоления планок спортивных квалификаций: общий белок, активность ГГТ и КФК. У спортсменов раннего пубертатного возраста дополнительно не претерпевают изменений по мере роста спортивной квалификации уровни ХС ЛПВП, ХС ЛПНП и активность АлАТ. Поэтому можно полагать, что у спортсменов прямой и обратный транспорт холестерина не изменяется, вероятно, за счет сохранения функционального состояния печени. В то же время у них повышается активность АсАТ и снижается ОЖСС, что может указывать на увеличенную мышечную активность с потенциальной недостаточностью выносливости. Активность щелочной фосфатазы повышена только

при преодолении планки взрослых разрядов. Линейность изменения трех биохимических показателей – содержание альбуминов, глобулинов и активность альфа-амилазы прерываются на этапе преодоления спортивной специализации «кандидат в мастера спорта».

У спортсменок раннего пубертатного возраста по мере преодоления спортивных квалификаций на постоянном уровне сохраняются пять биохимических показателей – содержание общего белка, глобулинов, активности ГГТ и КФК. На всех ступенях преодоления этапов спортивного мастерства снижено содержание ХС ЛПНП, что, вероятно, свидетельствует о снижении потребности в холестероле для построения мембран клеток и синтеза стероидных гормонов из-за завершающихся процессов полового созревания и роста тела. После преодоления нормативов «кандидата в мастера спорта» и «мастера спорта» снижается активность щелочной фосфатазы, что соответствует срокам созревания скелета, а получение квалификации «мастер спорта» у спортсменок сопряжено с уменьшением количества ХС ЛПВП. В отличие от спортсменов, у спортсменок пубертатного периода величина ОЖСС снижена только на этапе преодоления норматива «взрослых разрядов». В то же время динамика трех биохимических показателей прерывается по мере преодоления спортивных квалификаций, как и у подростков мужского пола, на этапе преодоления планки «кандидат в мастера спорта»: содержание альбумина, активность АлАТ и АсАТ.

Таким образом, подростки женского пола в раннем пубертатном возрасте в большей степени адаптируются к физическим нагрузкам на пути спортивного совершенства по сравнению с подростками мужского пола, поскольку у них больше белковых показателей сохраняются на постоянном уровне, а, следовательно, у них совершеннее процессы адаптации. По всей видимости это связано с более ранним началом полового созревания.

Однако линейность изменения трех белковых показателей – содержание альбумина, глобулинов и альфа-амилазы у спортсменов и альбумина, АлАТ и АсАТ прерываются на этапе преодоления спортивной специализации «кандидат в мастера спорта».

В таблице 3.6 представлены данные о метаболических коэффициентах для сыворотки крови подростков 12–15 лет, в процессе

преодоления нормативов спортивной квалификации в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта».

Согласно анализу метаболических коэффициентов (таблица 3.6) подростки женского пола успешнее, чем подростки мужского пола преодолевают нормативы в диапазоне спортивных квалификаций «взрослые разряды – мастер спорта», поскольку у них на постоянном уровне сохраняется семь коэффициентов, а у подростков мужского пола – всего четыре коэффициента. Поэтому можно полагать, что адаптационные процессы в обмене веществ у спортсменок пубертатного возраста сформированы лучше, чем у спортсменов пубертатного возраста. У спортсменов и спортсменок выявлено практически одинаковое по величине повышение величин коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП в процессе преодоления нормативов взрослых разрядов и кандидата в мастера спорта. Этот коэффициент характеризует зависимость между текущим энергетическим обеспечением физической активности и прямым транспортом холестерина для образования мембран клеток и, вероятно, прежде всего, миоцитов в гипертрофирующихся мышцах при спортивных дозированных занятиях физическими упражнениями возрастающей интенсивности. У подростков пубертатного возраста при выполнении нормативов «взрослые разряды» проявляются признаки повреждения мышц, т.к. повышены коэффициенты АсАТ/АлАТ и снижен КФК/АсАТ. При преодолении спортивной квалификации «мастер спорта» у подростков мужского пола раннего пубертатного возраста незначительно, но статистически достоверно, уменьшается коэффициент Глюкоза/ОХС, что, вероятно, связано с возрастным увеличением концентрации общего холестерина в процессе полового созревания. Для динамики двух метаболических коэффициентов Альбумин/Глобулины и Глюкоза/Мочевина в процессе преодоления рубежей спортивной квалификации на этапе квалификации «кандидат в мастера спорта» наблюдается нарушение линейности изменения их величин у подростков мужского рода.

У подростков женского пола увеличен индекс атерогенности при преодолении нормативов «взрослые разряды», вероятно, стрессового характера и при преодолении нормативов «мастер спорта» увеличен коэффициент КФК/ЩФ, что связано с высокой

нагрузкой на костно-мышечную систему спортсменов в процессе преодоления этого высшего рубежа спортивных квалификаций.

В таблице 3.7 представлены данные о метаболитах и неорганических биорегуляторах в сыворотке крови подростков 16–18 лет, преодолевших планки спортивных квалификаций в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта».

Из анализа данных таблицы 3.7 следует, что у юношей при перемещении по шкале спортивных квалификаций сохраняются на постоянном уровне пять биохимических показателей обмена веществ в сыворотке крови – содержание глюкозы, триглицеридов, креатинина, калия и кальция, а у девушек позднего пубертатного возраста сохраняются на постоянном уровне семь биохимических показателей – содержание глюкозы, мочевой кислоты, мочевины, креатинина, калия, кальция и железа.

Для динамики двух биохимических показателей – мочевого кислоты и железа в процессе преодоления рубежей спортивной квалификации на этапе квалификации «кандидат в мастера спорта» наблюдается нарушение закономерности изменения их величин у только у юношей. У девушек такой аномалии метаболических реакций не выявлено. Ранее было отмечено, что в контрольной группе девушек по сравнению с юношами отмечено более высокое содержание общего холестерина. При достижении спортивной квалификации «мастер спорта» юношами отмечено увеличение содержания общего холестерина, а у девушек на всех этапах возрастания уровня спортивной квалификации – уменьшение уровня общего холестерина. По всей видимости, занятия спортом формируют фонд холестерина, необходимый для данного возрастного периода. Такое предположение кажется важным, поскольку холестерин представляет собой молекулу, имеющую только одну функциональную группу, состоящую из 27 атомов углерода, которые происходят из центрального метаболита общего пути катаболизма – ацетил-КоА. Холестерин выводит избытки атомов углерода из организма в виде желчных кислот, служит основой для образования стероидных гормонов и определяет степень жидкости клеточных мембран. У юношей повышено содержание мочевины при преодолении нормативов «кандидат в мастера спорта» и «мастер спорта» и снижено содержание общего билирубина при преодоле-

нии планки спортивной квалификации «мастер спорта». Эти данные можно трактовать как возрастные изменения обмена веществ при занятиях спортом, необходимые для обезвреживания аммиака и свидетельствующие о снижении катаболизма гем-содержащих молекул. У девушек при преодолении нормативов «кандидат в мастера спорта» и «мастер спорта» наоборот повышается содержание общего билирубина, что связано, вероятно, с избыточным разрушением гем-содержащих белков для обеспечения антиоксидантных эффектов при проявлениях окислительного стресса. Кроме того, при преодолении нормативов спортивной квалификации «мастер спорта» у девушек отмечено снижение уровня долгосрочного циркулирующего источника энергии – триглицеридов.

В таблице 3.8 представлены данные о циркулирующих белках в сыворотке крови у спортсменов 16–18 лет в процессе преодоления нормативов спортивных квалификаций в диапазоне «взрослые ряды – мастер спорта».

Как видно из материалов таблицы 3.8, концентрации большинства циркулирующих белков сыворотки крови у спортсменов позднего пубертатного возраста поддерживается на постоянном уровне, в том числе у юношей семь, а у девушек девять биохимических показателей. Следовательно, в этом возрастном периоде транспорт основных белков в сыворотке крови уже, практически, не зависит от степени физических нагрузок. Это определяет стабильность развития адаптации обмена веществ к возрастающим физическим нагрузкам.

Следует обратить внимание на то, что показатель ХС ЛПНП, оценивающий выраженность прямого транспорта холестерина, был примерно на треть выше в контрольной группе девушек по сравнению с контрольной группой юношей. Систематические дозированные физические нагрузки примерно уравнили величины этого показателя при преодолении всех уровней спортивных квалификаций у спортсменов обоего пола позднего пубертатного периода. Аналогичная ситуация сложилась при анализе изменений активности АЛТ, АсАТ, ЩФ и КФК. Для контрольных значений этих показателей, характеризующих проницаемость мембран, степень созревания костной ткани и повреждения миоцитов, были существенно выше у юношей, но после преодоления возрастающих нормативов

при перемещении по шкале спортивной квалификации эти показатели практически уравнились у спортсменов позднего пубертатного периода обоего пола.

В таблице 3.9 представлены данные о метаболических коэффициентах для сыворотки крови спортсменов позднего пубертатного возраста, преодолевших планки спортивных квалификаций в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта».

В процессе преодоления нормативов спортивных квалификаций в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта» в периоде позднего пубертата на постоянном уровне у юношей сохранялись четыре метаболических коэффициента (Альбумин/Глобулины, АсАТ/АлАТ, Глюкоза/ОХС и Глюкоза/Мочевина), тогда как у девушек таких коэффициентов оказалось семь (Индекс атерогенности, Альбумины/Глобулины, АсАТ/АлАТ, КФК/АсАТ, КФК/ЩФ, Глюкоза/ХС ЛПВП, Глюкоза/Мочевина). Контрольные величины коэффициента КФК/АсАТ у юношей более, чем в два раза превышали значения этого коэффициента у девушек. В процессе перемещения по шкале спортивных квалификаций значения этого коэффициента статистически достоверно снижались у юношей в область значений, характерных для девушек. Аналогичные изменения были характерны для динамики коэффициента КФК/ЩФ у юношей при достижении нормативов спортивных квалификаций «кандидат в мастера спорта» и «мастер спорта». Наиболее рельефно гендерные особенности такого типа изменения прослежены при анализе динамики метаболического коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП. У девушек контрольной группы по сравнению с юношами контрольной группы величины этого коэффициента были ниже. Однако на этапах преодоления нормативов спортивных квалификаций величины коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП уравнились, что и является контролируемым метаболическим критерием развития адаптационных процессов на возрастающую физическую нагрузку. В то же время при практически одинаковых величинах метаболического коэффициента Глюкоза/Триглицериды в контрольных группах юношей и девушек, потребовалось увеличение этого коэффициента у юношей при преодолении нормативов «взрослые разряды», а у девушек при преодолении норматива спортивной квалификации «мастер спорта». В целом такие измене-

ния у спортсменов позднего пубертатного возраста свидетельствуют об адаптации костно-мышечной системы и обмена веществ к возрастающим по мощности физическим нагрузкам. У девушек эти адаптационные механизмы уже были сформированы, а у юношей они формировались в процессе преодоления возрастающих нагрузок.

Нарушение линейной зависимости изменений метаболического коэффициента Глюкоза/ХС ЛПВП было выявлено только у юношей при преодолении норматива спортивной квалификации «кандидат в мастера спорта».

В завершении изложения материалов о зависимости биохимических изменений сыворотки крови в процессе преодоления нормативов спортивных квалификаций, следует отметить, что в возрастной группе 12–15 лет у спортсменов обоего пола и в возрастной группе 16–18 лет у спортсменов юношей, возможны изменения линейности в динамике некоторых биохимических параметров на этапе преодоления планки спортивной квалификации «кандидат в мастера спорта».

Таблица 3.4

Содержание некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотке крови подростков раннего пубертатного возраста (12–15 лет), преодолевших спортивные нормативы в диапазоне взрослые разряды – мастер спорта

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	BP	КМС	МС	Контроль	BP	КМС	МС
Глюкоза, ммоль/л	4,79 (4,44–5,07)	4,64 (4,16–5,14)	4,66 (4,33–4,97)	4,56 (4,17–4,75)	4,90 (4,76–5,10)	4,64 ² (4,83–4,79) ↓	4,79 (4,25–5,72)	4,35 ² (4,61–4,78) ↓
Триглицериды, ммоль/л	0,60 (0,46–0,87)	0,74 ² (0,53–1,00) ↑	0,68 (0,50–1,00)	0,81 ² (0,71–1,24) ↑	0,81 ¹ (0,69–1,26) ↑	0,70 ² (0,60–0,83) ↓	0,77 (0,52–1,23)	0,66 ² (0,43–1,53) ↓
ОХС, ммоль/л	3,80 (3,4–4,5)	3,95 (3,54–4,52)	3,95 (3,57–4,35)	4,17 (3,83–4,97)	4,20 ¹ (3,68–5,05) ↑	4,62 (3,78–4,67)	4,42 (3,87–4,68)	4,10 (3,74–4,76)
Мочевая кислота, мкмоль/л	290 (250–310)	290 (240–340)	280 (250–310)	300 (270–340)	230 (180–280)	200 (180–250)	230 (190–250)	220 (180–250)
Мочевина, ммоль/л	4,10 (3,60–4,79)	4,36 ² (3,37–5,32) ↑	5,32 ² (4,53–6,31) ↑	5,65 ² (4,82–5,67) ↑	4,68 (3,49–5,21)	4,60 (3,43–4,26)	4,78 (3,86–5,76)	3,75 ² (2,79–4,32) ↓
Общий билирубин мкмоль/л	13,4 (11,3–16,6)	13,4 (10,7–17,8)	14,8 (10,8–23,7)	13,3 (10,6–15,8)	14,5 (10,8–16,6)	13,8 (10,7–21,4)	13,7 (11,4–21,5)	13,5 (10,1–15,1)
Креатинин, мкмоль/л	80,0 (80,7–90,8)	80,8 (80,7–90,4)	90,7 ² (80,8–100) ↑	90,4 ² (80,3–108) ↑	80,0 (70,4–100)	90,8 (80,9–90,5)	80,6 (70,9–80,3)	80,4 (70,5–90,8)
Калий, ммоль/л	4,10 (3,67–4,60)	4,58 (4,40–5,65)	4,49 (3,88–4,77)	4,13 (3,25–4,95)	4,10 (3,61–4,52)	4,25 (3,77–4,76)	4,33 (4,71–4,68)	4,14 (3,28–4,28)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Кальций, ммоль/л	2,50 (2,30–2,56)	2,35 ² (2,25–2,44) ↓	2,44 (2,72–2,57)	2,13 ² (2,72–2,53) ↓	2,33 ¹ (2,21–2,40) ↓	2,35 (2,24–2,46)	2,17 (2,25–2,42)	2,80 (2,52–2,84)
Железо, мкмоль/л	16,6 (12,4–27,6)	16,7 (12,2–18,9)	16,5 (8,55–18,7)	14,5 (10,5–15,0)	18,4 (15,1–25,8)	16,4 (12,2–18,3)	17,6 (13,2–21,6)	15,4 (12,6–22,3)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении спортивной квалификации с соответствующими контрольными группами.

Таблица 3.5

Циркулирующие белки в сыворотке крови подростков 12–15 лет, преодолевших планки спортивных квалификаций в диапазоне взрослые разряды – мастер спорта

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Общий белок, г/л	71,0 (68,0–73,0)	71,0 (68,0–75,0)	71,5 (68,0–75,0)	72,5 (68,5–76,5)	74,0 (69,0–76,7)	71,0 (68,0–75,0)	73,5 (70,0–77,2)	70,0 (64,5–75,2)
Альбумин, г/л	44,0 (41,0–45,0)	41,0 ² (38,0–44,0) ↓	43,0 (41,0–45,0)	40,0 ² (40,0–43,0) ↓	43,0 (42,0–45,0)	42,0 ² (40,0–44,0) ↓	43,0 (40,5–45,0)	41,5 ² (38,5–43,0) ↓
Глобулины, г/л	26,0 (24,0–31,0)	30,0 ² (28,0–33,0) ↑	29,0 (26,5–31,5)	32,0 ² (29,0–36,5) ↑	30,0 ¹ (26,0–33,5) ↑	29,0 (26,7–34,0)	31,0 (28,0–34,0)	28,0 (26,2–31,5)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,18 (1,10–1,34)	1,27 (1,00–1,53)	1,23 (1,39–1,75)	1,16 (1,00–1,41)	1,43 ¹ (1,40–1,62) ↑	1,46 (1,30–1,60)	1,36 (1,16–1,59)	1,23 ² (1,10–1,32) ↓

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,30 (1,89–2,37)	2,01 (1,60–2,59)	2,08 (1,63–2,20)	2,40 (2,50–3,30)	2,93 ¹ (2,36–3,49) ↑	2,24 ² (1,80–2,66) ↓	2,24 ² (1,95–2,49) ↓	2,18 ² (1,84–3,10) ↓
ОЖСС, мкмоль/л	62,5 (54,7–67,0)	54,8 ² (49,6–57,6) ↓	53,5 ² (50,8–59,4) ↓	55,7 ² (46,1–56,7) ↓	55,0 (51,2–64,7)	53,6 ² (48,6–56,8) ↓	57,6 (51,3–60,7)	58,9 (52,5–61,3)
АлАТ, Ед/л	19,0 (15,0–23,0)	18,9 (14,5–23,5)	19,3 (17,7–26,3)	18,7 (16,2–24,9)	14,0 ¹ (11,0–21,0) ↓	18,3 ² (15,6–22,7) ↑	15,7 (13,2–18,7)	18,3 ² (14,8–29,3) ↑
АсАТ, Ед/л	25,5 (22,0–32,0)	31,4 ² (26,7–38,1) ↑	29,6 ² (24,7–41,2) ↑	30,5 ² (24,8–32,4) ↑	25,0 (21,2–27,7)	28,7 ² (22,4–32,7) ↑	25,3 (22,8–27,8)	32,2 ² (25,4–39,3) ↑
ЩФ, Ед/л	307 (140–484)	356 ² (178–654) ↑	233 (188–511)	251 (174–318)	202 ¹ (150–396) ↓	220 (144–383)	115 ² (92–209) ↓	127 ² (77–216) ↓
α-амилаза, Ед/л	58,0 (43,0–78,0)	89,2 ² (51,6–130) ↑	54,7 (41,8–64,5)	141 ² (102–146) ↑	57,5 (46,5–77,5)	56,8 (43,7–90,5)	58,5 (45,8–87,7)	52,5 (40,8–60,5)
ГГТ, Ед/л	13,0 (11,0–15,0)	14,5 (12,6–17,8)	15,2 (12,7–19,6)	15,4 (12,3–15,8)	12,5 (10,0–15,0)	12,5 (10,6–14,3)	12,9 (9,7–16,4)	14,6 (11,7–19,3)
КФК, Ед/л	263 (182–376)	249 (174–409)	310 (202–519)	232 (166–353)	141 ¹ (124–179) ↓	167 (112–271)	146 (109–168)	162 (119–270)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

Таблица 3.6

Метаболические коэффициенты для сыворотки крови подростков раннего пубертатного возраста (12–15 лет) в процессе преодоления нормативов в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта»

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Индекс атерогенности	1,98 (1,81–2,37)	2,12 (1,63–2,44)	1,96 (1,30–1,90)	2,03 (1,62–3,45)	2,00 (1,83–2,48)	1,62 ² (1,45–2,19) ↓	1,99 (1,40–2,47)	2,18 (1,64–3,27)
А/Г	1,70 (1,40–1,90)	1,34 ² (1,19–1,56) ↓	1,76 (1,30–1,76)	1,29 ² (1,06–1,56) ↓	1,46 ¹ (1,28–1,58) ↓	1,46 (1,24–1,62)	1,37 (1,24–1,54)	1,41 (1,30–1,46)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,90)	1,77 ² (1,34–2,12) ↑	1,46 (1,31–1,92)	1,38 (1,29–1,89)	1,90 ¹ (1,56–2,23) ↑	1,67 (1,27–1,92)	1,75 (1,34–1,96)	1,69 (1,25–1,85)
КФК/АсАТ	10,0 (7,40–14,8)	8,56 ² (6,14–12,1) ↓	9,85 (7,24–12,9)	9,54 (6,43–12,3)	5,81 ¹ (5,25–7,07) ↓	5,97 (4,66–9,40)	5,60 (4,10–7,99)	6,52 (6,15–7,50)
КФК/ЩФ	1,15 (0,53–2,25)	0,95 (0,38–1,77)	1,29 (0,50–2,59)	1,37 (0,95–2,03)	0,80 (0,40–1,18)	0,74 (0,43–1,60)	1,08 (0,61–1,54)	1,78 ² (0,94–3,68) ↑
Глю/ОХС	1,16 (1,06–1,34)	1,19 (1,00–1,41)	1,12 (0,98–1,38)	1,02 ² (0,89–1,21) ↓	1,12 (0,96–1,29)	1,11 (0,98–1,29)	1,21 (1,02–1,30)	1,17 (1,02–1,24)
Глю /ХС ЛПВП	3,76 (3,21–4,10)	3,67 (3,12–4,54)	3,43 (2,95–3,78)	3,87 (3,32–4,75)	3,43 (2,91–3,59)	3,07 (2,81–3,71)	3,48 (2,96–4,31)	3,64 (3,33–4,15)
Глю/ХСЛПНП	1,96 (1,60–2,30)	2,23 ² (1,84–2,85) ↑	2,19 ² (2,01–2,91) ↑	1,73 (1,38–1,98)	1,70 (1,50–1,88)	2,09 ² (1,70–2,55) ↑	2,27 ² (2,12–2,48) ↑	1,86 (1,77–2,35)
Глю/ТГ	7,59 (5,53–10,2)	6,22 (4,54–8,43)	6,34 (4,78–9,21)	6,21 (4,43–8,91)	5,64 (3,86–7,17)	5,65 (4,65–9,13)	6,39 (4,23–8,67)	6,81 (4,57–8,39)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Глю/Мочевина	1,11 (0,98-1,36)	1,02 (0,91-1,53)	0,82 ² (0,72-1,43) ↓	0,99 (0,6-1,35)	1,02 (0,98-1,32)	1,04 (0,88-1,86)	1,02 (0,78-1,98)	1,22 (0,78-1,76)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении СДФН с соответствующими контрольными группами.

Таблица 3.7

Содержание некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотки крови спортсменов мужского и женского пола позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от спортивной квалификации

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Глюкоза, ммоль/л	4,60 (4,40-5,20)	4,76 (4,62-5,14)	4,76 (4,36-5,13)	4,93 (4,44-5,58)	4,39 (4,10-4,75)	4,45 (4,39-4,88)	4,54 (4,02-5,90)	4,36 (4,12-5,07)
Триглицериды, ммоль/л	0,80 (0,50-1,04)	0,72 (0,53-1,07)	0,73 (0,54-1,08)	0,94 (0,67-1,17)	0,79 (0,65-1,01)	0,75 (0,52-1,00)	0,75 (0,60-1,00)	0,60 ² (0,50-0,90) ↓
ОХС, ммоль/л	3,90 (3,50-4,30)	3,72 (3,44-4,33)	4,10 (3,62-4,56)	4,62 ² (3,62-4,98) ↑	5,04 ¹ (5,00-5,30) ↑	4,17 ² (3,85-4,95) ↓	4,01 ² (3,6-4,64) ↓	4,11 ² (3,71-5,87) ↓
Мочевая кислота, мкмоль/л	270 (250-310)	310 ² (270-360) ↑	280 (260-330)	330 ² (300-363) ↑	250 (220-208)	220 (180-290)	230 (200-280)	230 (200-250)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Мочевина, ммоль/л	4,60 (3,90–5,59)	5,10 (4,71–5,82)	5,91 ² (4,42–6,51) ↑	5,82 ² (4,54–6,29) ↑	5,20 (3,50–6,50)	4,51 (3,21–5,13)	4,70 (3,83–5,64)	4,31 (3,44–5,57)
Общий билирубин мкмоль/л	15,4 (12,6–18,6)	14,6 (10,8–21,2)	13,9 (10,7–22,0)	11,6 ² (10,1–20,6) ↓	11,8 ¹ (10,6–13,0) ↓	12,8 (10,5–21,2)	14,8 ² (11,6–21,8) ↑	16,9 ² (10,9–21,1) ↑
Креатинин, мкмоль/л	90,2 (80,3–100)	100 (90,6–110)	90,3 (90,8–100)	90,5 (90,3–100)	90,3 (90,0–100)	90,1 (80,4–98,8)	80,2 (80,0–90,2)	85,5 (80,1–90,5)
Калий, ммоль/л	4,80 (3,98–5,30)	4,41 (3,93–4,75)	4,53 (4,22–4,98)	4,44 (3,73–5,28)	4,55 (4,05–5,13)	4,36 (4,01–5,20)	4,17 (4,20–4,74)	4,22 (3,9–4,61)
Кальций, ммоль/л	2,40 (2,32–2,50)	2,31 (2,02–2,51)	2,14 (1,92–2,49)	2,63 (2,26–2,97)	2,30 ¹ (2,25–2,35) ↓	2,35 (2,12–2,49)	2,30 (2,20–2,48)	2,31 (2,22–2,54)
Железо, мкмоль/л	14,1 (11,0–16,6)	18,4 ² (12,5–22,8) ↑	15,1 (12,6–20,4)	17,5 ² (13,4–19,6) ↑	14,8 (11,1–18,8)	15,5 (13,8–23,0)	16,3 (10,9–21,2)	15,7 (12,7–21,4)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении уровней спортивной квалификации групп «юноши» и «девушки» с контрольными группами.

Таблица 3.8

Содержание некоторых белков и ферментов в сыворотке крови в сыворотке крови спортсменов 16–18 лет, получивших спортивные квалификации в диапазоне «взрослые разряды – мастер спорта»

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Общий белок, г/л	73,0 (70,0–77,0)	72,0 (69,0–76,0)	71,5 (69,0–75,0)	73,0 (70,0–76,5)	72,5 (69,2–73,2)	72,0 (69,0–75,0)	73,0 (69,7–76,0)	70,0 (69,0–74,0)
Альбумин, г/л	43,0 (40,0–45,0)	44,0 (40,0–46,0)	43,0 (40,0–45,0)	43,0 (40,5–45,0)	43,0 (41,0–45,0)	43,0 (42,0–44,0)	43,5 (40,0–45,0)	44,0 (41,0–45,5)
Глобулины, г/л	31,0 (27,0–34,0)	29,0 (26,0–33,0)	29,0 (27,0–33,0)	30,0 (28,0–33,5)	28,0 (27,5–28,5)	29,0 (26,00–32,7)	30,0 (28,00–34,0)	28,0 (25,50–30,0)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,27 (1,10–1,43)	1,31 (1,10–1,58)	1,40 (1,19–1,56)	1,36 (1,14–1,49)	1,58 ¹ (1,28–1,65) ↑	1,46 (1,10–1,63)	1,50 (1,30–1,70)	1,53 (1,40–1,77)
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,05 (1,45–2,37)	2,09 (1,60–2,40)	2,30 ² (2,01–2,80) ↑	2,31 ² (2,17–2,97) ↑	2,90 ¹ (2,65–3,10) ↑	2,40 ² (2,06–2,60) ↓	2,30 ² (1,90–2,50) ↓	2,45 ² (1,87–3,02) ↓
ОЖСС, мкмоль/л	69,0 (55,0–69,5)	59,7 (49,2–6,28)	58,8 (45,3–64,9)	59,4 (50,1–72,4)	52,8 (49,6–60,1)	53,4 (51,2–57,6)	51,3 (47,7–59,9)	48,9 (45,1–55,8)
АлАТ, Ед/л	32,0 (20,0–41,0)	23,4 ² (18,2–31,1) ↓	22,3 ² (17,6–27,5) ↓	22,4 ² (16,1–29,8) ↓	18,0 ¹ (16,0–19,0) ↓	17,3 (14,8–19,4)	18,7 (14,2–22,5)	19,7 (16,9–28,1)
АсАТ, Ед/л	38,0 (27,0–63,0)	32 ² (28,3–43,5) ↓	31,8 ² (25,2–37,6) ↓	26,3 ² (22,7–31,2) ↓	22,0 ¹ (19,0–23,0) ↓	28,5 ² (20,8–32,3) ↑	26,4 ² (21,8–30,2) ↑	26,6 ² (23,7–33,8) ↑
ЩФ, Ед/л	356 (194–440)	198 ² (104–331) ↓	191 ² (117–321) ↓	158 ² (96–300) ↓	174 ¹ (112–196) ↓	280*↑ (190–369)	103 (79,7–214)	98,7 (81,8–148)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
α -амилаза, Ед/л	51,0 (42,0–63,0)	50,7 (39,8–71,9)	51,5 (41,1–70,8)	47,6 (42,8–65,1)	51,0 (42,0–59,2)	55,5 (33,9–68,4)	57,8 (43,2–72,7)	51,7 (37,8–65,2)
ГГТ, Ед/л	14,0 (11,3–17,5)	15,7 (12,4–18,2)	15,6 (13,3–17,8)	15,6 (13,6–2,70)	13,0 (10,7–19,1)	16,3 (10,4–17,2)	13,4 (11,5–16,9)	13,4 (10,1–18,9)
КФК, Ед/л	511 (346–840)	244 ² (124–528) ↓	276 ² (121–509) ↓	249 ² (175–352) ↓	117 ¹ (103–200) ↓	176 (117–221)	132 (85,5–224)	153 (124–268)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении уровней спортивной квалификации групп «юноши» и «девушки» с контрольными группами.

Таблица 3.9

Величины метаболических коэффициентов для сыворотки крови спортсменов мужского и женского пола позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от спортивной квалификации

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
Индекс атерогенности	1,81 (1,48–2,28)	1,82 (1,24–2,52)	1,96 (1,49–2,58)	2,33 ² (1,86–2,65) ↑	2,17 (1,67–2,52)	1,98 (1,57–2,63)	1,95 (1,38–2,33)	1,82 (1,33–2,38)
А/Г	1,40 (1,20–1,60)	1,46 (1,29–1,74)	1,49 (1,27–1,64)	1,42 (1,24–1,59)	1,50 (1,43–1,58)	1,50 (1,30–1,65)	1,44 (1,26–1,56)	1,54 (1,36–1,82)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,70)	1,45 (1,22–1,83)	1,40 (1,16–1,66)	1,23 (0,99–1,41)	1,29 (1,19–1,39)	1,50 (1,25–1,72)	1,44 (1,17–1,72)	1,27 (1,16–1,63)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ВР	КМС	МС	Контроль	ВР	КМС	МС
КФК/АсАТ	15,1 (11,2–29,0)	11,5 ² (7,85–16,2) ↓	11,7 ² (8,83–17,4) ↓	8,78 ² (6,35–11,9) ↓	6,50 ¹ (4,60–8,14) ↓	6,50 (4,58–9,00)	5,98 (3,83–9,12)	6,61 (5,13–7,65)
КФК/ЩФ	2,00 (1,2–5,2)	2,05 (291, –3,70)	1,69 ² (0,98–3,70) ↓	1,69 ² (0,64–2,84) ↓	(1,76 (1,36–2,70)	1,15 (0,64–1,85)	1,48 (0,57–2,18)	1,51 (1,14–3,06)
Глю/ОХС	1,21 (1,10–1,43)	1,23 (1,07–1,45)	1,18 (1,03–1,34)	1,13 (1,00–1,39)	0,86 ¹ (0,81–0,91) ↓	1,10 ² (0,96–1,29) ↑	1,13 ² (0,99–1,25) ↑	1,05 ² (0,91–1,26) ↑
Глю /ХС ЛПВП	3,58 (3,17–4,78)	3,69 (3,13–4,23)	3,17 ² (2,82–3,89) ↓	3,52 (3,10–4,80)	2,96 ¹ (2,50–3,18) ↓	3,16 (2,70–4,32)	3,00 (2,74–3,71)	3,00 (2,57–3,30)
Глю/ХСЛПНП	2,53 (2,05–2,89)	2,31 (1,92–2,96)	2,00 ² (1,68–2,43) ↓	1,82 ² (1,59–2,22) ↓	1,49 ¹ (1,30–1,80) ↓	1,92 ² (1,67–2,15) ↑	1,97 ² (1,80–2,43) ↑	1,96 ² (1,47–2,33) ↑
Глю/ТГ	6,18 (5,20–7,41)	7,83 ² (4,90–8,59) ↑	6,17 (4,70–7,69)	5,44 (3,70–7,19)	6,17 (4,90–8,17)	5,93 (4,80–8,29)	6,13 (4,70–7,38)	7,66 ² (3,60–7,20) ↑
Глю/Мочевина	0,93 (0,88–1,02)	0,95 (0,65–1,50)	0,91 (0,75–1,60)	0,92 (0,85–1,60)	0,84 (0,73–1,17)	0,85 (0,75–1,60)	0,97 (0,65–1,40)	1,06 (0,75–1,70)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении уровней спортивной квалификации групп «юноши» и «девушки» с контрольными группами.

Представляет интерес сравнить те биохимические показатели, которые изменились у юношей и с 1–3 юношескими, и с 1–3 взрослыми спортивными разрядами с таковыми у девушек (рис. 3.1–3.5). Из рисунков видно, что у подростков мужского пола возрастной группы 12–15 лет происходит однотипное с девушками снижение ОЖСС, причем у девушек с юношескими разрядами это снижение более выраженное.

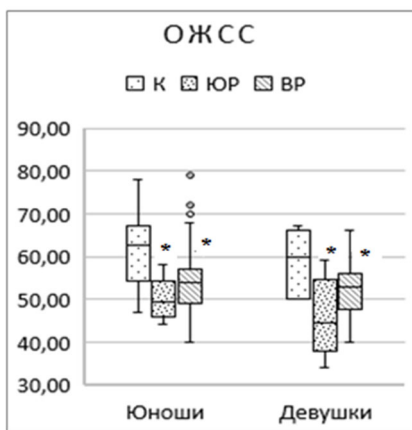


Рис. 3.1. ОЖСС при физической нагрузке различной эффективности у подростков 12–15 лет.

* – $p < 0,05$ при сравнении с контролем

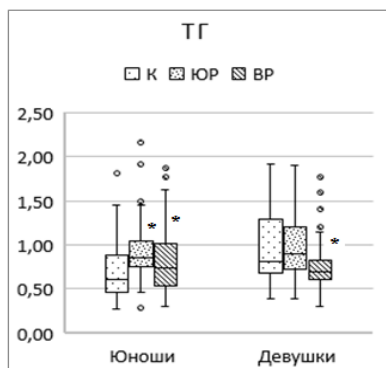


Рис. 3.2. Содержание ТГ при физической нагрузке различной эффективности у подростков 12–15 лет.

* – $p < 0,05$ при сравнении с контролем

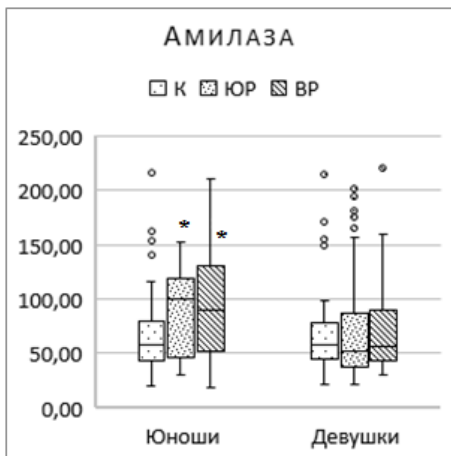


Рис. 3.3. Активность α -амилазы при физической нагрузке различной эффективности у подростков 12–15 лет.
* – $p < 0,05$ при сравнении с контролем

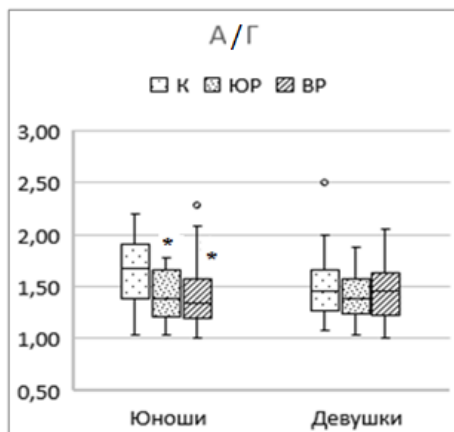


Рис. 3.4. Коэффициент А/Г при физической нагрузке различной эффективности у подростков 12–15 лет.
* – $p < 0,05$ при сравнении с контролем

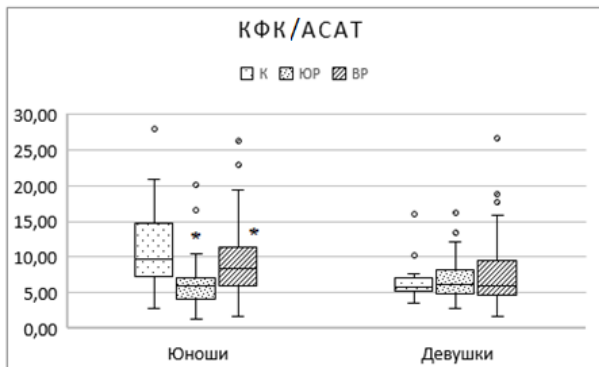


Рис. 3.5. Коэффициент КФК/АсАТ при физической нагрузке различной эффективности у подростков 12–15 лет.

* $p < 0,05$ при сравнении с контролем сравнению с контролем

Гендерные отличия заключаются в повышении у юношей содержания триглицеридов в двух группах, тогда как у девушек происходит снижение триглицеридов только при достижении взрослых спортивных разрядов, что свидетельствует об эффективности физических нагрузок в данной квалификации. Таких изменений, как повышение у юношей активности альфа-амилазы, снижение величин отношения Альбумин/Глобулины и КФК/АсАТ в двух группах, у девушек не происходит. В возрастном периоде 12–15 лет у подростков мужского пола независимо от степени спортивной квалификации был повышен по сравнению с контролем уровень мочевины и снижен уровень ОЖСС.

При наличии спортивных взрослых разрядов у подростков оказались повышенными восемь показателей (ИМТ, содержание глобулинов, ТГ, калия, активность альфа-амилазы и АсАТ, величины отношений АсАТ/АлАТ и Глюкоза/ХС ЛПНП) и снижены четыре показателя (содержание альбумина, кальция и величины отношений Альбумин/Глобулины и КФК/АсАТ). При наличии квалификации кандидата в мастера спорта у подростков найдено повышение величин ИМТ, содержания мочевины и величины коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП на фоне снижения значений ОЖСС. Систематическая физическая нагрузка на организм подростков, приведшая к получению звания мастера спорта, сопровождалась биохимическими изменениями более близкими к таковым при получении спортивных разрядов взрослых: совпали изменения содержания мочевины, глобулинов, ТГ, кальция, а также активности альфа-ами-

лазы, величины ОЖСС и величины коэффициента Альбумин/Глобулины. У подростков – мастеров спорта дополнительно были снижено содержание билирубина и величина отношения Глюкоза/ОХС.

Таким образом, у юношей 12–15 лет возрастающие по интенсивности и сложности физические нагрузки дают два близких кластера измененных биохимических показателей – при достижении спортивной квалификации взрослых разрядов и при достижении квалификации мастера спорта.

В завершение раздела о биохимических показателях у лиц мужского пола в пубертатном периоде приведены показатели метаболизма в зависимости от уровня квалификационных достижений у мужчин в возрасте 19–20 лет в таблице 3.10.

Таблица 3.10

Изменение биохимических показателей сыворотки крови у мужчин 19–20 лет в зависимости от спортивных квалификационных достижений

Возрастная группа 19–20 лет				
Показатели	Контроль	1–3 ВР	КМС	МС
ИМТ	23,7 (22,5–25,7)	23,85 (22,7–24,90)	22,0 (20,84–24,31)	21,7*↓ (20,45–23,8)
ОХС	4,65 (3,80–5,33)	4,0*↓ (3,60–4,40)	4,09 (3,73–4,80)	4,50 (4,00–5,0)
АлАТ	27,0 (19,0–35,0)	26,0 (18,00–32,0)	21,0*↓ (16,3–24,8)	24,5 (20,25–30,75)
АсАТ	32,00 (28,50–39,50)	36,0 (28,0–47,5)	32,0 (25,50–38,00)	27,0*↓ (22,0–35,0)
КФК	608,0 (463,0–943,0)	437,5*↓ (215,5–688,5)	250,0 *↓ (154,0–462,0)	246,0 *↓ (156,5–544,3)
Калий	4,42 (4,00–4,97)	4,20*↓ (3,80–4,71)	4,25 (3,93–4,85)	4,25 (3,93–4,70)
Железо	12,00 (10,90–16,05)	17,05 (13,88–23,75)	17,0 (12,30–24,80)	19,50*↑ (16,15–26,70)
КФК/АсАТ	17,85 (13,57–23,80)	12,51*↓ (7,52–17,31)	8,46*↓ (5,55–15,93)	10,16*↓ (6,87–16,01)
КФК/ЩФ	3,87 (1,53–7,23)	2,92 (1,78–5,68)	1,85*↓ (1,22–3,20)	2,35*↓ (1,30–3,81)

Примечание – * – различия статистически значимы, $p < 0,05$, по сравнению с группой «Контроль».

Установлено, что у этих спортсменов по сравнению с контролем независимо от уровня спортивной квалификации снижены активность КФК и величины коэффициента КФК/АсАТ. Эффективность физических нагрузок, соответствующих различным квалификационным достижениям, сказалась на специфичности изменений, которые состоят: 1–3-й спортивные разряды взрослых – снижение содержания ОХС и калия; кандидат в мастера спорта – снижение содержания активности АлАТ и коэффициента КФК/ЩФ; мастер спорта – снижение ИМТ, активности АсАТ и величины коэффициента КФК/ЩФ и повышение уровня железа.

Таким образом, у лиц мужского пола пубертатного возраста при занятии систематическими дозированными физическими нагрузками выявлены следующие особенности изменений биохимических показателей сыворотки крови [1; 2]:

– у юношей возрастной группы 12–15 лет при наличии юношеских и взрослых спортивных разрядов происходит однотипное с девушками снижение ОЖСС и, в отличие от них, повышение содержания ТГ и активности альфа-амилазы, а также снижение величин отношения Альбумин/Глобулины и КФК/АсАТ;

– у юношей возрастной группы 12–15 лет возрастающие по интенсивности и сложности физические нагрузки дают два близких кластера однонаправленно измененных биохимических показателей – при достижении спортивной квалификации взрослых разрядов и при достижении квалификации мастера спорта – совпали изменения содержания мочевины, глобулинов, ТГ, кальция, а также активности альфа-амилазы, величины ОЖСС и величины коэффициента Альбумин/Глобулины.

Количественный анализ статистически достоверных различий показал, что у юношей в возрастной группе 12–15 лет при получении взрослых разрядов изменены 13 биохимических показателей сыворотки крови, в группе кандидатов в мастера спорта – 6 показателей и в группе мастеров спорта – 9 показателей. В возрастной группе 16–18 лет при получении взрослых разрядов изменены 9 показателей, кандидата в мастера спорта – 9 показателей и мастера спорта – 13 показателей. Таким образом, можно предположить, что у спортсменов 12–15 лет возможно явление, условно названное нами «биохимическое выгорание», не позволяющее преодолеть планку мастера спорта из-за отсутствия изменений в процессах,

связанных с повышением количества глобулинов, ТГ, активности альфа-амилазы, а также снижением уровня кальция и отношения Альбумин/Глобулины.

В возрастной группе юношей 16–18 лет явления «биохимического выгорания» не наблюдается; при достижении всех спортивных квалификаций однонаправленно изменяются ИМТ, активность АлАТ, АсАТ, ЩФ, КФК и величина коэффициента КФК/АсАТ.

Поздний подростковый возраст мужского пола характеризуется наибольшим по сравнению с другими возрастными группами количеством изменений биохимических показателей при достижении высоких спортивных квалификаций. Следует отметить, что большинство этих изменений характеризует большую зрелость обмена веществ.

Проведенные исследования позволили сформулировать заключения.

1. На всех уровнях квалификационных достижений у подростков обоего пола достоверно не изменялись содержание общего белка и активность ГГТ. В раннем подростковом возрасте оставались постоянными независимо от пола содержание МК, ОХС, железа, активность КФК, величина коэффициента Глюкоза/ХС ЛПВП. Гендерные различия: у юношей дополнительно постоянными оставались содержание глюкозы, ХС ЛПНП, активность ЩФ и АлАТ и коэффициент КФК/ЩФ; у девушек дополнительно – содержание билирубина, глобулинов, кальция, калия, активность альфа-амилазы и величины коэффициентов Альбумин/Глобулины, АсАТ/АлАТ, КФК/АсАТ, Глюкоза/ОХС.

В старшей возрастной группе дозированные физические нагрузки в соответствии с квалификационными достижениями не оказали влияния на такие биохимические показатели сыворотки крови подростков обоих полов как глюкоза, альбумины и глобулины, кальций, ОЖСС, ХС ЛПВП и коэффициенты Альбумин/Глобулины и АсАТ/АлАТ. У юношей дополнительно постоянными оставались ТГ и Глюкоза/ОХС, а у девушек дополнительно – мочевины, МК, КФК, АлАТ, альфа-амилаза, креатинин, калий, железо и метаболический коэффициент Альбумин/Глобулины.

2. При сравнении биохимических показателей сыворотки крови двух возрастных групп, получивших спортивную квалификацию в виде взрослых разрядов, у юношей 16–18 лет по сравнению с группой 12–15 лет отмечено дополнительное повышение содержания

МК и железа, что отображает оптимальную тенденцию в функционировании эндогенных антиоксидантов на фоне повышения лабильности резервов железа. У юношей – кандидатов в мастера спорта старшего пубертатного возраста повышено содержание мочевины, ХС ЛПНП, а также снижены величины коэффициентов Глюкоза/ХС ЛПВП и Глюкоза/ХС ЛПНП, связанное, вероятно, с процессами оптимизации функций печени, в том числе мочевинообразовательной и липидтранспортной. Положительные эффекты интенсивных занятий спортом в группе 16–18 лет в виде совершенствования функционального состояния печени, мышц, транспорта липидов и эндогенной антиоксидантной системы выявлены у юношей – мастеров спорта.

3. При действии постоянных интенсивных физических нагрузок на фоне ускоренного протекания процесса полового созревания у девочек 12–15 лет, получивших квалификацию взрослых разрядов (1–3), выявляются признаки напряжения и негативного развития ряда биохимических процессов: тенденция к относительной гипогликемии и гипоальбуминемии; повышение проницаемости плазматических мембран гепатоцитов и миоцитов, несовершенство транспорта липидов и железа, запаздывание в формировании мочевинообразовательной функции печени. Однако такие изменения не являются аргументами для прекращения занятия спортом, поскольку в группе девочек с квалификацией кандидата в мастера спорта отмечено лишь снижение содержания ХС ЛПНП и активности ЩФ и повышение величины коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП.

У девушек в возрастном периоде 12–15 лет при занятии дозированными физическими нагрузками наиболее важен контроль за состоянием обмена веществ с взаимосвязанной коррекцией физической активности.

4. Не найдено однотипных изменений биохимических показателей сыворотки крови в зависимости от эффективности дозированных физических нагрузок, соответствующих четырем уровням квалификационных спортивных достижений (юношеские разряды, взрослые разряды (1–3), кандидат в мастера спорта, мастер спорта). Поэтому эффективность дозированных нагрузок приведена далее для трех уровней квалификационных достижений.

У юношей и девушек раннего подросткового возраста (12–15 лет) возрастающие по интенсивности и сложности физические нагрузки дают два близких кластера с наибольшим количеством измененных биохимических показателей – при достижении спортивной квалификации взрослых разрядов и при достижении квалификации мастера спорта. У юношей в группах взрослых спортивных разрядов и мастеров спорта совпали изменения – повышение содержания мочевины, глобулинов, ТГ активности альфа-амилазы; снижение содержания кальция и величины ОЖСС и величины коэффициента Альбумин/Глобулины. У девушек в этом возрастном периоде на таких же уровнях спортивного мастерства совпали следующие изменения: снижение содержания глюкозы и альбумина, а также повышение активности АлАТ и АсАТ.

5. Постоянные физические нагрузки, позволившие получить взрослые спортивные разряды, а также квалификацию кандидата в мастера спорта и мастера спорта, ускоряют возрастную динамику ряда биохимических показателей и формируют оптимальную адаптацию работы мышечной системы к предъявляемым нагрузкам, при этом получение высоких степеней спортивной квалификации у девушек требовало сохранения на постоянном уровне у них в 12–15 лет в 1,3 раза больше биохимических показателей по сравнению с юношами, а в 16–18 лет – в 1,8 раза.

6. У юношей и девушек возрастной группы 12–15 лет возможны явления «спортивного выгорания», не позволяющие преодолеть планку мастера спорта из-за отсутствия изменений в процессах, связанных у спортсменов мужского пола с повышением количества глобулинов, ТГ, активности альфа-амилазы, а также снижением уровня кальция и коэффициента Альбумин/Глобулины; у спортсменок – с повышением активности АлАТ и АсАТ, снижением количества глюкозы, мочевины, альбуминов.

В возрастной группе 16–18 лет биохимических признаков «спортивного выгорания» не обнаружено.

7. Установлены следующие варианты изменений ИМТ, а также биохимических показателей у спортсменов в возрасте 12–15 лет в диапазоне квалификаций «юношеский разряд – мастер спорта»: повышение показателей у подростков обоего пола ИМТ, активности АсАТ, коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП; снижение

показателей у подростков ОЖСС; повышение показателей у юношей содержания мочевины и ТГ, активности альфа-амилазы; снижение показателей у юношей содержания кальция, коэффициента Альбумин/Глобулины; снижение показателей у девушек активности ЩФ.

Изменения биохимических показателей у спортсменов в возрасте 16–18 лет в диапазоне квалификаций «юношеский разряд – мастер спорта» выявлены в следующих вариантах: противоположные по направленности изменения показателей у спортсменов и спортсменок содержания ХС ЛПНП, активности АсАТ и коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП; повышение показателей у спортсменов содержания мочевины, МК, значения ИА; снижение показателей у спортсменов активности АлАТ, ЩФ, КФК, коэффициента КФК/АсАТ; повышение показателей у спортсменок содержания общего билирубина, коэффициента Глюкоза/ОХС; снижение показателей у спортсменок содержания ОХС.

Список использованной литературы к главе 3

1. Чиркин А.А. Зависимость биохимических маркеров здоровья от уровня спортивного мастерства в пубертатном периоде / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2020. – Т. 9. №1–2. – С. 87–97.

2. Chirkin A. Characterization of biochemical health markers during athletic activity in puberty / A. Chirkin, S.A. Mershed, N. Stepanova, A. Chirkina // *Malay. J. Biochem. Mol. Biol.* – 2020. – Vol. 23 (1). – P. 69–76.

ГЛАВА 4. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У ЛИЦ ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА СПОРТА

Для выявления особенностей обмена веществ у лиц пубертатного возраста в зависимости от вида спорта в монографии анализируются группы раннего (12–15 лет) и позднего пубертатного возраста (16–18 лет).

Циклические виды спорта:

- 12–15 лет юноши (n = 88), девушки (n = 74);
- 16–18 лет юноши (n = 125) девушки (n = 88).

Спортивные единоборства:

- 12–15 лет юноши (n = 54), девушки (n = 23);
- 16–18 лет юноши (n = 89) девушки (n = 17).

Спортивные игры:

- 12–15 лет юноши (n = 44), девушки (n = 68);
- 16–18 лет юноши (n = 135) девушки (n = 18).

В этой главе рассмотрены особенности обмена веществ на основе исследования биохимических показателей сыворотки крови у лиц обоего пола раннего и позднего пубертатных возрастных периодов, занимающихся дозированными физическими нагрузками. Характер нагрузки определялся видами спорта. Спортсмены различных видов спорта были объединены в три группы: циклические виды спорта, единоборства и спортивные игры.

Циклические виды спорта относятся к видам с преимущественным проявлением выносливости, характеризуются повторяемостью фаз движений, лежащих в основе каждого цикла. В ЦВС физические нагрузки могут соответствовать 4-м зонам мощности: максимальной (бег на 100 и 200 м), субмаксимальной (бег 400–1500 м), большой (бег на 10000) и умеренной (15, 20, 30 км и 42 195 м), каждая из них отличается по механизму обеспечения, биохимическим изменениям во время нагрузки и кумулятивным изменениям [2; 3].

С повышением длины дистанции изменяется механизм энергообеспечения от креатинфосфатного и гликолиза при максимальной мощности до аэробного окисления при нагрузке в умеренной зоне мощности. На средних дистанциях используются смешанные механизмы энергообеспечения. Происходящие биохимические изменения соответствуют физической нагрузке разной зоны мощности. Например, в зоне максимальной мощности происходит накопление

молочной кислоты, повышение креатина, неорганического фосфата, активности ферментов анаэробного обмена. В зоне умеренной мощности, вследствие использования таких источников энергии, как гликоген печени и мышц, а в дальнейшем – свободных жирных кислот, кетоновых тел, аминокислот белков, происходит снижение глюкозы, увеличение в крови мочевины, мочевой кислоты и выделение их с мочой, повышение молочной кислоты небольшое, происходит потеря веса от 2 до 4 кг [5; 6].

Игровые виды спорта характеризуются большой физической и нервно-психологической нагрузкой, наличием сложно-координационных движений, элементов единоборств, имеют выраженную скоростно-силовую направленность. Механизм энергообеспечения – в основном анаэробный, но во время игры бег со спринтерской скоростью чередуется с бегом умеренной мощности с включением аэробного механизма. Характерно эмоциональное напряжение, уже в предстартовом состоянии количество молочной кислоты увеличивается на 50%, растет уровень глюкозы в крови и моче. Происходят изменения в белковом и пуриновом обмене, о чем свидетельствует повышение мочевины и мочевой кислоты. Происходит потеря веса, например у футболистов 2–5 кг [1; 5; 7].

Спортивные единоборства характеризуется скоростно-силовыми физическими нагрузками ациклического и смешанного характера. Необходимые физические качества: силовые и скоростно-силовые, выносливость, специальная скорость. Преобладают нагрузки анаэробно-аэробного характера. Особенности метаболизма во время борьбы: в предстартовом состоянии увеличение адреналина и, вследствие этого, повышение уровня глюкозы, к концу боя повышается содержание молочной кислоты в результате анаэробного окисления глюкозы. Высокие энергозатраты, значительные потери воды и массы тела [4; 5].

В данной главе приведены биохимические характеристики подростков при дозированных физических нагрузках в соответствии с указанными тремя группами видов спорта.

Для каждой группы характерны отличающиеся формы физической активности, биохимические характеристики которых представлены в данной главе.

В таблице 4.1 приведены данные о зависимости содержания некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотке крови подростков обоего пола в раннем пубертатном возрасте (12–15 лет) в зависимости от типа физических нагрузок.

Установлено, что только два биохимических показателя не изменялись у подростков, занимающихся тремя видами спортивных нагрузок: содержание общего холестерина и общего билирубина. Это означает, что грубых нарушений обмена веществ нет, поскольку холестерин является конечной молекулой метаболизма, когда все функциональные группы молекул отреагировали в процессе метаболизма, а углеродные скелеты подготовлены для выделения в виде производных холестерина желчных кислот. Сохранение на постоянном уровне общего билирубина может свидетельствовать об отсутствии грубых нарушений катаболизма макромолекул.

Особый интерес представляет индикатор остеогенеза – кальций. У подростков мужского пола контрольной группы содержание кальция достоверно выше, чем у подростков контрольной группы женского пола. И это явилось одним из факторов, подтверждающих более раннее половое созревание у подростков женского пола в возрасте 12–15 лет. Но спортивные занятия в этом возрасте полностью уравнивали количественное содержание кальция в сыворотке крови при занятиях тремя типами физических нагрузок. Следовательно, можно предположить, что физические нагрузки способствовали достижению одинаковой степени развития костной ткани независимо от пола. У подростков мужского пола не изменялось содержание триглицеридов при всех трех типах занятий физическими нагрузками, что связано с устойчивостью образования и расходования этого долгосрочного источника энергии. При одинаковом содержании калия в сыворотке крови контрольных групп у подростков, оказалось, что все три типа физических нагрузок не вызывали изменений концентрации калия у подростков женского пола и статистически достоверно повышали содержание калия у подростков мужского пола. Не исключено, что повышенные количества калия в сыворотке крови необходимы подросткам мужского пола для поддержки работы органов сердечно-сосудистой системы при повышенных физических нагрузках в рамках трех видов спор-

тивных занятий. У подростков женского пола не было выявлено изменений содержания сывороточного железа, а у подростков мужского пола занятия игровыми видами повысили содержание железа в сыворотке крови.

Выявлены половые различия в снижении содержания глюкозы, что может означать повышение потребления глюкозы: у подростков мужского пола при занятиях единоборствами и спортивными играми, а у подростков женского пола – при занятиях циклическими видами спорта. При занятиях циклическими видами спорта у подростков обоего пола было повышено содержание мочевой кислоты, что, вероятно демонстрирует потребность в повышении антиоксидантных возможностей сыворотки крови. Содержание мочевины оказалось увеличенным в сыворотке крови подростков мужского пола, занимающихся тремя типами спортивных нагрузок, по-видимому, в связи с повышенной потребностью обезвреживания аммиака. У подростков женского пола этот показатель оказался сниженным при занятиях единоборствами и спортивными играми. Содержание креатинина в сыворотке крови у подростков мужского пола сохранялось на постоянном уровне при всех типах спортивных занятий, а у подростков женского пола этот показатель снизился при занятиях спортивными играми. Анализ совместных изменений мочевины и креатинина позволяет предположить, что спортивный параметр выносливости может быть лучше выражен у юных спортсменов по сравнению со спортсменками раннего пубертатного возраста.

В таблице 4.2 представлена информация о зависимости содержания некоторых циркулирующих белков в сыворотке крови подростков обоего пола в возрасте 12–15 лет в зависимости от вида спорта. Установлено, что у спортсменов-подростков в сыворотке крови не изменялось содержание общего белка, но статистически достоверно снижались величины ОЖСС. В отличие от сывороточного железа, показатели ОЖСС сохранялись на постоянном уровне у спортсменов трех групп видов спорта. Выявленное небольшое снижение ОЖСС во всех группах обследуемых спортсменов-подростков наиболее вероятно отражает стрессовый тип реакции гормональной системы регуляции на постоянные повышенные физические нагрузки трех типов за счет возможного повышения уров-

ней кортикотропина и глюкокортикоидных гормонов. Иными словами, это, вероятно, фоновый показатель, характеризующий систему гуморальной регуляции у подростков раннего пубертатного возраста при хронических физических нагрузках.

В сыворотке подростков мужского пола, занимающихся единоборствами и спортивными играми, а также у подростков женского пола, занимающихся циклическими видами спорта и единоборствами, была снижена концентрация альбумина, что может оказывать неблагоприятное влияние на биофизические и биохимические константы организма из-за многообразных функций альбумина. Альбумин (точнее, альбумины) сыворотки – это группа белков, составляющая до 60 % от общего количества белков плазмы крови и определяющая на 80% онкотическое давление крови, транспорт многочисленных химических веществ и участие в метаболических процессах на уровне капиллярного обмена веществ.

У спортсменов-подростков мужского пола при занятиях физическими упражнениями трех видов спорта не изменялись величины ХС ЛПНП, активность АлАТ и КФК. Это означает, что спортивные нагрузки не оказали влияния на прямой транспорт холестерина в периферические клетки, проницаемость мембран гепатоцитов и повреждения мембран миоцитов. У спортсменок-подростков не изменялись концентрации глобулинов, ХС ЛПВП и активность ГГТ, что свидетельствует об отсутствии повреждающих эффектов физических нагрузок на транспорт веществ глобулинами и, возможно на транспорт иммуноглобулинов, на обратный транспорт холестерина и антиатерогенную активность и отсутствие нарушений проницаемости плазматических мембран паренхиматозных органов. Но у подростков-спортсменок все три вида физических нагрузок вели к статистически достоверному повышению активности АлАТ, что указывает на вероятность нарушения мембран клеток печени. У спортсменов-подростков были повышены содержание глобулинов и активность АсАТ, что означает наличие индуцированных физическими нагрузками изменений в транспорте веществ глобулинами и повышение проницаемости митохондриальных мембран. Для спортсменок-подростков выявлены повышение активности АсАТ при занятиях циклическими видами спорта, активности альфа-амилазы и КФК при занятиях единоборствами и снижение

активности ЩФ при занятиях спортивными играми. Таким образом, занятия отличающимися по виду физических нагрузок видами спорта способны вызывать как позитивные, так и негативные изменения в системе циркулирующих белков сыворотки крови.

В таблице 4.3 представлены данные о метаболических коэффициентах, характеризующих состояние обмена веществ у подростков, занимающихся тремя видами физических нагрузок.

Установлено, что у подростков обоего пола не изменялись два метаболических коэффициента, отображающих отношение важнейшего энергетического источника глюкозы к показателю обратного транспорта холестерина ХС ЛПВП и отношение глюкозы к «конечному метаболиту» общему холестеролу. В связи с этим следует отметить постоянство величин индекса атерогенности при занятиях тремя видами физических нагрузок у подростков мужского пола. У подростков женского пола три типа физических нагрузок не вызвали изменений в величинах четырех метаболических коэффициентов: АсАТ/АлАТ, КФК/ЩФ, Глюкоза/ТГ и Глюкоза/Мочевина, что не подтверждает наличие повреждающего действия физических нагрузок на проницаемость мембран клеток, состояние костно-мышечной системы и системы желчевыделения, соотношения краткосрочного и долгосрочного источников энергии и соотношения краткосрочного источника энергии и конечного продукта обезвреживания аммиака в печени.

Обращает на себя внимание тот факт, что три метаболических коэффициента однотипно изменялись у подростков мужского пола на действие трех типов физических нагрузок: снижение величин отношения Альбумин/Глобулины, КФК/АсАТ и повышение АсАТ/АлАТ. Эти изменения могут означать, что физические нагрузки трех типов у спортсменов-подростков увеличивают относительную долю глобулинов (транспорт стероидных гормонов, иммуноглобулинов и др.), повышение проницаемости митохондриальных и плазматических мембран печени и в меньшей степени миоцитов.

У подростков-спортсменок снижение отношения Альбумин/Глобулины и повышение коэффициента КФК/АсАТ отмечены только при занятиях единоборствами. Следует отметить, что выявлено повышение величин коэффициента Глюкоза/ХС ЛПВП у подростков мужского рода при занятиях циклическими видами спорта

и единоборствами и у подростков женского пола при занятиях циклическими видами спорта. Этот метаболический коэффициент характеризует соотношение энергетического обеспечения физической активности с прямым транспортом холестерина, необходимого для деления клеток, например, при росте мышечной массы. У подростков мужского пола найдено снижение величин отношения краткосрочного источника энергии глюкозы к долгосрочному источнику энергии триглицеридам при занятиях циклическими видами спорта и спортивными играми. Это означает, что указанные типы физических нагрузок требуют использования долгосрочных источников энергии. И, наконец, было выявлено снижение величины метаболического коэффициента Глюкоза/Мочевина при занятиях спортивными играми подростками мужского пола, что может указывать на относительное возрастание процесса обезвреживания аммиака.

Таким образом, занятия тремя типами физических нагрузок у подростков 12–15 лет вызывают как комплекс биохимических изменений, свидетельствующих о развитии процессов метаболической адаптации, так и изменения, указывающих на процессы напряжения и возрастной недостаточности обмена веществ особенно у подростков мужского пола.

В таблице 4.4 приведены данные о зависимости содержания некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотке крови подростков позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от типа физических нагрузок.

Установлено, что занятия тремя типами физических нагрузок в позднем пубертатном возрасте не вызвали изменений у юношей и девушек только двух неорганических биорегуляторов – в содержании калия и кальция. Это свидетельствует о достаточной зрелости поддержания гомеостаза этих неорганических биорегуляторов. Кроме того, не было найдено изменений в содержании глюкозы, триглицеридов, общего холестерина и общего билирубина у занимающихся физическими нагрузками трех типов юношей. Это свидетельствует о зрелости обмена веществ, способного при разных физических нагрузках поддерживать основные константы обмена веществ на постоянном уровне. Аналогичные особенности обмена веществ отмечены у девушек при занятиях физическими нагрузками – сохранение концентрации на постоянном

уровне мочевины, креатинина, и железа. Фактически поддержка биохимических параметров сыворотки крови на постоянном уровне является признаком возрастного развития адаптационных процессов в обмене веществ.

Выявлены два показателя, которые демонстрируют гендерные различия в развитии метаболической адаптации при действии трех типов физических нагрузок: у юношей найдено повышение концентрации мочевой кислоты, а у девушек снижение концентрации холестерина в сыворотке крови. Что касается холестерина, то следует отметить, что в контрольной группе девушек уровень холестерина статистически достоверно превышал уровень холестерина в сыворотке крови юношей контрольной группы на 1,14 ммоль/л, а в результате спортивных занятий содержание холестерина в сыворотке крови практически уравнилось у спортсменов и спортсменок. Содержание мочевой кислоты было одинаковым в контрольных группах юношей и девушек, поэтому выявленное повышение мочевой кислоты у юношей-спортсменов, вероятно, связано с антиоксидантными свойствами этого метаболита. Отметим также, что у девушек-спортсменок спортивные игры снизили содержание мочевой кислоты, но при занятиях циклическими видами спорта и единоборствами у них статистически достоверно повысилась концентрация другого эндогенного антиоксиданта – общего билирубина. По всей видимости, это также проявления адаптации, направленной на повышение антиоксидантных свойств сыворотки крови. Кроме этих изменений следует отметить повышение уровня глюкозы у девушек, занимающихся единоборствами, снижение уровня триглицеридов у девушек, занимающихся спортивными играми. У юношей спортсменов выявлено повышение уровня креатинина в сыворотке крови при занятиях единоборствами и спортивными играми и повышение уровня железа при занятиях циклическими видами спорта и спортивными играми.

В таблице 4.5 приведены данные о зависимости содержания некоторых циркулирующих белков в сыворотке крови спортсменов позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от типа физических нагрузок.

Из анализа приведенных данных следует, что при занятиях тремя типами физических упражнений у юношей и девушек позднего пубертатного возраста сохранялись на постоянном уровне

шесть биохимических показателей: содержание альбумина, глобулинов, ХС ЛПВП, ОЖСС, активность альфа-амилазы и ГГТ. У юношей занятия тремя типами физических нагрузок вызвали снижение активности АлАТ, ЩФ и КФК до уровня, близкого к величинам активности АлАТ, ЩФ и КФК у девушек-спортсменок. Такие изменения являются проявлением общих механизмов метаболической адаптации к предъявляемым физическим нагрузкам. Кроме этого, физические нагрузки способствовали сближению величин содержания ХС ЛПНП и активности АсАТ при занятиях физическими нагрузками у юношей и девушек, несмотря на исходные различия этих показателей в контрольных группах.

В целом приведенные данные приводят к мысли, что в пубертатном периоде жизни, т.е. в периоде полового созревания испытанные типы физических нагрузок могут выполнять своеобразную гомеостатическую функцию по выравниванию ряда важнейших показателей обмена веществ.

В таблице 4.6 приведены данные о зависимости величинах некоторых метаболических коэффициентов обмена веществ в сыворотке крови спортсменов позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от типа физических нагрузок.

Установлены три метаболических коэффициента, которые не изменялись у юношей и девушках старшей группы при занятиях тремя типами физических нагрузок – Альбумин/Глобулины, Глюкоза/ХС ЛПВП и Глюкоза/Мочевина. Четыре метаболических коэффициента не изменялись при трех типах физических нагрузок у юношей позднего пубертатного возраста (индекс атерогенности, отношения АсАТ/АлАТ, Глюкоза/ОХС, Глюкоза/ХС ЛПНП) и один метаболический коэффициент у девушек-спортсменок – КФК/АсАТ. Это общие объективные параметры развития адаптационных процессов в обмене веществ при действии физических нагрузок.

У юношей-спортсменов выявлены однотипное снижение величины метаболического коэффициента КФК/АсАТ при трех типах физических нагрузок, аналогичное снижение коэффициента КФК/ЩФ при циклических видах спорта и единоборствах и повышение метаболического коэффициента Глюкоза/Триглицериды при единоборствах. Это частные эффекты метаболической адаптации, которые заключаются в снижении относительного удельного

веса выходящей из миоцитов креатинфосфокиназы и, следовательно, уменьшения степени повреждения мышечной ткани при физических нагрузках. Дополнительно следует обратить внимание на увеличение коэффициента Глюкоза/Триглицериды, что свидетельствует о большем расходе глюкозы по сравнению с триглицеридами при единоборствах.

У девушек-спортсменок были снижены величины индекса атерогенности при единоборствах, коэффициента КФК/ЩФ при единоборствах и спортивных играх, а также повышены величины коэффициента Глюкоза/ОХС при единоборствах и спортивных играх и повышение коэффициента Глюкоза/ХС ЛПНП при единоборствах. Из приведенных данных следует, что наиболее напряженные метаболические механизмы адаптации характерны для типа физических нагрузок – единоборства мужчин и женщин. Спортивные игры сопровождаются у девушек позднего пубертатного возраста повышением величины коэффициента Глюкоза/Триглицериды, что может свидетельствовать в пользу большего расхода триглицеридов при нагрузках. Это, вероятно, связано с особенностями липидной составляющей женского тела.

Таким образом, к показателям метаболической адаптации при действии циклических видов спорта, единоборств и спортивных игр относятся в раннем пубертатном возрасте у подростков мужского пола холестерол, билирубин, мочевая кислота, калий, а у подростков женского пола – железо, мочевая кислота, калий. Физические нагрузки уравнивают содержание кальция. Анализ совместных изменений мочевины и креатинина указывают на более высокую выносливость у юных спортсменов. У подростков мужского пола действие трех типов физических нагрузок вызывают снижение величин отношения Альбумин/Глобулины, КФК/АсАТ и повышение АсАТ/АлАТ. Занятия тремя типами физических нагрузок у подростков 12–15 лет вызывают как комплекс биохимических изменений, свидетельствующих о развитии процессов метаболической адаптации, так и изменения, указывающих на процессы напряжения и возрастной недостаточности обмена веществ особенно у подростков мужского пола.

Таблица 4.1

Зависимость содержания некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотке крови подростков обоего пола в раннем пубертатном возрасте (12–15 лет) в зависимости от типа физических нагрузок

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ
Глюкоза, ммоль/л	4,79 (4,4–5,0)	4,72 (4,33–5,13)	4,36 ² (4,11–5,80) ↓	4,22 ² (3,85–4,98) ↓	4,90 (4,76–5,10)	4,61 ² (4,30–5,00) ↓	4,82 (4,50–5,20)	4,73 (4,17–5,10)
Триглицериды, ммоль/л	0,60 (0,46–0,87)	0,80 (0,60–1,11)	0,77 (0,50–0,92)	0,79 (0,53–1,00)	0,81 ¹ (0,69–1,26) ↑	0,70 ² (0,55–0,91) ↓	0,79 (0,62–1,30)	0,90 (0,74–1,20)
ОХС, ммоль/л	3,80 (3,42–4,54)	3,84 (3,45–4,26)	3,92 (3,43–4,47)	4,10 (3,68–4,69)	4,20 ¹ (3,68–5,05) ↑	4,24 (3,83–4,89)	4,44 (3,56–4,97)	4,67 (3,85–5,94)
Мочевая кислота, мкмоль/л	290 (250–310)	350 ² (245–385) ↑	280 (250–310)	280 (250–365)	230 (180–280)	250 ² (190–270) ↑	225 (187–272)	220 (210–280)
Мочевина, ммоль/л	4,10 (3,60–4,79)	4,52 ² (3,81–5,15) ↑	4,63 ² (3,82–5,66) ↑	4,78 ² (3,82–5,33) ↑	4,68 (3,49–5,21)	4,40 (3,76–5,24)	3,80 ² (3,30–4,50) ↓	3,70 ² (3,10–4,40) ↓
Общий билирубин мкмоль/л	13,4 (11,3–16,6)	12,6 (10,4–17,8)	13,2 (10,5–18,8)	13,4 (11,0–17,6)	14,5 (10,8–16,6)	15,20 (11,4–21,5)	13,80 (10,40–13,60)	12,90 (10,58–18,15)
Креатинин, мкмоль/л	80,0 (80,1–90,8)	90,3 (80,2–100)	90,0 (80,4–100)	80,3 (75,5–90)	80,0 (70,6–100)	80,8 (80,3–90,7)	80,8 (80,2–90,2)	70,8 ² (70,0–80,5) ↓
Калий, ммоль/л	4,10 (3,67–4,60)	4,38 ² (3,81–5,50) ↑	4,69 ² (4,10–5,34) ↑	4,89 ² (4,10–5,59) ↑	4,10 (3,61–4,52)	4,25 (3,83–4,64)	4,33 (4,14–4,85)	4,10 (3,64–4,59)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ
Кальций, ммоль/л	2,50 (2,30–2,56)	2,31 ² (2,23–2,48) ↓	2,32 ² (2,23–2,48) ↓	2,35 ² (2,21–2,47) ↓	2,33 ¹ (2,21–2,40) ↓	2,36 (2,17–2,4)	2,52 (2,12–2,93)	2,53 (2,22–2,84)
Железо, мкмоль/л	16,6 (12,4–27,6)	16,6 (12,2–18,7)	15,9 (8,88–16,8)	21,7 ² (18,80–23,2) ↑	18,4 (15,1–25,8)	15,4 (13,1–18,6)	17,1 (12,7–24,4)	18,8 (14,8–23,1)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении групп видов спорта с соответствующими контрольными группами.

Таблица 4.2

Зависимость содержания некоторых циркулирующих белков в сыворотке крови подростков
обоих полов в возрасте 12–15 лет в зависимости от вида спорта

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ
Общий белок, г/л	71,0 (68,0–73,0)	72,0 (68,0–76,0)	70,0 (66,7–73,0)	70,0 (67,0–75,0)	74,0 (69,0–76,7)	71,0 (68,0–75,0)	72,0 (69,0–76,0)	72,0 (69,0–75,0)
Альбумин, г/л	44,0 (41,0–45,0)	43,0 (40,0–45,0)	40,0 ² (38,0–45,0) ↓	39,0 ² (37,2–42,0) ↓	43,0 (42,0–45,0)	40,0 ² (40,0–44,0) ↓	40,0 ² (40,0–40,0) ↓	43,0 (40,0–44,0)
Глобулины, г/л	26,0 (24,0–31,0)	29,0 ² (25,5–34,0) ↑	29,0 ² (27,0–32,0) ↑	31,0 ² (29,0–33,0) ↑	30,0 ¹ (26,0–33,5) ↑	29,5 (27,0–33,7)	32,0 (29,0 - 34,0)	30,0 (27,0–33,0)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,18 (1,10–1,34)	1,38 (1,06–1,50)	1,30 (1,00–1,54)	1,35 (1,23–1,54)	1,43 ¹ (1,40–1,62) ↑	1,42 (1,29–1,60)	1,53 (1,15–1,65)	1,49 (1,30–1,65)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,30 (1,89–2,37)	2,03 (1,75–2,49)	2,23 (1,57–2,63)	2,43 (1,82–2,83)	2,93 ¹ (2,36–3,49) ↑	2,26 ² (1,99–2,62) ↓	2,66 (1,72–3,16)	2,64 (2,25–3,15)
ОЖСС, мкмоль/л	62,5 (54,7–67,0)	55,5 ² (50,5–59,8) ↓	52,3 ² (48,3–56,1) ↓	51,5 ² (45,7–55,6) ↓	55,0 (51,2–64,7)	52,3 ² (50,1–57,3) ↓	43,1 ² (39,3–53,7) ↓	50,1 ² (48,2–5,91) ↓
АлАТ, Ед/л	19,0 (15,0–23,0)	18,8 (15,4–21,8)	19,2 (16,1–27,7)	16,8 (14,5–23,8)	14,0 ¹ (11,0–21,0) ↓	18,7 ² (14,6–20,8) ↑	19,0 ² (17,0–22,7) ↑	15,3 ² (12,7–18,5) ↑
АсАТ, Ед/л	25,5 (22,0–32,0)	29,3 ² (24,2–37,6) ↑	33,1 ² (25,3–41,7) ↑	32,4 ² (28,7–39,3) ↑	25,0 (21,2–27,7)	30,4 ² (23,6–35,7) ↑	28,1 (23,7–31,9)	23,6 (19,6–25,8)
ЩФ, Ед/л	307 (140–484)	230 (153–502)	219 (115–538)	371 ² (219–634) ↑	202 ¹ (150–396) ↓	222 (99–355)	236 (276–494)	137 ² (98–210) ↓
α-амилаза, Ед/л	58,0 (43,0–78,0)	69,7 (46,8–105)	64,6 (48,7–119)	117 ² (86,4–161) ↑	57,5 (46,5–77,5)	55,8 (43,2–90,6)	125 ² (81,6–178) ↑	59,8 (34,2–77,8)
ГГТ, Ед/л	13,0 (11,0–15,0)	15,4 ² (12,2–18,6) ↑	15,7 ² (12,8–18,9) ↑	13,6 (11,2–14,8)	12,5 (10,0–15,0)	12,5 (9,76–15,9)	12,8 (9,76–16,9)	14,5 (10,7–16,6)
КФК, Ед/л	263 (182–376)	237 (162–423)	267 (175–467)	242 (182–384)	141 ¹ (124–179) ↓	157 (110–235)	185 ² (169–347) ↑	127 (108–171)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении групп видов спорта с соответствующими контрольными группами.

Таблица 4.3

Величины метаболических коэффициентов, характеризующих состояние обмена веществ у подростков раннего пубертатного возраста (12–15 лет), занимающихся тремя видами физических нагрузок

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ
Индекс атерогенности	1,98 (1,81–2,37)	1,95 (1,57–2,37)	2,05 (1,44–2,88)	2,17 (1,75–2,47)	2,00 (1,83–2,48)	1,79 ² (1,50–2,19) ↓	2,14 (1,30–2,79)	2,09 (1,65–2,72)
А/Г	1,70 (1,40–1,90)	1,40 ² (1,18–1,70) ↓	1,41 ² (1,21–1,60) ↓	1,29 ² (1,19–1,38) ↓	1,46 ¹ (1,28–1,58) ↓	1,43 (1,25–1,59)	1,25 ² (1,19–1,38) ↓	1,40 (1,26–1,57)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,90)	1,62 ² (1,31–1,96) ↑	1,56 ² (1,34–1,94) ↑	1,94 ² (1,48–2,29) ↑	1,90 ¹ (1,56–2,23) ↑	1,78 (1,37–1,94)	1,63 (1,44–1,82)	1,76 (1,39–1,99)
КФК/АсАТ	10,0 (7,40–14,8)	8,71 ² (6,07–12,4) ↓	8,21 ² (6,19–11,6) ↓	7,89 ² (5,42–12,5) ↓	5,81 ¹ (5,25–7,07) ↓	5,82 (4,47–8,97)	7,29 ² (5,97–13,8) ↑	5,92 (4,88–7,98)
КФК/ЩФ	1,15 (0,56–2,23)	0,81 (0,46–1,89)	0,86 (0,35–1,64)	0,63 ² (0,27–1,42) ↓	0,80 (0,40–1,18)	0,95 (0,48–1,44)	0,87 (0,33–0,88)	0,88 (0,51–1,35)
Глю/ОХС	1,16 (1,06–1,34)	1,24 (1,06–1,42)	1,22 (0,99–1,36)	1,06 (0,93–1,28)	1,12 (0,96–1,29)	1,11 (0,98–1,28)	1,22 (0,96–1,38)	1,06 (0,91–1,29)
Глю/ХС ЛПВП	3,76 (3,21–4,10)	3,61 (3,20–4,39)	3,54 (3,13–4,59)	3,40 (2,82–3,93)	3,43 (2,91–3,59)	3,22 (2,84–3,83)	3,54 (2,79–3,93)	3,18 (2,82–3,93)
Глю/ХС ЛПНП	1,96 (1,60–2,30)	2,21 ² (1,91–2,73) ↑	2,16 ² (1,90–2,90) ↑	1,85 (1,54–2,39)	1,70 (1,50–1,88)	2,12 ² (1,81–2,50) ↑	1,86 (1,57–3,25)	1,79 (1,53–2,11)
Глю/ТГ	7,59 (5,53–10,2)	5,78 ² (5,82–9,57) ↓	6,56 (4,72–8,87)	5,54 ² (4,82–9,87) ↓	5,64 (3,86–7,17)	5,87 (5,72–8,57)	6,56 (4,72–8,87)	5,54 (4,62–9,97)
Глю/Мочевина	1,11 (0,98–1,36)	1,14 (0,81–1,42)	0,98 (0,76–1,67)	0,91 ² (0,67–1,32) ↓	1,02 (0,98–1,32)	1,19 (1,01–1,32)	0,98 (0,84–1,77)	0,93 (1,07–1,32)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении групп видов спорта с соответствующими контрольными группами.

Таблица 4.4

Зависимости содержания некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов в сыворотке крови подростков позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от типа физических нагрузок

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ
Глюкоза, ммоль/л	4,60 (4,40–5,20)	4,73 (4,33–5,15)	4,85 (4,32–5,23)	4,73 (4,26–5,14)	4,39 (4,10–4,75)	4,66 (4,13–5,20)	4,91 ² (4,28–4,99) ↑	4,42 (4,12–4,58)
Триглицериды, ммоль/л	0,80 (0,50–1,04)	0,74 (0,55–1,08)	0,75 (0,53–1,02)	0,81 (0,63–1,04)	0,79 (0,65–1,01)	0,73 (0,60–1,00)	0,82 (0,50–0,90)	0,54 ² (0,49–0,65) ↓
ОХС, ммоль/л	3,90 (3,50–4,30)	3,91 (3,52–47,4)	3,89 (3,41–4,39)	3,87 (3,15–4,93)	5,04 ¹ (5,00–5,30) ↑	4,15 ² (3,82–4,97) ↓	3,62 ² (3,31–4,90) ↓	4,10 ² (3,35–4,91) ↓
Мочевая кислота, мкмоль/л	270 (250–310)	300 ² (260–340) ↑	310 ² (277–340) ↑	330 ² (280–370) ↑	250 (220–208)	260 (270–290)	250 (220–290)	180 ² (160–210) ↓
Мочевина, ммоль/л	4,60 (3,90–5,59)	4,97 (4,01–5,8)	5,42 ² (4,53–6,17) ↑	5,30 ² (4,21–5,98) ↑	5,20 (3,50–6,50)	4,64 (3,62–5,53)	4,59 (4,31–4,78)	4,29 (3,46–4,99)
Общий билирубин, мкмоль/л	15,4 (12,6–18,6)	13,9 (10,8–21,4)	12,4 (10,6–21,9)	14,6 (10,8–21,2)	11,8 ¹ (10,6–13,0) ↓	14,7 ² (10,7–21,8) ↑	14,8 ² (10,4–21,0) ↑	11,6 (9,7–13,5)
Креатинин, мкмоль/л	90,2 (80,3–100)	90,3 (90,0–100)	100 ² (90,3–110) ↑	100 ² (90,0–110) ↑	90,3 (90,0–100)	90,0 (80,3–90,3)	90,3 (80,2–110)	80,5 (80,0–90)
Калий, ммоль/л	4,80 (3,98–5,30)	4,34 (3,28–4,84)	4,44 (4,10–4,87)	4,73 (3,92–4,98)	4,55 (4,05–5,13)	4,58 (4,10–4,98)	4,96 (4,61–5,23)	4,76 (4,11–5,77)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ
Кальций, ммоль/л	2,40 (2,32–2,50)	2,40 (2,21–2,58)	2,39 (2,24–2,63)	2,46 (2,32–2,85)	2,30 ¹ (2,25–2,35) ↓	2,32 (2,12–2,48)	2,21 (2,01–2,53)	2,53 (2,23–2,94)
Железо, мкмоль/л	14,1 (11,0–16,6)	18,5 ² (15,6–22,8) ↑	14,6 (9,19–18,7)	16,2 ² (12,5–22,0) ↑	14,8 (11,1–18,8)	15,1 (11,5–21,5)	15,7 (13,6–19,3)	14,7 (12,5–18,9)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении групп видов спорта с соответствующими контрольными группами.

Таблица 4.5

Зависимости содержания некоторых циркулирующих белков в сыворотке крови спортсменов позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от типа физических нагрузок

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ
Общий белок, г/л	73,0 (70,0–77,0)	71,0 ² (69,0–75,0) ↓	72,0 (69,0–75,5)	73,0 (70,0–76,0)	72,5 (69,2–73,2)	73,0 (69,0–76,0)	75,0 (72,0–76,0)	70,00 (68,00–71,00)
Альбумин, г/л	43,0 (40,0–45,0)	43,0 (40,0–45,0)	42,0 (40,0–44,0)	44,0 (41,0–46,0)	43,0 (41,0–45,0)	43,0 (41,0–45,0)	43,0 (43,0–46,0)	42,0 (42,0–44,0)
Глобулины, г/л	31,0 (27,0–34,0)	29,0 (26,0–34,0)	29,0 (27,0–32,0)	29,0 (26,0–33,0)	28,0 (27,5–28,5)	30,0 (27,0–34,0)	29,0 (29,0–29,0)	26,0 (25,0–29,0)
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,27 (1,10–1,43)	1,32 (1,14–1,55)	1,42 (1,15–1,54)	1,36 (1,12–1,67)	1,58 ¹ (1,28–1,65) ↑	1,50 (1,20–1,70)	1,70 (1,66–1,80)	1,62 (1,41–1,92)

Продолжение таблицы

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ
ХС ЛПНП, ммоль/л	2,05 (1,45–2,37)	2,30 ² (1,94–2,65) ↑	2,20 (1,82–2,57)	2,15 (1,72–2,50)	2,90 ¹ (2,65–3,10) ↑	2,10 ² (1,98–2,60) ↓	1,74 ² (1,40–1,92) ↓	3,10 (2,2–3,4)
ОЖСС, мкмоль/л	69,0 (55,0–69,5)	59,5 (47,7–64,9)	58,8 (48,5–65,1)	57,9 (51,1–66,5)	52,8 (49,6–60,1)	51,5 (48,1–57,4)	48,6 (46,6–53,2)	53,4 (48,7–58,9)
АлАТ, Ед/л	32,0 (20,0–41,0)	20,2 ² (17,3–26,6) ↓	21,3 ² (17,2–30,4) ↓	25,3 ² (18,2–33,7) ↓	18,0 ¹ (16,0–19,0) ↓	18,8 (14,3–21,7)	21,7 (17,9–24,4)	16,8 (13,8–18,9)
АсАТ, Ед/л	38,0 (27,0–63,0)	30,1 ² (25,4–38,6) ↓	30,2 ² (25,0–35,7) ↓	37,3 (27,1–46,8)	22,0 ¹ (19,0–23,0) ↓	25,4 (20,1–31,3)	38,2 ² (29,7–43,7) ↑	29,3 ² (25,7–32,4) ↑
ЩФ, Ед/л	356 (194–440)	179 ² (109–302) ↓	227 ² (138–359) ↓	180 ² (104–316) ↓	174 ¹ (112–196) ↓	145 (74,6–195)	278 ² (130–298) ↑	203 ² (160–222) ↑
α-амилаза, Ед/л	51,0 (42,0–63,0)	55,6 (42,2–86,7)	50,5 (42,8–73,9)	47,7 (38,4–60,9)	51,0 (42,0–59,2)	55,2 (43,3–71,1)	56,3 (53,6–97,8)	55,8 (46,4–68,3)
ГГТ, Ед/л	14,0 (11,3–17,5)	14,1 (13,4–17,7)	16,6 (13,8–18,9)	15,6 (12,8–18,7)	13,0 (10,7–19,1)	13,4 (10,2–17,8)	12,7 (10,3–15,2)	14,1 (11,6–16,8)
КФК, Ед/л	511 (346–840)	293 ² (183–472) ↓	213 ² (124–396) ↓	304 ² (231–530) ↓	117 ¹ (103–200) ↓	143 (95–228)	223 ² (198–397) ↑	184 ² (147–200) ↑

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении групп видов спорта с соответствующими контрольными группами.

Таблица 4.6

Зависимости величинах некоторых метаболических коэффициентов обмена веществ в сыворотке крови спортсменов позднего пубертатного возраста (16–18 лет) в зависимости от типа физических нагрузок

Показатели	Юноши				Девушки			
	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ	Контроль	ЦВС	СПЕ	СПИ
Индекс атерогенности	1,81 (1,48–2,28)	2,07 (1,45–2,46)	2,05 (1,67–2,86)	1,75 (1,34–2,77)	2,17 (1,67–2,52)	1,92 (1,47–2,36)	1,22 ² (0,94–1,52) ↓	2,26 (1,19–2,94)
АГ	1,40 (1,20–1,60)	1,47 (1,24–1,66)	1,46 (1,26–1,63)	1,45 (1,35–1,77)	1,50 (1,43–1,58)	1,46 (1,26–1,59)	1,59 (1,48–1,69)	1,69 (1,34–1,80)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,70)	1,45 (1,14–1,70)	1,33 (1,13–1,78)	1,47 (1,17–1,88)	1,29 (1,19–1,39)	1,41 (1,15–1,69)	1,33 (1,35–1,59)	1,77 ² (1,59–1,92) ↑
КФК/АсАТ	15,1 (11,2–29,0)	10,4 ² (6,7–14,2) ↓	10,7 ² (8,1–14,3) ↓	12,4 ² (8,21–18,5) ↓	6,50 ¹ (4,60–8,14) ↓	5,86 (4,00–9,09)	6,69 (5,70–9,82)	6,83 (4,32–7,36)
КФК/ЩФ	2,00 (1,22–5,21)	1,25 ² (0,85–3,15) ↓	1,44 ² (0,83–2,63) ↓	2,32 (1,45–4,14)	(1,76 (1,36–2,70)	1,51 (0,67–2,10)	0,80 ² (0,55–3,07) ↓	0,92 ² (0,84–1,70) ↓
Глю/ОХС	1,21 (1,10–1,43)	1,26 (1,15–1,45)	1,23 (1,14–1,33)	1,23 (1,63–1,36)	0,86 ¹ (0,81–0,91) ↓	1,08 ² (0,94–1,23) ↑	1,42 ² (1,23–1,45) ↑	1,10 ² (1,02–1,30) ↑
Глю/ ХСЛПВП	3,58 (3,17–4,78)	3,52 (3,28–4,14)	3,54 (2,84–4,41)	3,65 (3,32–4,12)	2,96 ¹ (2,50–3,18) ↓	3,14 (2,70–3,86)	2,88 (2,72–2,93)	2,96 (2,25–3,6)
Глю/ХСЛПНП	2,53 (2,05–2,89)	2,42 (1,64–2,62)	2,32 (1,75–2,76)	2,43 (1,66–2,94)	1,49 ¹ (1,30–1,80) ↓	1,93 ² (1,73–2,19) ↑	2,82 ² (2,66–3,50) ↑	1,46 (1,16–1,77)
Глю/ТГ	6,18 (5,20–7,41)	6,21 (4,10–7,80)	6,94 ² (4,50–7,17) ↑	5,80 (4,20–6,95)	6,17 (4,90–8,17)	6,11 (4,60–7,40)	5,94 (4,10–7,67)	8,20 ² (5,50–9,95) ↑
Глю/Мочевина	0,93 (0,88–1,02)	0,95 (0,74–1,70)	0,88 (0,68–1,78)	0,99 (0,70–1,88)	0,84 (0,73–1,17)	0,99 (0,84–1,40)	1,08 (0,78–1,38)	1,09 (0,80–1,48)

Примечание: ¹ – $P < 0,05$ при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – $P < 0,05$ при сравнении групп видов спорта с соответствующими контрольными группами.

Проведенные исследования позволили сделать следующие заключения [8–10].

1. При анализе биохимических показателей подростков-спортсменов, занимающихся систематическими дозированными физическими нагрузками, соответствующих трем группам видов спорта, установлено, что из 32 изученных показателей только два ХС ЛПВП и коэффициент Глю/ХС ЛПВП не изменяются у подростков обоего пола занимающихся различными видами спорта в двух возрастных группах.

2. У подростков мужского пола независимо от возраста выявлено 7 показателей, поддерживаемых на постоянном уровне: содержание ТГ, ОХС, общего билирубина, ХС ЛПВП и величины коэффициентов – ИА, Глю/ОХС, Глю/ ХС ЛПВП.

3. При анализе биохимических показателей сыворотки крови подростков-спортсменок выявлены 9 биохимических показателей, которые сохранялись без изменения независимо от вида дозированных физических нагрузок, соответствующих группам видов спорта: содержание неорганических биорегуляторов – калия, кальция, сывороточного железа; содержание циркулирующих белков сыворотки крови – общего белка, глобулинов, ХС ЛПВП, ГГТ, и коэффициентов – Глю/ХС ЛПВП, Глю/мочевина.

4. Выявлены специфические возрастные изменения биохимических показателей: у юношей 12–15 лет физические нагрузки всех видов повлияли на повышение содержания мочевины, калия, глобулинов, активности АсАТ и уровня коэффициента АсАТ/АлАТ, а также на снижение содержания кальция, ОЖСС, коэффициента А/Г; у юношей старшей возрастной группы при действии физических нагрузок всех видов повысилось содержание мочевой кислоты, снизилась активность АлАТ, ЩФ, КФК, коэффициента КФК/АСАТ.

5. У девушек в младшей возрастной группе при действии физических нагрузок всех видов снизилось содержание ОЖСС, повысилась активность АлАТ, в группе 16–18 лет снизилось содержание ОХС, и повысился коэффициент Глю/ОХС, остальные изменения были специфичны для каждого вида спорта.

6. К показателям метаболической адаптации при действии циклических видов спорта, единоборств и спортивных игр относятся в раннем пубертатном периоде у подростков мужского пола холестерол, билирубин, мочевая кислота, калий, а у подростков женского

пола – железо, мочева кислота, калий. Физические нагрузки уравнивают содержание кальция. Анализ совместных изменений мочевины и креатинина указывают на более высокую выносливость у юных спортсменов. У подростков мужского пола действие трех типов физических нагрузок вызывают снижение величин отношения Альбумин/Глобулины, КФК/АсАТ и повышение АсАТ/АлАТ. Занятия тремя типами физических нагрузок у подростков 12–15 лет вызывают как комплекс биохимических изменений, свидетельствующих о развитии процессов метаболической адаптации, так и изменения, указывающих на процессы напряжения и возрастной недостаточности обмена веществ особенно у подростков мужского пола.

Список использованной литературы к главе 4

1. Агафонова М.Е. Актуальные направления научных исследований в области спортивной подготовки в игровых видах спорта / М.Е. Агафонова // Актуальные проблемы подготовки спортсменов высокого класса и резерва в игровых видах спорта: междунаро. науч.-прак. семин., Минск, 2 апр. 2020 г.; БГУФК; редкол.: С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С. 20.

2. Двейрина О.А. Анализ педагогического (спортивного) тестирования: классификации видов спорта, требования к физическим качествам, «батарея» тестов / О.М. Двейрина [и др.] // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – №12 (178). – С. 82–89.

3. Жолинский А.В. Подходы к классификации спортивных дисциплин с учетом их влияния на биохимический профиль спортсмена / А.В. Жолинский, Ж.В. Гришина, А.И. Кадыкова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2022. – Т. 12. № 2. – С. 82–95.

4. Коренюгина В.В. Анализ максимальной анаэробной мощности у борцов / В.В. Коренюгина, Р.С. Османов, Т.З. Башаев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-maksimalnoy-anaerobnoy-moschnosti-u-bortsov/viewer>. (дата обращения: 18.03.2023).

5. Селезнева И.С. Биохимические изменения при занятиях физкультурой и спортом: учеб. пособ. / И.С. Селезнева, М.Н. Иванцова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 162 с.

6. Фудин Н.А. Влияние различных видов спорта на деятельность функциональных систем организма человека / Н.А. Фудин [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. – 2015. – №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-razlichnyh-vidov-sporta-na-deyatelnost-funktsionalnyh-sistem-organizma-cheloveka>.

7. Хроменкова Е.В. Уровень развития скоростно-силовых и скоростных способностей высококвалифицированных футболистов / Е.В. Хроменкова, Е.М. Корж // Прикладная спортивная наука. – №2 (12). – 2020. – С. 4–13.

8. Чиркин А.А. Активность креатинкиназы в сыворотке крови лиц, занимающихся спортом / А.А. Чиркин, Н.С. Степанова, А.Г. Тетерев // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2014. – №3. – С. 47–55.

9. Чиркин А.А. Изменения биохимических маркеров здоровья при занятиях олимпийскими видами спорта в период полового созревания / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2020. – Т. 9. №3. – С. 302–313.

10. Чиркин А.А. Изменения биохимических показателей сыворотки крови у подростков женского пола при занятиях спортом / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2022. – Т. 11. № 3. – С. 268–278.

ГЛАВА 5. РАЗВИТИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ У СПОРТСМЕНОВ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

К основным патологическим процессам, связанным с систематическими дозированными физическими нагрузками, относятся спортивные травмы. Однако в последние десятилетия проявился существенный интерес к заболеваниям метаболической природы, связанным со спортом. Прежде всего, к таким состояниям относят перетренированность – физическое, поведенческое и эмоциональное состояние, которое возникает, когда объём и интенсивность тренировочной программы превышает восстановительные способности организма подростка. Имеющиеся ограниченные данные указывают на то, что перетренированность наблюдается у молодых спортсменов в 30–35% случаев, тогда, как по спортивное выгорание наблюдают всего в 5–10% случаев.

Проявляющиеся симптомы значительно различаются у спортсменов и спортсменок, индуцируются как спортивными, так и иными причинами и чаще всего включают устойчивое снижение или застой в работоспособности, повышенное восприятие усилий во время упражнений, чувство мышечной тяжести, частые инфекции верхних дыхательных путей, постоянную болезненность мышц, изменения настроения, нарушение сна и потерю аппетита. Чрезмерный стресс с недостаточным восстановлением является основной причиной перетренированности. Обычно это происходит из-за резкого увеличения количества тренировок. В подростковом периоде это определяется нарушениями соотношения анаболических и катаболических процессов с наложением эффектов эндокринной системы, медиаторов воспаления, циркулирующих гормонов роста и инсулиноподобного фактора 1 и др. [22; 15].

5.1. Метаболический синдром как проявление инсулинорезистентности

Экспериментальными и клиническими исследованиями было доказано, что развитие инсулинорезистентности связано с окислительным стрессом на фоне недостаточности антиоксидантных систем [3; 16]. Метаболический синдром (МС) может быть причиной

внезапной смерти человека в состоянии видимого здоровья. Поэтому исследования молекулярных механизмов развития МС являются актуальным. Расшифровку биохимических механизмов развития и создания строгих критериев выявления МС следует рассматривать как биологическую проблему, поскольку возникновение компонентов этого синдрома тесно сопряжено с общими негативными явлениями урбанизации общества. Осложнения МС проявляются в виде ожирения, артериальной гипертензии, инсулиннезависимого сахарного диабета, клиническими проявлениями атеросклероза и других заболеваний. Эти заболевания относятся к важнейшим проблемам современной медицинской практики [25]. МС распространен среди 25–35% населения. В возрасте 20–29 лет симптомы заболеваний, являющихся следствием МС, встречаются у 5–10% наблюдаемых лиц. С возрастом симптомы таких заболеваний встречаются в 4–6 раз чаще. В последние годы с метаболическим синдромом ассоциируют также неалкогольные заболевания печени группы стеатогепатитов. Метаболический синдром является одной из важнейших причин нарушения здоровья, связанного с отходом от принципов здорового образа жизни [6]. В соответствии с Государственными программами развития физической культуры и спорта Союзного государства количество лиц, занимающихся физической культурой и спортом, достигнет 30–45% от общей численности населения. Поэтому требуется не затратный, но объективный контроль эффективности выполнения такой программы.

На протяжении 2011–2019 годов под наблюдением было 1594 человека, в том числе 415 женщин и 1179 мужчин. Все наблюдаемые лица систематически использовали дозированные физические нагрузки, занимаясь физической культурой или различными видами спорта. Особый интерес представляют группы девушек и юношей в возрастной группе до 15 лет (219 и 260 человек, соответственно), поскольку систематические занятия физическими упражнениями совпадают с периодами роста и полового созревания. Был разработан и использован следующий пятиэтапный алгоритм выявления метаболического синдрома.

1. Отбирают обследуемых лиц с повышенными величинами индекса массы тела (ИМТ). Было предложено выделять 2 группы – первая с ИМТ 25,0–29,9 кг/м² (избыточная масса тела) и вторая с ИМТ ≥ 30 кг/м² (ожирение).

2. Затем отбирают обследуемых лиц с уровнем холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП) $<0,9$ ммоль/л у мужчин и ХС ЛПВП $<1,2$ ммоль/л у женщин).

3. Из оставшихся обследуемых отбираются лица с гипергликемией (уровень глюкозы сыворотки $>5,55$ ммоль/л).

4. Среди лиц с тремя элементами метаболического синдрома выделяются пациенты с уровнем триацилглицеролов (ТГ) $>1,8$ ммоль/л.

5. И, наконец, отбирают пациентов, у которых выставлен диагноз «артериальная гипертензия» (АГ) [5]. У лиц европеоидной расы учитывают также центральное ожирение (окружность талии >94 см у мужчин и >80 см у женщин). При диагностике увеличения массы тела особое внимание уделяют локализации жировых отложений, особенно их количеству в области живота (абдоминальное ожирение). Для оценки используют показатель соотношения объёма талии к объёму бёдер (WHR): значение WHR более 0,9 для мужчин и более 0,85 для женщин означает наличие избыточного абдоминального жира. Методика биохимического обследования спортсменов и лиц, не занимающихся дозированными физическими нагрузками, описана в предшествующих главах монографии. О составе тела обследуемых лиц судили по результатам биоэлектрического импедансного анализа, проводимого с помощью аппарата BODY Analyzer 2040 (Италия) [7; 13]. Оценка функционального состояния спортсменов осуществлялась аппаратно-программным комплексом «Омега-С», предназначенным для оперативного контроля физического состояния спортсменов в тренировочном процессе и в период подготовки к соревнованиям. В режиме экспресс-контроля этот комплекс позволяет определять:

- 1) уровень и адаптации спортсмена к физическим нагрузкам;
- 2) степень тренированности сердца спортсмена;
- 3) уровень энергетического обеспечения физических нагрузок;
- 4) текущее психоэмоциональное состояние спортсмена;
- 5) интегральный показатель «индекс спортивной формы» [1].

Половые особенности распределения индекса массы тела у спортсменов разного возраста представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Индекс массы тела у спортсменов в зависимости от пола и возраста

Диапазоны ИМТ, кг/м ²	До 15 лет		16-45 лет	
	Количество	%	Количество	%
Спортсмены-мужчины				
< 18,5 (гипотрофия)	64	24,6	34	3,8
18,6–24,9 (норма)	176	67,7	627	69,2
25,0–29,9 (избыточная масса)	18	6,9	211	23,2
30,0–34,9 (ожирение I ст.)	2	0,77	30	3,3
35,0–39,9 (ожирение II ст.)	–	–	4	0,44
Спортсмены-женщины				
< 18,5 (гипотрофия)	84	38,3	8	4,1
18,6–24,9 (норма)	122	55,7	172	87,7
25,0–29,9 (избыточная масса)	12	5,5	16	8,2
30,0–34,9 (ожирение I ст.)	1	0,5	–	–
35,0–39,9 (ожирение II ст.)	–	–	–	–

Из анализа данных табл. 1 следует, что состояние гипотрофии выявлено у юношей чаще в 6,4 раза, а у девушек – в 9,3 раза по сравнению с взрослыми спортсменами. Нормальная масса тела выявлена у достаточно близкого процента юношей и взрослых спортсменов-мужчин, но у девушек нормальная масса тела встречается в 1,5 раза реже по сравнению с взрослыми. Избыточная масса тела зарегистрирована в 3,5 раза чаще у взрослых спортсменов-мужчин по сравнению с подростками; у взрослых женщин-спортсменов избыточная масса тела встречается всего лишь в 1,5 раза чаще по сравнению с подростками. И, наконец, индекс массы тела диапазона «ожирение» характерен, в основном, для взрослых мужчин-спортсменов. Приведенные данные интересны по двум позициям: во-первых, занятия спортом в подростковом периоде сопряжены с более частым выявлением гипотрофии и, во-вторых, существенно больше взрослых мужчин-спортсменов относятся к диапазонам «избыточная масса тела» и «ожирение».

При использовании разработанного алгоритма оказалось, что отбор спортсменов с факторами риска МС практически завершается после двух первых этапов. Установлено, что в пересчете на 1000 обследуемых среди юношей-спортсменов можно выявить

17 человек с двумя факторами риска МС и 8 человек – с тремя факторами риска МС; у взрослых мужчин-спортсменов удается выделить 16 человек с двумя факторами риска и 2 человека с тремя факторами риска. Среди девушек-спортсменок 18 человек имели два фактора риска МС и 4 человека три фактора риска МС; среди взрослых женщин-спортсменок был выделен 21 человек с двумя факторами риска. Эти данные показывают, что показатель ХС ЛПВП является важнейшим этапом скрининга метаболического синдрома у спортсменов. Но диапазоны скрининга «избыточная масса тела» и «ожирение» у спортсменов могут зависеть от соотношения безжировой массы тела (мышцы) и жира. Анализ показал, что диапазону «избыточная масса тела» соответствует доля жира 23%. Среди 297 взрослых спортсменов-мужчин 51 человек имел долю жира более 23% (примерно 17% от обследованных), ХС ЛПВП менее 0,9 ммоль/л был выявлен у 5 спортсменов (примерно 2% от всей группы и 10% – от лиц с повышенным содержанием жира) и из них у одного спортсмена была выявлена гипергликемия. Если ужесточить алгоритм и считать чаще всего встречаемую у спортсменов норму жировой составляющей тела в 15%, то из 297 спортсменов у 220 человек имеется повышенная масса тела (74%), из них у 11 человек выявлена гипоальфахолестеролемия (примерно 4% от всей группы и 5% от лиц с избытком жира) и у двух спортсменов выявлена гипергликемия, сочетающаяся с гипертриацилглицеролемией. Исходя из вышеизложенного, совершенствование алгоритма выявления МС, может быть связано с заменой первого просеивающего критерия (индекс массы тела, окружность талии и бедер) на компоненты состава тела человека.

В таблице 5.2 представлены данные корреляционных зависимостей между величинами индекса массы тела и показателями состава тела спортсменов мужчин и женщин.

Из анализа данных таблицы 5.2 следуют два важных заключения:

- 1) половые различия заключаются в том, что у женщин существенно выше отрицательная корреляционная зависимость между величиной ИМТ и безжировой массой тела, а также тесная корреляционная зависимость между ИМТ и массой жира;

2) по всей видимости, систематические занятия физическими нагрузками вызывают у спортсменов независимо от пола одинаковые по силе корреляционные зависимости между ИМТ, с одной стороны, и общей и внутриклеточной водой, с другой.

Таблица 5.2

Коэффициенты корреляции между ИМТ и показателями состава тела спортсменов

Группа	Безжировая масса, %	Масса жира, %	Общая вода, %	Внеклеточная вода, %	Внутриклеточная вода, %
Женщины (415)	-0,588	0,859	-0,463	0,208	-0,529
Мужчины (354)	-0,141	0,550	-0,453	0,155	-0,501

В таблице 5.3 приведены изменения биохимических, антропометрических и функциональных показателей спортсменов на первых двух этапах скрининга метаболического синдрома.

Таблица 5.3

Результаты первых двух этапов скрининга метаболического синдрома у спортсменов в зависимости от возраста и пола

Группа обследуемых	Измененные показатели
Девушки, ИМТ > 25,0	ИМТ↑, креатинин↑, билирубин↑, альбумин↓, АлАТ↑, АсАТ/АлАТ↓, ОЖСС↓, безжировая масса↓, масса жира↑, общая вода↓, внутриклеточная вода↓
Девушки, ХС ЛПВП <1,2 ммоль/л	ИМТ↑, креатинин↑, ХС ЛПВП↓, АсАТ/АлАТ↓, безжировая масса↓, масса жира↑, общая вода↓, внутриклеточная вода↓
Женщины, ИМТ > 25,0	ИМТ↑, ОХС↓, ХС ЛПВП↓, безжировая масса↓, масса жира↑, общая вода↓, внутриклеточная вода↓
Женщины, ХС ЛПВП < 1,2 ммоль/л	ИМТ↑, глюкоза↑, ОХС↓, ХС ЛПВП↓, функциональные показатели (уровень адаптации к физическим нагрузкам, резерв тренированности, энергетическое обеспечение, цикл восстановления, цикл затрат, фрактильный портрет) ↓, безжировая масса↓, масса жира↑, общая вода↓, внутриклеточная вода↓

Группа обследуемых	Измененные показатели
Юноши, ИМТ > 25,0	ИМТ↑, мочевая кислота↑, ХС ЛПВП↓, индекс атерогенности↑, АсАТ/АлАТ↓, внеклеточная вода↑
Юноши, ХС ЛПВП < 0,9 ммоль/л	ИМТ↑, креатинин↑, мочевая кислота↑, альбумин↓, ХС ЛПВП↓
Мужчины, ИМТ > 25,0	ИМТ↑, ТГ↑, мочевая кислота↑, ОХС↑, индекс атерогенности↑, АлАТ↑, АсАТ/АлАТ↓, ГГТ↓, безжировая масса↓, масса жира↑, общая вода↓, внутриклеточная вода↓
Мужчины, ХС ЛПВП < 0,9 ммоль/л	ИМТ↑, креатинин↑, мочевая кислота↑, общий белок↓, альбумин↓, альбумин/глобулины↓, ХС ЛПВП↓, индекс атерогенности↑, АлАТ↑, АсАТ/АлАТ↓, безжировая масса↓, масса жира↑, внеклеточная вода↑, внутриклеточная вода↓

Анализ данных, приведенных в таблице 5.3, показывает возможный путь развития метаболического синдрома у спортсменов: увеличение массы тела за счет жировой составляющей; активация эндогенных антиоксидантов (у девушек повышение содержания билирубина, у юношей - мочевой кислоты); нарушение систем гомеостаза (у девушек изменение транспорта железа, у юношей недостаточность ХС ЛПВП); нарушения фильтрационной функции почек, печени, водно-солевого обмена; у женщин нарушение функциональных показателей реактивности организма, у мужчин проявления проатеросклеротических изменений транспорта липидов.

Существенный интерес представляют данные о вариациях состава тела спортсменов по сравнению с «идеальным составом тела». По частоте выявления у женщин отклонения от «идеального состава тела» распределились в последовательности: недостаток безжировой массы > избыток массы жира > недостаток общей воды > недостаток массы тела > избыток массы тела > избыток общей воды > недостаток массы жира > избыток безжировой массы. Следовательно, в организме большинства женщин-спортсменок сохранились типичные для женского тела недостаток безжировой массы и общей воды на фоне избытка массы жира. Реже всего у женщин-спортсменок выявлялись избыток общей воды, недостаток массы жира и избыток безжировой массы. У мужчин-спортсменов отклонения от «идеального состава тела» распределились в

последовательности: избыток массы жира > недостаток безжировой массы > избыток массы тела > избыток общей воды > недостаток массы тела > недостаток общей воды > недостаток массы тела > избыток безжировой массы > недостаток массы тела. Показано, что избыток безжировой массы на фоне недостатка массы жира является характерным признаком спортсменов обоего пола высоких степеней спортивного мастерства.

Исследование биохимических показателей обмена веществ в общей популяции жителей Витебской области показало, что у мужчин по сравнению с женщинами повышены все показатели, за исключением общего белка и активности альфа-амилазы, а содержание ХС ЛПВП у мужчин оказалось ниже, чем у женщин. По сравнению с общей популяцией у спортсменов независимо от пола оказались повышенными содержание креатинина, общего билирубина, активности креатинфосфокиназы и сниженными уровни общего белка, активности аланин-аминотрансферазы и альфа-амилазы. Половые различия биохимических показателей у спортсменов по сравнению с общей популяцией были следующими: повышение общего холестерина у женщин и снижение у мужчин; снижение ХС ЛПВП у женщин; повышение триацилглицеролов у женщин и снижение у мужчин; повышение величины индекса атерогенности у женщин и отсутствие изменений у мужчин; снижение активности аспартат-аминотрансферазы у женщин и отсутствие изменений у мужчин; снижение гамма-глутамилтрансферазы у мужчин и отсутствие изменений у женщин. Рассматривая эти данные применительно к технологиям выявления метаболического синдрома, следует отметить, что женщины-спортсменки по сравнению с мужчинами-спортсменами имеют большую вероятность выявления гипергликемии, снижению ХС ЛПВП и повышению триацилглицеролов, т. е. основных просеивающих показателей верификации метаболического синдрома.

Итак, анализ распространенности индекса массы тела среди спортсменов показал, что занятия спортом в подростковом периоде сопряжены с более частым выявлением гипотрофии. Подростковый возраст совпадает с пубертатным скачком роста и физического развития. На фоне включения половых желез во взаимодействие с гипофизом и щитовидной железой изменяются нейроэндокринные и нейро-гуморальные соотношения в организме, характерные для

предшествующего периода детства. Систематические занятия спортом в этом периоде приводят к дополнительным изменениям метаболизма, его регуляции и функционального состояния организма подростка. Поэтому необходимы комплексные биохимические и функциональные исследования, позволяющих получить наиболее адекватное представление о развитии адаптационных процессов в организме спортсменов подросткового периода [10].

5.2. Триада женщин-атлеток как проявление гипотрофии

В предшествующих разделе монографии было отмечено, что у в периоде полового созревания часто обнаруживаются признаки гипотрофии. У спортсменок часто встречается так называемая триада женщин-атлеток (the female athlete triad), которая включает в себя три компонента: недостаточное потребление энергии с нарушением питания или без него, менструальную дисфункцию и снижение минеральной плотности костной ткани [24]. Частота ее, по данным разных авторов, колеблется в диапазоне 1–54% в зависимости от проявляющихся компонентов и вида спорта [20; 27]. В циклических видах спорта практически каждая пятая спортсменка имеет ее симптомы [23]. Впервые триада описана в 1997 г. специалистами Американского колледжа спортивной медицины. В 2005 г. рабочей группой Международного олимпийского комитета введено более широкое понятие, описывающее негативное влияние занятий спортом на организм спортсменов обоих полов: «синдром относительного дефицита энергии в спорте» (relative energy deficiency in Sport, RED-S). Этот синдром включает в себя изменения основного обмена, менструальной функции, состояния костной, сердечно-сосудистой и иммунной систем, вызванное относительным дефицитом энергии. Причиной этого синдрома является дефицит энергии по отношению к балансу между потреблением энергии с пищей и ее расходом, необходимыми для сохранения здоровья и занятий спортом. Таким образом, триада – это клинические проявления RED-S, которые негативно влияют на многие физиологические аспекты женского здоровья и спортивные результаты и в тяжелых случаях могут привести к клиническим расстройствам пищевого поведения, аменорее и остеопорозу. Уменьшение минеральной плотности костной ткани у спортсменок является

важным фактором риска развития стрессовых (спортивных) переломов, которые сложны в диагностике и лечении и в некоторых случаях могут стать причиной окончания спортивной карьеры. Нерегулярные менструации или аменорея, продолжающиеся в течение нескольких лет, оказывают негативное влияние на костную ткань и в долгосрочной перспективе могут приводить к развитию остеопороза [21]. Дефицит энергии снижает гипоталамическое пульсирующее высвобождение гонадотропин-рилизинг-факторов, что ухудшает высвобождение гонадотропинов передней долей гипофиза. У женщин сниженная пульсация ФСГ и ЛГ вызывают гипозестрогению, вызывающую функциональную гипоталамическую аменорею и снижение костной массы. Кроме того, изменяются сигнальные пути гормонов щитовидной железы, уровней лептина, углеводного обмена, оси гормон роста / инсулиноподобный фактор роста-1, а также соотношение симпатического и парасимпатического тонуса [26]. Обнаружено сходство симптомов между тренировочной перегрузкой (с диагнозом синдрома перетренированности или без него) и относительным дефицитом энергии в спорте (RED-S) [17]. Вариантом таких нарушений обмена веществ может быть и развитие метаболического синдрома у спортсменок, чему могут препятствовать занятия спортом [8].

Согласно канадскому проекту КАЛИПЕР, целью которого является создание и поддержание базы данных современных педиатрических референсных интервалов для биохимических показателей сыворотки крови, было показано, что в подростковом возрасте в сыворотке (плазме) крови уменьшается концентрация фосфатов и активность щелочной фосфатазы, лактатдегидрогеназы и аспартат-аминотрансферазы. Содержание креатинина, а также концентрации общего холестерина, триглицеридов, мочевой кислоты и мочевины увеличивалось. Снижение концентрации кальция и фосфатов отображают созревание костной ткани. У девочек на этапе полового созревания и появления менструаций возможно уменьшение концентрации альбуминов в сыворотке крови. Активность лактатдегидрогеназы наиболее высокая в детском возрасте при усиленном обновлении и росте тканей и затем уменьшается. Аналогичные изменения касаются щелочной фосфатазы и созревания костной ткани. Концентрации почечных маркеров в сыворотке крови (креатинин, мочевина

и мочевая кислота) увеличиваются с возрастом. Количество креатинина, ежедневно производимого при распаде креатина в мышцах коррелирует с увеличением мышечной массы. Точно так же уровни мочевины связаны с деградацией белка. Верхний предел мочевой кислоты для мужчины и женщины в 13 лет соответствует установленным пороговым значениям гиперурикемии. Повышение концентрации общего холестерина и ЛПНП от раннего детства до взрослой жизни может указывать на растущие потребности для синтеза стероидных гормонов, связанных с ростом и развитием. Содержание ЛПВП снижается с возрастом у мужчин, но фактически увеличивается у женщин. Это связано с ролью эстрогенов в модуляции концентрации ЛПВП. Концентрация глюкозы поддерживается на относительно постоянном уровне в связи с регуляцией ее концентрации инсулином и глюкагоном на протяжении суток [14].

У подростков Белорусского поозерья в сыворотке крови отмечено увеличение содержания билирубина, креатинина, общего белка, мочевой кислоты и триглицеридов в позднем пубертате. Эти изменения сохраняются во взрослом состоянии и свидетельствуют о созревании систем биосинтеза транспортных белков, процессов распада эритроцитов и образования билирубина, укрепления системы эндогенных антиоксидантов и долгосрочных резервов энергии. В то же время у подростков мужского пола снижается в сыворотке крови содержание общего холестерина, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП, что указывает на интенсивное использование холестерина для синтеза стероидных гормонов и, прежде всего, половых. Кроме того, уменьшается активность циркулирующей щелочной фосфатазы, связанная с завершением роста и развития скелета. У подростков женского пола в сыворотке крови в позднем пубертате увеличивается содержание в сыворотке крови только общего белка и мочевой кислоты, но снижены содержание ХС ЛПНП и величина атерогенного индекса, а также активности щелочной фосфатазы и аспартат-аминотрансферазы. По всей видимости, такие изменения означают, что половое созревание произошло раньше, но траты холестерина на синтез стероидных гормонов еще не компенсированы.

Ранее было показано, что в возрастном интервале 7–20 лет у лиц женского пола, включенных в обезличенную базу данных, ИМТ увеличивается с 17,2 (16,4–18,4) кг/м² до 22,7 (21,6–25,2) кг/м².

Причем в процессе пубертата величина ИМТ нарастает скачкообразно в возрастной группе 16-20 лет. На протяжении этого периода у подростков женского пола не изменяются содержание триглицеридов, мочевины, общего белка, альбуминов, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, индекс атерогенности, активность КФК, альфа-амилазы, содержание калия, кальция, железа, величина ОЖСС, и коэффициентов КФК/АсАТ, глюкоза/ХС ЛПВП, глюкоза/ХС ЛПНП). Вместе с тем обнаружено закономерное уменьшение уровня мочевой кислоты с 320 (280–320) мкмоль/л до 170 (170–210) мкмоль/л, активности щелочной фосфатазы с 239 (200–876) Ед/л до 130 (124–143) Ед/л и нарастание коэффициента АсАТ/АлАТ с 0,84 (0,80–0,91) ед. до 1,52 (1,33–1,98) ед. Перечисленные показатели характеризуют процессы обмена веществ на протяжении всего пубертатного периода жизни подростков женского пола. Кроме того, удалось выявить некоторые биохимические особенности для отдельных периодов пубертатного возраста. Так в возрастной группе 12–15 лет количество глобулинов увеличивается до 30 (26–33,5) г/л, уменьшается величина коэффициента альбумины/глобулины до 1,46 (1,28–1,65) ед.; в возрастной группе 16-18 лет уменьшается содержание глюкозы до 4,39 (4,10–4,75) ммоль/л, но увеличивается уровень общего холестерина до 5,04 (5,00–5,30) ммоль/л, а также уменьшается величина коэффициента глюкоза/ОХС АлАТ. до 0,86 (0,81–0,91) ед.

У 38,3% спортсменов в возрасте до 15 лет выявлена гипотрофия (ИМТ < 18,5 кг/м²). Нормальная масса тела была у 56 % спортсменов (18,6–24,9 кг/м²). У спортсменов мужского пола гипотрофия в этом возрасте была выявлена в 24,6% случаев, а нормальная масса тела была у 67,7% обследованных лиц. Приведенные данные интересны потому, что занятия спортом в подростковом периоде сопряжены с более частым выявлением гипотрофии, проявляющейся чаще у девушек в рамках комплекса симптомов триады женщин-атлеток. Следует также отметить, что состояние гипотрофии выявлено у юношей чаще в 6,4 раза и у девушек – в 9,3 раза чаще, по сравнению с взрослыми спортсменами. Нормальная масса тела выявлена у достаточно близкого количества юношей и взрослых спортсменов-мужчин, но у девушек нормальная масса тела встречается в 1,5 раза реже по сравнению с взрослыми. Избыточная масса тела зарегистрирована в 3,5 раза чаще у взрослых спортсменов-мужчин по сравнению с подростками; у взрослых женщин-

спортсменов избыточная масса тела встречается всего лишь в 1,5 раза чаще по сравнению с подростками. И, наконец, индекс массы тела диапазона «ожирение» характерен, в основном, для взрослых мужчин-спортсменов.

Приведенные данные интересны по двум позициям: во-первых, занятия спортом в подростковом периоде сопряжены с более частым выявлением гипотрофии и, во-вторых, существенно больше взрослых мужчин-спортсменов относятся к диапазонам «избыточная масса тела» и «ожирение». Таким образом, целесообразно выявить биохимические показатели, которые могли бы свидетельствовать о возможном развитии триады женщин-атлетов и метаболического синдрома у занимающихся спортом в периоде полового созревания.

5.3. Синдром RED-S

Для поиска потенциальных биохимических показателей, способных указывать на развитие триады женщин-атлетов, было проведено анализ биохимических показателей у подростков женского пола, занимающихся спортом по сравнению с не занимающимися спортом [18]. Установлено, что у девочек-спортсменок в возрастной группе 7–11 лет выявлено статистически достоверное снижение уровней мочевины, мочевой кислоты, альбуминов, коэффициента альбумины/глобулины и повышение активности АсАТ и коэффициента АсАТ/АлАТ. Такие изменения в связи с наличием гипотрофии могут свидетельствовать о возможном развитии синдрома энергетической недостаточности. В возрастной группе 12–15 лет у девочек-спортсменок снижены уровни глюкозы, ХС ЛПНП, содержание альбуминов, активность щелочной фосфатазы, величины коэффициента АсАТ/АлАТ, но повышена величина коэффициента глюкоза/ХС ЛПНП. Эти изменения сопряжены с повышением по сравнению с контролем величины ИМТ. Такие изменения можно квалифицировать как положительный эффект спортивных занятий для повышения массы тела, но имеются признаки, возможно, алиментарной недостаточности энергетического обеспечения спортсменок, что приводит к относительно большему использованию глюкозы как транспортной формы энергии. В возрастной группе 16–18 лет снижено содержание ОХС, но повышены уровни общего билирубина, активности АсАТ и величины коэффициентов глюкоза/ОХС и глюкоза/ХС ЛПВП. Эти изменения под-

тверждают, что в данном возрастном периоде глюкоза играет ведущую роль в энергетическом обеспечении спортсменов. В постпубертатном возрасте индекс массы тела у спортсменок ниже по сравнению с не занимающимися спортом, а также повышены общий билирубин и мочевиная кислота, как продукты усиленного катаболизма гемсодержащих белков и нуклеиновых кислот.

На втором этапе исследования синдрома RED-S был произведен поиск диагностических биохимических показателей у подростков в зависимости от их спортивной квалификации [9]. Показано, что у девушек-спортсменок возрастной группы 12–15 лет, имеющих юношеские спортивные разряды по сравнению с контролем повышены величины ИМТ, а также снижены содержание мочевины, креатинина, активности щелочной фосфатазы и ОЖСС следовательно, для достижения юношеских разрядов необходимо наличие энергетического обеспечения спортивной деятельности преимущественно за счет глюкозы с алиментарным путем поступления. При наличии разрядов взрослых повышены значения ИМТ на фоне снижения содержания глюкозы и триглицеридов, а также альбуминов, величины индекса атерогенности, ХС ЛПНП, ОЖСС и активности щелочной фосфатазы. У девушек мастеров спорта в наибольшей степени увеличены уровни ИМТ при снижении уровней глюкозы, мочевины, альбуминов, ХС ЛПВП, повышении активности щелочной фосфатазы, АЛАТ, АсАТ и величины коэффициента КФК/ЩФ. Таким образом, по мере преодоления возрастающих спортивных нормативов в раннем пубертатном возрасте к биохимическим показателям энергетического обеспечения спортивной деятельности добавляется снижение ОЖСС, имеющей отношение к менструальному циклу, а также показатели повреждения мембранных структур (АЛАТ, АсАТ, КФК, ЩФ). У девушек-спортсменок позднего пубертатного периода возрастной группы 16–18 лет при достижении квалификации в диапазоне взрослые разряды – мастер спорта отмечено повышение активности АсАТ и величины коэффициентов глюкоза/ОХС и глюкоза/ХС ЛПНП. У кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта выявлено повышение уровней общего билирубина, а у мастеров спорта обнаружено дополнительное снижение триглицеридов. В постпубертатном периоде 19–20 лет установлено снижение значений ИМТ и повышение содержания общего билирубина по сравнению с контролем у кандидатов в мастера

спорта и мастеров спорта. Приведенные материалы показывают, что основную опасность по развитию триады женщин-атлетов представляют занятия спортом в первом пубертатном возрасте.

На третьем этапе исследования синдрома RED-S был произведен поиск диагностических биохимических показателей у подростков в зависимости от видов спорта [11].

Установлено, что для циклических видов спорта у девушек в раннем пубертатном возрасте характерно снижение уровней глюкозы, количества альбуминов, ОЖСС, а независимо от возраста – снижение ХС ЛПНП и повышение коэффициента глюкоза/ХС ЛПНП; для спортивных единоборств снижение альбуминов, соотношения А/Г и ОЖСС; для скоростно-силовых видов спорта – снижение триглицеридов и ОЖСС; для сложно-координационных видов спорта снижение триглицеридов и повышение коэффициента глюкоза/ХС ЛПНП.

Итак, приведенные материалы являются результатом наложения сложных биохимических процессов, вызванных различными спортивными нагрузками на биохимические процессы полового созревания подростков женского пола. Занятия спортом в подростковом периоде сопряжены с более частым выявлением гипотрофии, проявляющейся чаще у девушек в рамках комплекса симптомов триады женщин-атлетов. По мере преодоления возрастающих спортивных нормативов в раннем пубертатном возрасте к биохимическим показателям энергетического обеспечения спортивной деятельности добавляется снижение ОЖСС, имеющей отношение к менструальному циклу, а также показатели повреждения мембранных структур (АлАТ, АсАТ, КФК, ЩФ). При занятии различными видами спорта могут также происходить изменения биохимических показателей в соответствии с синдромом RED-S, среди них снижение уровней глюкозы, ОЖСС, количества альбуминов, содержания триглицеридов, ХС ЛПНП, повышение коэффициента Глюкоза/ЛПНП.

Уровень общего кальция сохраняется на постоянном уровне, что не позволяет использовать этот показатель в предсказании развития остеопороза. Возможно, использование метода определения ионизированного кальция может решить эту проблему. Биохимические показатели риска развития синдрома относительного дефи-

цита энергии чаще выявляются у спортсменок раннего пубертатного возраста, что может привести в будущем к патологическим компонентам триады женщин-атлетов. Таким образом, своевременная биохимическая оценка биохимических показателей, связанных с энергообеспечением организма, может обеспечить сохранение здоровья подростков женского пола и повысить эффективность их спортивных занятий.

5.4. Практические рекомендации

В 2020 году была опубликована статья Ж. В. Гришиной и соавторов из ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма» Министерства спорта Российской Федерации, Краснодар, Россия, посвященная обнаружению скрытых нарушений метаболизма у высококвалифицированных спортсменов [2]. Целью работы было выявление частоты встречаемости отклонений по отдельным биохимическим показателям, которые могут являться маркерами скрытых метаболически обусловленных отклонений состояния здоровья спортсменов. Были обследованы спортсмены – члены сборных команд России в возрасте от 16 до 38 лет. Общее количество обследованных 5245 человек. Изучались 25 показателей биохимического состава крови. На этих определениях рассчитаны референтные диапазоны и их центильные градации по 25 биохимическим показателям крови. Использование центильных градаций при оценке значений биохимических параметров крови, регистрируемых в процессе текущего мониторинга у спортсменов, дает возможность устанавливать вектор их изменений и при необходимости своевременно вносить изменения в объем и направленность тренировочных нагрузок, а также обоснованно разрабатывать индивидуализированные программы метаболической поддержки спортсмена. Выявленные отклонения биохимических показателей от нормы могут свидетельствовать о скрытых нарушениях метаболизма, возникающих на фоне профессиональных спортивных нагрузок, и в отсутствие своевременной компенсации могут привести к срыву адаптации и развитию различных метаболически обусловленных патологий.

В Республике Беларусь синхронно была опубликована монография Н.А. Степановой и соавторов «Антропометрические и биохимические показатели спортсменов пубертатного возраста», в которой представлен анализ центильных величин антропометрических показателей подростков – юношей (Ю) и девушек (Д), занимающихся систематическими дозированными физическими нагрузками с региональными нормативами (РН) [4]. Для выявления каких-либо особенностей метаболизма необходимо статистически обработать показатели достаточно большого количества людей. Если набор показателей не соответствует нормальному распределению, применяют, так называемые, непараметрические методы. В биологических исследованиях при использовании непараметрических методов результаты представляют в виде медианой величины и величин 1-го и 3-го квартилей, включающих 50% выборки (интерквартильный размах). В таком случае, остальные 50% остаются вне анализа. К непараметрическим методам относят также центильный метод анализа, который не смещает оценку показателя в сторону увеличения или снижения (как это происходит при использовании среднего значения при наличии в выборке выбросов – резко отличающихся данных), а учитывает все реальности вариационного ряда.

Если все показатели какого-то признака определенного объема совокупности распределить от минимального до максимального значения, объединить их с помощью специальных математических преобразований в 100 классов, то каждая сотая часть, в таком случае, называется процентилем или центилем. Каждый процентиль показывает, какой процент значений находится ниже этого числа. Например, если измеряемый показатель соответствует 40-му центилю, следовательно, 40 процентов испытуемых будут иметь значение ниже этого измеряемого показателя.

В практике используется семь фиксированных центилей. В наших таблицах используются следующие фиксированные центили: 2,5-й, 5-й, 25-й, 50-й, 75-й, 95-й, 97,5-й. Граничные центили – 2,5 и 97,5 – выбраны потому, что в интервале между ними находятся 95% данных всей выборки.

Выделяют 8 неодинаковых по величине центильных интервалов, каждый из которых получил своё наименование как оценка соответствующей величины анализируемого показателя (табл. 5.4).

Таблица 5.4

Центильные интервалы и соответствующие им оценки показателей

№ центильных интервалов	Величина центильных интервалов	Оценка показателей
1	Меньше 2,5 (2,5%)	Очень низкая
2	Между 2,5 и 5 (2,5%)	Низкая
3	Между 5 и 25 (20%)	Пониженная
4	Между 25 и 50 (25%)	Средняя
5	Между 50 и 75 (25%)	Средняя
6	Между 75 и 95 (20%)	Повышенная
7	Между 95 и 97,5 (2,5%)	Высокая
8	Больше 97,5 (2,5%)	Очень высокая

Структура центильной таблицы. В первой графе центильной таблицы находятся названия групп спортсменов, классифицированных по возрасту, степени спортивной классификации и некоторым олимпийским видам спорта. Например, «Ю 12–15» означает, что это группа юношей в возрасте от 12 до 15 лет. «12–15, разряды» означает, что к этой группе отнесены спортсмены с юношескими и взрослыми спортивными разрядами, «12–15, КМС, МС» – кандидаты в мастера и мастера спорта. «12–15, ЦВС» – группа спортсменов циклических видов спорта и т.д. Сокращенные названия других олимпийских видов спорта следующие: «ССВС» – скоростно-силовые виды спорта; «СПИ» – спортивные игры; «СКВС» – сложно-координационные виды спорта; «Ед-ва» – единоборства.

Во второй графе указано количество (n) в выборке показателей, участвующих в статистической обработке.

В 3-й и 11-й графах указаны, соответственно, минимальное и максимальное значения показателя, они выделены курсивом.

В графах 4–10 указаны количественные характеристики показателей, соответствующих определенному центиллю. 25–75-й центили выделены затемнением. Жирным шрифтом выделены значения ниже и выше референтных, или рекомендуемых.

Чтобы оценить соответствующий показатель, следует по первой графе найти группу и установить интервал, в который попадает показатель.

Например, у спортсмена-юноши 17 лет, кандидата в мастера спорта, занимающегося циклическими видами спорта, содержание ХС ЛПВП оказалось равно 0,82. Как видно из табл. 5.5, во всех классификациях данное значение попадает в центильный коридор – 2,5–5%, где содержание ХС ЛПВП в возрастной классификации составляет от 0,81 до 0,86 ммоль/л, в зависимости от ССК содержание ХС ЛПВП составляет от 0,80 до 0,84 ммоль/л, в зависимости от вида спорта – от 0,81 до 0,85 ммоль/л, что соответствует низкому уровню, а значит, требует внимания, или, даже коррекции.

Таблица 5.5

Фрагмент таблицы «Центильные характеристики содержания холестерина липопротеинов высокой (ХС ЛПВП) у юношей-спортсменов (Ю) различного возраста, степени спортивной квалификации (ССК), и некоторых групп видов спорта (ОВС)». *Референтные значения ХС ЛПВП 1,1–2 ммоль/л*

Группы	n	Центили, %								
		Мин	2,5	5	25	50	75	95	97,5	Макс
		Содержание ХС ЛПВП у юношей контрольной группы								
Контроль	66	0,71	0,87	0,99	1,11	1,30	1,51	1,76	1,90	<i>2,10</i>
Возраст		Содержание ХС ЛПВП в зависимости от возраста								
Ю 16–18	265	0,67	0,80	0,86	1,15	1,34	1,53	1,92	2,02	2,22
ССК		Содержание ХС ЛПВП в зависимости от ССК								
Ю 16–18 КМС, МС	115	0,67	0,79	0,84	1,18	1,39	1,53	1,94	2,01	2,22
Виды спорта		Содержание ХС ЛПВП в зависимости от ОВС								
Ю 16–18, СпИ	97	0,67	0,80	0,85	1,16	1,34	1,60	1,97	2,05	<i>2,10</i>

Всего в монографии приведен 71 таблица. В качестве примера представлены табл. 19 и табл. 70.

Таблица 5.6

Центильные характеристики содержания общего холестерина (ОХС) у юношей-спортсменов (Ю) различного возраста, степени спортивной квалификации (ССК), и некоторых олимпийских видов спорта (ОВС), (ммоль/л). *Референтные значения содержания ОХС – 3,6-5,2 ммоль/л*

Группы	n	Мин	Центили, %							Макс
			2,5	5	25	50	75	95	97,5	
			Содержание ОХС у юношей контрольной группы							
Контроль	142	2,39	2,58	2,90	3,50	3,90	4,51	5,42	5,62	5,90
Возраст		Содержание ОХС в зависимости от возраста								
Ю 12–15	192	2,60	2,70	2,90	3,42	3,90	4,42	5,60	6,20	6,90
Ю 16–18	361	2,50	2,90	3,00	3,50	3,90	4,40	5,30	5,40	6,99
Ю 19–20	168	2,67	3,10	3,30	3,70	4,20	4,70	5,47	6,00	6,60
ССК		Содержание ОХС в зависимости от ССК								
Ю 12–15, разряды	148	2,70	2,70	2,90	3,40	3,90	4,40	5,57	6,23	6,90
Ю 12–15, КМС, МС	44	2,60	2,81	2,92	3,50	4,05	4,50	5,57	5,88	6,20
Ю 16–18, разряды	204	2,56	2,82	2,90	3,40	3,71	4,30	5,00	5,29	6,50
Ю 16–18, КМС, МС	157	2,50	2,90	3,00	3,60	4,00	4,54	5,40	5,51	6,99
Ю 19–20, разряды	88	2,70	3,10	3,20	3,60	4,00	4,40	5,20	5,80	6,20
Ю 19–20, КМС, МС	80	2,67	3,19	3,30	3,88	4,40	4,99	5,84	6,30	6,60
ОВС		Содержание ОХС в зависимости от ОВС								
Ю 12–15, ЦВС	88	2,70	2,90	2,90	3,40	3,86	4,20	5,47	5,68	6,90
Ю 12–15, СпИ	45	2,70	2,70	2,70	3,60	4,10	4,60	6,14	6,48	6,50
Ю 12–15, Ед-ва	48	2,60	2,82	2,94	3,40	3,90	4,40	5,07	5,51	6,20
Ю 16–18, ЦВС	125	2,50	2,70	2,90	3,50	3,90	4,40	5,30	5,89	6,99
Ю 16-18, СпИ	135	2,50	2,90	3,00	3,50	3,80	4,30	5,20	5,30	5,34
Ю 16–18, Ед-ва	88	2,70	2,92	3,00	3,40	3,80	4,39	5,40	5,50	5,60
Ю 19–20, ЦВС	45	3,30	3,31	3,38	3,80	4,50	5,12	5,80	5,99	6,60
Ю 19–20, СпИ	97	2,70	3,10	3,27	3,70	4,01	4,40	5,20	5,62	6,20

Центильные характеристики коэффициента «КФК/ЩФ» у девушек-спортсменок (Д) различного возраста, степени спортивной квалификации (ССК), и некоторых олимпийских видов спорта (ОВС)

Группы	n	Мин	Центили, %							Макс
			2,5	5	25	50	75	95	97,5	
			Коэффициент «КФК/ЩФ» у девушек контрольной группы							
Контроль	42	0,18	0,23	0,24	0,53	0,95	1,50	5,09	5,41	24,36
Возраст		Коэффициент «КФК/ЩФ» в зависимости от возраста								
Д 12–15	154	0,13	0,18	0,22	0,52	0,89	1,47	3,71	4,57	7,14
Д 16–18	112	0,08	0,25	0,31	0,69	1,34	2,10	4,91	5,59	7,64
Д 19–20	31	0,21	0,52	0,66	1,00	1,45	2,10	3,81	5,17	8,17
ССК		Коэффициент «КФК/ЩФ» в зависимости от ССК								
Д 12–15, разряды	119	0,16	0,18	0,21	0,48	0,84	1,43	3,44	4,33	4,87
Д 12–15, КМС, МС	35	0,13	0,30	0,34	0,63	1,12	1,64	4,06	5,08	7,14
Д 16–18, разряды	36	0,16	0,35	0,42	0,64	1,15	1,85	2,92	3,69	5,18
Д 16–18, КМС, МС	76	0,08	0,25	0,29	0,72	1,49	2,39	5,13	5,77	7,64
Д 19–20, КМС, МС	31	0,21	0,52	0,66	1,00	1,45	2,10	3,81	5,17	8,17
ОВС		Коэффициент «КФК/ЩФ» в зависимости от ОВС								
Д 12–15, ЦВС	71	0,18	0,21	0,22	0,48	0,95	1,44	3,56	4,37	4,87
Д 12–15, СпИ	59	0,16	0,17	0,19	0,51	0,88	1,35	2,17	2,73	3,19
Д 16–18, ЦВС	83	0,08	0,22	0,27	0,66	1,49	2,10	4,96	5,68	7,64
Д 19–20, ЦВС	25	0,21	0,46	0,64	0,97	1,32	2,03	3,86	5,77	8,17

Приведенные в книге материалы собирались на протяжении 2011–2019 годов на базе Витебского областного диспансера спортивной медицины при плановых обследованиях спортсменов и лиц, приступивших к занятиям физическими упражнениями, но не получивших спортивной квалификации. Биохимические исследования производились в специализированной лаборатории Витебского областного диагностического центра. Анализу подвергалась деперсонифицированная база данных с соблюдением всех этических правил работы с персональными данными.

Список использованной литературы к главе 5

1. Ачкасов Е.Е. Сравнительный анализ современных аппаратно-программных комплексов для исследования и оценки функционального состояния спортсменов / Е.Е. Ачкасов, С.Д. Руненко, Е.А. Таламбум // *Спортивная медицина: наука и практика*. – 2011. – №3. – С. 7–14.
2. Гришина Ж.В. Скрытые нарушения метаболизма у высококвалифицированных спортсменов / Ж.В. Гришина, Г.А. Макарова, С.А. Базанович // *Спортивная медицина: наука и практика*. – 2020. – Т. 10 (4). – С. 64–75.
3. Микаелян Н.П. Активность процесса перекисного окисления липидов и состояние системы антиоксидантной защиты у больных сахарным диабетом 2-го типа / Н.П. Микаелян, И.О. Кулаева, А.Е. Гурина // *Вопр. биол. мед. фарм. хим.* – 2013. – №4. – С. 64–68.
4. Степанова Н.А. Антропометрические и биохимические показатели спортсменов пубертатного возраста: монография / под ред. проф. А.А. Чиркина. – Чебоксары: Среда, 2020. – 112 с.
5. Степанова Н.А. Создание и апробация алгоритма выявления метаболического синдрома X / Н.А. Степанова // *Вестник ВГМУ*. – 2006. – Т. 5. №2. – С. 37–42.
6. Чазова И.Е. *Метаболический синдром: учеб.-метод. пособ.* / И.Е. Чазова, В.Б. Мычка. – М.: Медиа Медика, 2004. – 168 с.
7. Чиркин А.А. Активность креатинкиназы в сыворотке крови лиц, занимающихся спортом / А.А. Чиркин, Н.А. Степанова, А.И. Гурская // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 1914. – № 3. – С. 47–55.
8. Чиркин А.А. Зависимость биохимических маркеров здоровья от возраста и пола при занятиях спортом в пубертатном периоде / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2019. – Т. 8. №3. – С. 420–429.
9. Чиркин А.А. Зависимость биохимических маркеров здоровья от уровня спортивного мастерства в пубертатном периоде / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2020. – Т. 9. №1–2. – С. 87–97.
10. Чиркин А.А. Зависимость лабораторных показателей обмена веществ и функционального состояния организма от возраста спортсменов в интервале 12–18 лет / А.А. Чиркин [и др.] // *Вестник ВДУ*. – 2015. – №5 (89). – С. 25–30.
11. Чиркин А.А. Изменения биохимических маркеров здоровья при занятиях олимпийскими видами спорта в период полового созревания / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2020. – Т. 9. №3. – С. 302–313.
12. Чиркин А.А. Изменения биохимических показателей сыворотки крови у подростков женского пола при занятиях спортом / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2022. – Т. 11. № 3. – С. 268–278.

13. Чиркин А.А. Физиологические значения лабораторных тестов у населения Республики Беларусь: справочное пособие / А.А. Чиркин, Э.А. Доценко, В.С. Камышников [и др.]; под ред. В.С. Улащика. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2010. – 88 с.

14. Adeli K. 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 / K. Adeli, V. Higgins, M. Nieuwesteeg // *Clin. Chem.* – 2015. – Vol. 43. № 8. – P. 1049–1062.

15. Armstrong N. Overtraining syndrome. *Oxford Textbook of Children's Sport and Exercise Medicine* / N. Armstrong, W.V. Mechelen. – London: Oxford University Press, 2017. – 712 p.

16. Bisbal C. Antioxidants and glucose metabolism disorders / C. Bisbal, K. Lambert, A. Avignon // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* – 2010. – Vol. 13 (4). – P. 439–446.

17. Castro-Pinero J. Muscle strength-based tests to identify European adolescent at risk of metabolic syndrome: The HELENA study / J. Castro-Pinero, K.R. Laurson, E.G. Artero // *J. Sci. Med. Sport.* – 2019. – Vol. 22. №8. – P. 929–934.

18. Chirkin A. Characterization of biochemical health markers during athletic activity in puberty / A. Chirkin, S.A. Mershed, N. Stepanova, A. Chirkina // *Malay. J. Biochem. Mol. Biol.* – 2020. – №23 (1). – P. 69–76.

19. Chirkin A. Development of the metabolic syndrome in athletes / A. Chirkin, N. Stepanova, A. Chirkina // *Metabolic syndrome: experiment, clinic, therapy: Proceedings of the III International Symposium, Grodno, Republic of Belarus, 2017, September 20–22.* – Grodno: YurSaPrint. – P. 85–93.

20. Javed A. Female Athlete Triad and Its Components: Toward Improved Screening and Management / A. Javed [et al.] // *Mayo Clinic Proceedings.* – 2013. – Vol. 88 (9). – P. 996–1009.

21. Kuikman M.A. A Review of Nonpharmacological Strategies in the Treatment of Relative Energy Deficiency in Sport / M.A. Kuikman [et al.] // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* – 2021. – Vol. 31(3). – P. 268–275.

22. Matos N. Trainability of young athletes and overtraining / N. Matos, R.J. Winsley // *J. Sports Sci. Med.* – 2007. – Vol. 6 (3). – P. 353–367.

23. Melin A. Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes / A. Melin [et al.] // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.* – 2014. – Vol. 25 (5). – P. 610–622.

24. Nattiv A. The female athlete triad / A. Nattiv [et al.] // *Medicine and Science in Sports and Exercise.* – 2007. – Vol. 39 (10). – P. 1867–1882.

25. Reaven G.M. Insulin resistance, the insulin resistance syndrome, and cardiovascular disease / G.M. Reaven // *Panminerva Med.* – 2005. – Vol. 47. №4. – P. 201–210.

26. Stellingwerff T. Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared Pathways, Symptoms and Complexities / T. Stellingwerff [et al.] // *Sports Med.* – 2021. – Vol. 51. – P. 2251–2280.

27. Weiss K.A. The Female Athlete Triad / K.A. Weiss, S. Hecht // *Pediatrics.* – 2016. – Vol. 138 (2). – P. 1–13.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что в раннем пубертатном периоде при мышечной работе отмечается более высокая артерио-венная разница по напряжению кислорода. Создаются лучшие условия для трансмембранной диффузии на фоне повышенной интенсивности кровотока. Высокой работоспособности в этом периоде способствует более высокая активность карбоангидразы и большая мощность тканевых окислительных систем. В процессе полового созревания нарастают анаэробно-гликолитическая продукция энергии и креатинфосфатный механизм ресинтеза АТФ. Следовательно, в процессе пубертата аэробная продукция энергии относительно постоянна, а гликолитическая и креатинфосфокиназная продукция АТФ возрастают. Преобладание аэробного метаболизма над анаэробным в первой половине пубертата определяет высокую скорость восстановительных процессов при выполнении повторных интенсивных упражнений. В то же время упражнения, в энергетическом обеспечении которых важен гликолиз, переносятся подростками труднее. Поэтому в пубертатном периоде нецелесообразен большой объем упражнений анаэробной гликолитической направленности. Во второй половине пубертата сравнительно легко переносятся кратковременные упражнения высокой интенсивности за счет креатинфосфокиназного механизма.

На протяжении 9 лет проводился анализ 31 биохимического показателя у лиц-спортсменов пубертатного возраста, который позволил решить некоторые частные задачи оценки состояния здоровья на основе биохимического анализа 8 показателей метаболизма, 12 показателей протеомики, 3 неорганических биорегулятора и 8 относительных показателей метаболизма для оценки взаимосвязей обмена веществ с целью выявления биохимических маркеров полового созревания и ответа организма подростков на физические воздействия.

Авторы с благодарностью примут все замечания и предложения по совершенствованию биохимического сопровождения спортсменов и подростков, привлекаемых к систематическим физическим нагрузкам.

Научное издание

Алтани Мершид Сулеман
Степанова Надежда Алексеевна
Чиркин Александр Александрович

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ
В ПУБЕРТАТНОМ ВОЗРАСТЕ**

Монография

Чебоксары, 2023 г.

Редактор *А. А. Чиркин*
Компьютерная верстка *М. В. Щербакова*
Дизайн обложки *Н. В. Фирсова*

Подписано в печать 20.04.2023 г.

Дата выхода издания в свет 24.04.2023 г.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 8,6025. Заказ К-1126. Тираж 500 экз.

Издательский дом «Среда»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75, офис 12
+7 (8352) 655-731
info@phsreda.com
https://phsreda.com

Отпечатано в Студии печати «Максимум»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75
+7 (8352) 655-047
info@maksimum21.ru
www.maksimum21.ru