

Референтные интервалы биохимических показателей крови у юных спортсменов

Ж.В. Гришина¹, С.О. Ключников¹, В.С. Фещенко¹, А.В. Жолинский¹, П.Л. Окороков²¹ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия;²ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр детей и подростков Федерального медико-биологического агентства России», Москва, Россия

Reference ranges of biochemical blood parameters in juvenile athletes

Zh.V. Grishina¹, S.O. Klyuchnikov¹, V.S. Feshchenko¹, A.V. Zholinsky¹, P.L. Okorokov²¹Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia;²Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Адаптированные для юных спортсменов референтные интервалы показателей крови необходимы для правильной оценки и своевременного выявления отклонений в состоянии здоровья.

Цель исследования. Сравнительный анализ референтных интервалов некоторых биохимических показателей крови, рассчитанных на многотысячной выборке спортсменов, не достигших 18 лет, членов сборных команд России, с аналогичными показателями детей, не занимающихся спортом, полученных в рамках проектов, реализованных в Канаде и в Скандинавских странах. Результаты. Описаны различия по ширине референтных интервалов, их минимальных и максимальных значений между сравниваемыми группами для ряда показателей белкового и липидного обмена, кортизола и тестостерона. Авторами обсуждается целесообразность дальнейшей разработки референтных интервалов показателей крови, которые учитывают пол, возраст спортсменов и специфику видов спорта.

Заключение. Такие данные о референтных интервалах показателей крови необходимы для более четкой дифференциации и объективной оценки возникающих на фоне физических нагрузок адаптационных трансформаций, а также своевременного выявления патологических отклонений в функциональном состоянии организма несовершеннолетних спортсменов и прогноза их дальнейшего развития.

Ключевые слова: дети, детско-юношеский спорт, несовершеннолетние спортсмены, показатели крови, референтный интервал.

Для цитирования: Гришина Ж.В., Ключников С.О., Фещенко В.С., Жолинский А.В., Окороков П.Л. Референтные интервалы биохимических показателей крови у юных спортсменов. Рос вестн перинатол и педиатр 2022; 67:(4): 60–68. DOI: 10.21508/1027-4065-2022-67-4-60-68

Reference ranges of blood parameters adapted for young athletes are necessary for proper assessment and timely detection of deviations in the state of health.

Purpose. A comparative analysis of the reference ranges of some biochemical blood parameters calculated on a sample of thousands of athletes under 18 years old, members of Russian national teams, versus similar indices of children not engaged in sports obtained in the framework of projects carried out in Canada and in Scandinavian countries.

Results. Differences in the width of reference ranges, their minimum and maximum values between the compared groups for several indicators of protein and lipid metabolism, cortisol and testosterone are described. The authors discuss the expediency of further development of reference ranges of blood parameters, which consider sex, age of athletes, and specifics of sports.

Conclusion. The specified data on reference ranges of blood indices are necessary for clearer differentiation and objective evaluation of adaptational transformations arising against the background of physical loads, as well as timely detection of pathological deviations in the functional state of juvenile athletes' organism and prognosis of their further development.

Key words: Children, youth sport, juvenile athletes, blood parameters, reference range.

For citation: Grishina Zh.V., Klyuchnikov S.O., Feshchenko V.S., Zholinsky A.V., Okorokov P.L. Reference intervals of biochemical blood parameters in juvenile athletes. Vestn Perinatol i Peditr 2022; 67:(4): 60–68 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2022-67-4-60-68

Определение референтных интервалов показателей крови у детей и подростков остается одной из актуальных и сложных задач в педиатрии. Непре-

рывные физиологические изменения по мере роста и развития детей и подростков определяют нестабильность во времени их лабораторных показате-

© Коллектив авторов, 2022

Адрес для корреспонденции: Гришина Жанна Валерьевна — к.б.н., биохимик Кабинета коррекции функционального состояния Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-00029051-9580 e-mail: grinzanetk@gmail.com

Ключников Сергей Олегович — д.м.н., проф., вед. науч. сотр. организационно-исследовательского отдела Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0003-0877-648X

Фещенко Владимир Сергеевич — к.м.н., начальник организационно-исследовательского отдела Федерального научно-клинического центра

спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0002-4574-6506

Жолинский Андрей Владимирович — к.м.н., дир. Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, ORCID: 0000-0002-0267-9761 121059 Москва, ул. Б. Дорогомиловская, д. 5

Окороков Павел Леонидович — к.м.н., врач — детский эндокринолог консультативно-диагностического центра Федерального научно-клинического центра детей и подростков Федерального медико-биологического агентства России, ORCID: 0000-0001-9834-727X

115409 Москва, ул. Москворечье, д. 20

телей [1–3]. Это обуславливает существенные трудности как в своевременной и объективной диагностике заболеваний, так и прогнозировании развития детей. Отечественными педиатрами предпринимались попытки создать соответствующие ориентиры, учитывающие физиологические особенности детей [4]. При этом отметим, что практически отсутствуют публикации о референтных интервалах показателей крови для детей и подростков, профессионально занимающихся спортом. Подтверждение существенных различий этих референтных интервалов у юных спортсменов от применяемых в практике спортивной медицины нами продемонстрировано ранее [5].

Для оценки конкретных показателей крови у несовершеннолетних спортсменов необходимо учитывать не только их текущее функциональное состояние, но и критические периоды развития. Один из таких критических периодов — пубертатный. Именно на этот период развития во многих видах спорта приходится этап становления высшего спортивного мастерства (спортивная и художественная гимнастика, синхронное плавание, фигурное катание и др.), что, безусловно, отражается на многих процессах растущего организма [1, 3].

В ряде зарубежных стран предприняты попытки установления референтных интервалов показателей крови для детей разного возраста и пола. В качестве удачных примеров можно привести проекты Канадской лабораторной инициативы по педиатрическим референтным интервалам (CALIPER) и проект по расчету педиатрических референтных интервалов, реализованный в Скандинавских странах (NORIP) [2, 6].

С учетом активной дискуссии, развернувшейся в последние годы, целью работы стало сравнение итогов различных исследований по расчету референтных интервалов показателей крови, выполненных у детей и подростков, и референтных интервалов показателей крови, рассчитанных на многотысячной выборке несовершеннолетних спортсменов [6, 7].

Характеристика детей и методы исследования

В исследование включено 5167 результатов биохимических анализов крови спортсменов в возрасте от 14 до 17 лет (2986 мальчиков и 2181 девочек), полученных в рамках углубленного медицинского обследования (УМО) членов спортивных сборных команд России в 2015–2019 гг. на базе клиники Федерального научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации ФМБА России. Образцы венозной крови брали натощак; анализ образцов проводили с помощью полуавтоматического биохимического анализатора BioSystems BTS-350 и иммунохимического анализатора Cobas e601 [8].

Анализировали показатели состава крови, отражающие состояние основных звеньев метаболизма: общий белок, альбумины, мочевины, креатинин, глюкоза, общий холестерин, липопротеиды низкой

плотности, липопротеиды высокой плотности, триглицериды, кортизол и тестостерон. В данном исследовании определяли различия референтных интервалов перечисленных маркеров с учетом возрастных и половых характеристик обследованных спортсменов, проводили сравнение их с педиатрическими референтными интервалами, рассчитанными в рамках проектов CALIPER (2809 детей) и NORIP (3036 детей) [2, 7].

На этапе формирования выборки были исключены спортсмены, не допущенные по результатам к углубленному медицинскому обследованию до учебно-тренировочного процесса, с неудовлетворительным состоянием здоровья или имеющие в анамнезе заболевания, влияющие на метаболический профиль организма (например, синдром Жильбера, сахарный диабет, острую респираторную вирусную инфекцию в острой фазе, паразитарные инвазии, тиреодит и др.).

После формирования выборки проводили проверку типа распределения данных. Затем применяли критерий Колмогорова–Смирнова с поправкой Лилиефорса (при $n > 30$). В дальнейшем были исключены статистические выбросы. В случае нормального распределения в выборке использовали критерий Тьюки. Если же распределение данных в выборке было отличным от нормального, то применяли метод межквартильных интервалов. После исключения статистических выбросов рассчитывали референтные интервалы изучаемых биохимических маркеров крови. Учитывая отсутствие нормального распределения по целому ряду изучаемых показателей крови, для построения соответствующих референтных интервалов использовали центильный метод, относящийся к непараметрическим методам статистики [8].

Этапы исследования. На первом этапе исследования были рассчитаны референтные интервалы (далее: RI_{спорт}) по перечисленным выше показателям крови у спортсменов в двух возрастных группах: 14–15 и 16–17 лет). На втором этапе проведен сравнительный анализ рассчитанных референтных интервалов маркеров крови с таковыми, полученными в рамках зарубежных проектов по расчету референтных интервалов показателей крови у детей и подростков (далее: RI_{Caliper/Norip}).

Результаты и обсуждение

Как следует из представленных в таблице данных, референтные интервалы показателей крови детей и подростков, профессионально занимающихся спортом, отличаются от референтных интервалов показателей крови обычных детей как шириной диапазонов, так и их предельными значениями.

Известно, что постоянные физические нагрузки влияют на белковый обмен. Об этом свидетельствует повышение содержания в крови спортсменов общего белка и альбуминов, а также продуктов распада бел-

Таблица. Сводные данные по референтным интервалам биохимических параметров крови у детей и подростков
Table. Summary of reference intervals of biochemical blood parameters in children and adolescents

Показатель	Пол	Рассчитанные референтные диапазоны					
		на основе данных УМО юных спортсменов		для здоровых детей в рамках программы CALIPER (Канада)		для здоровых детей в рамках программы NORIP (Скандинавия)	
Возраст, годы		14–15	16–17	14–16	17–18	14–16	17–19
Альбумин, г/л	М	37,70–55,57	39,91–55,14	38–49	36–48	38,8–49,5	40,3–50,9
	Ж	36,11–54,56	38,66–53,66			34,8–47,9	32,4–49,2
Общий белок, г/л	М	62,30–80,29	63,96–83,49	65–81		60,4–84,6	63–83,6
	Ж	60,67–81,68	63,4–83,14			62,3–83,7	56,1–83,6
Мочевина, ммоль/л	М	2,62–8,01	3,03–8,21	2,6–7,5			
	Ж	2,44–7,56	2,59–7,73	2,6–6,8			
Креатинин, мкмоль/л	М	52,89–105,57	63,02–114,94	45–81	62–108	47–82	57–95
	Ж	48,74–91,39	54,64–97,39		49–84	41–77	40–81
ЛПВП, ммоль/л	М	0,71–2,13	0,75–2,16	0,82–1,77		0,8–2	0,9–2,1
	Ж	0,97–2,59	0,97–2,57	0,83–1,86		0,9–2,3	1–2,4
ЛПНП, ммоль/л	М	1,01–3,43	1,08–3,88			0,7–3,5	1–3,6
	Ж	1,05–3,80	1,13–4,12			0,7–3,3	1–3,3
Триглицериды, ммоль/л	М	0,08–1,40	0,15–1,47	0,5–2,22		0,32–2,68	0,41–3,97
	Ж	0,14–1,18	0,18–1,27			0,38–2,16	0,4–2,5
Холестерин, ммоль/л	М	2,62–5,37	2,64–5,68	2,9–5,39		2,28–5,67	2,5–5,33
	Ж	2,87–6,16	2,83–6,33			2,29–5,36	2,56–5,65
Кортизол*, нмоль/л	М	211,12–700,85	232,87–756,06	77–453	97–506		
	Ж	198,93–699,31	186,49–758,23				
Тестостерон, нг/мл	М	1,38–9,87	0,82–10,64	0,37–6,3	1,5–7,96		
	Ж	0–0,59	0,05–0,66	0,1–0,44	0,14–0,5		

Примечание. М — спортсмены мужского пола; Ж — спортсмены женского пола; УМО — углубленное медицинское обследование; ЛПНП — липопротеиды низкой плотности; ЛПВП — липопротеиды высокой плотности; * — рассчитанные референтные интервалы для данного показателя нуждаются в дополнительной верификации при динамическом наблюдении за спортсменами (во время проведения текущих осмотров и этапных комплексных обследований в течение спортивного сезона).

ков — мочевины и креатинина [1]. По нашим данным, РИ sport таких показателей белкового обмена, как содержание альбуминов и креатинина в крови, отличаются от РИ Caliper/Norip шириной диапазона, его минимальными и максимальными значениями. Как показано на рис. 1, ширина РИ sport содержания альбуминов, его максимальные и минимальные значения между мальчиками и девочками различались незначительно (в интервале 3–4%). По сравнению с РИ Caliper/Norip во всех возрастных группах, независимо от пола, верхняя граница РИ sport содержания альбуминов была смещена в сторону увеличения максимальных значений от 10 до 14%.

Установлено, что при занятиях спортом происходит повышение общей концентрации альбуминов в крови. Это носит компенсаторный характер, поскольку в результате интенсификации обмена веществ на фоне постоянных физических нагрузок в кровь попадает большое количество различных

метаболитов, для транспортировки которых синтезируются альбумины [9].

Из представленных на рис. 2 данных видно, что максимальные значения референтных интервалов содержания креатинина в крови у несовершеннолетних спортсменов разного пола одного возрастного диапазона различаются. Так, максимальные значения референтных интервалов уровня креатинина у мальчиков в 14–15 лет больше, чем у девочек, на 13,4%, а в 16–17 лет — на 15,2%.

При сравнении РИ sport с РИ Caliper/Norip содержания креатинина в крови обнаружено, что в выборке спортсменов мальчиков 14–15 лет максимальные значения референтных интервалов на 30% больше, чем РИ Caliper/Norip мальчиков, тогда как в 16–17 лет они практически идентичны. В выборке спортсменов 14–15 лет максимальные значения референтных интервалов содержания креатинина больше на 13%, а в 16–17 лет — на 16%, чем РИ Caliper/Norip.

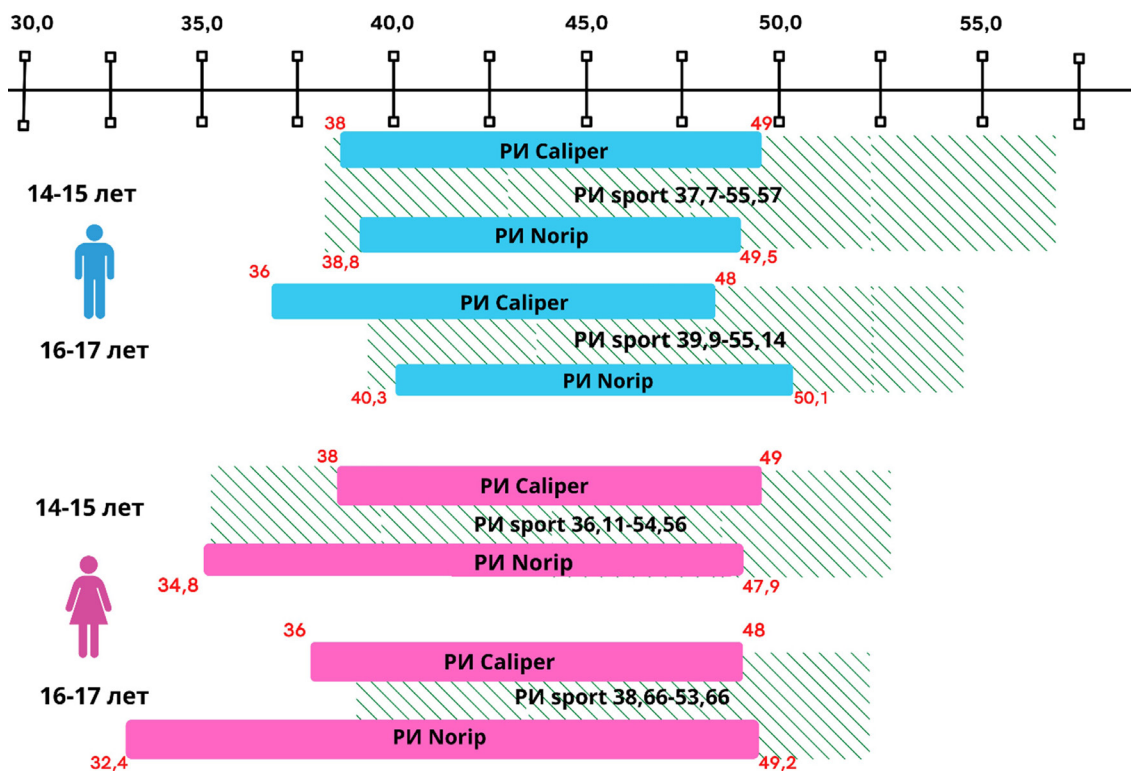


Рис. 1. Референтные интервалы содержания альбуминов в крови у мальчиков и девочек двух возрастных групп. RI sport — рассчитанные RI на выборке спортсменов; RI Caliper — RI, рассчитанные в рамках проекта Caliper; RI Norip — RI, рассчитанные в рамках проекта Norip.

Fig. 1. Reference intervals of blood albumin content in boys and girls of two age groups.

RI sport — calculated RI on the sample of athletes; RI Caliper — RI calculated within the project Caliper; RI Norip — RI calculated within the project Norip.

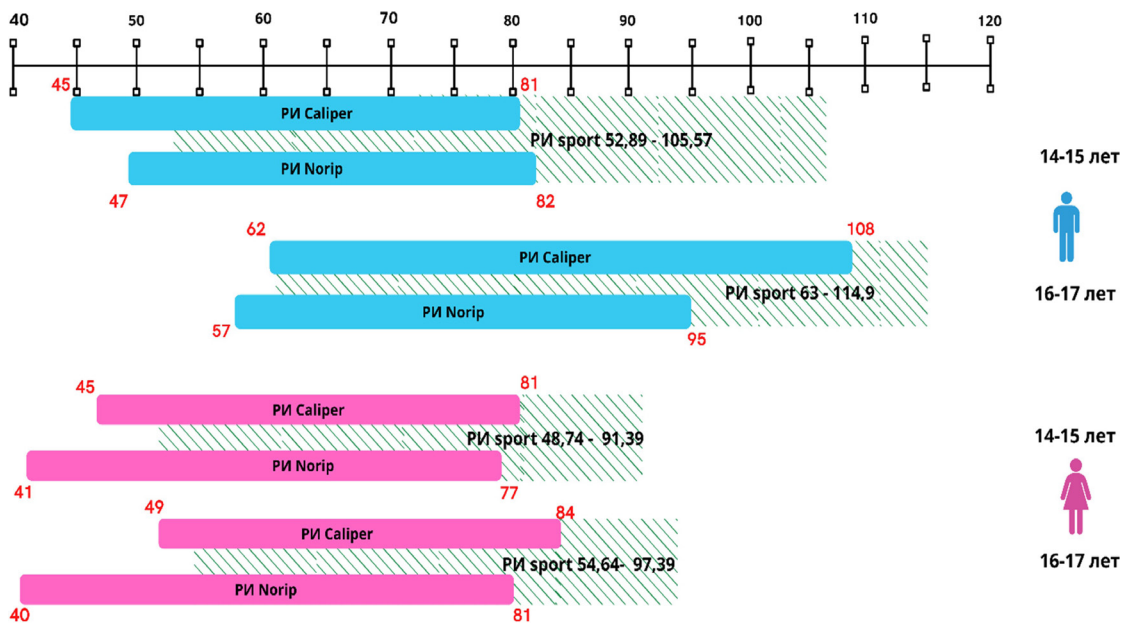


Рис. 2. Референтные интервалы содержания креатинина в крови у мальчиков и девочек двух возрастных групп. RI sport — рассчитанные RI на выборке спортсменов; RI Caliper — RI, рассчитанные в рамках проекта Caliper; RI Norip — RI, рассчитанные в рамках проекта Norip.

Fig. 2. Reference intervals for blood creatinine in boys and girls of two age groups.

RI sport — calculated RI on a sample of athletes; RI Caliper — RI calculated within the project Caliper; RI Norip — RI calculated within the project Norip.

Содержание креатинина в крови в спорте также используется как маркер переносимости физических нагрузок. Увеличение максимальных значений референтных интервалов содержания креатинина у несовершеннолетних спортсменов по сравнению с обычными подростками может быть обусловлено значительными физическими нагрузками и повышенным потреблением белковой пищи [10].

Основной эффект физических нагрузок на липидный обмен, по-видимому, заключается в повышении уровня липопротеидов высокой плотности, что, скорее всего, связано с повышением активности фермента липазы и катаболизма триглицеридов [11]. На рис. 3 показаны референтные интервалы содержания триглицеридов в крови у детей и подростков. Максимальные значения референтных интервалов содержания триглицеридов в крови у несовершеннолетних спортсменов разного пола и одного возрастного диапазона различаются незначительно (в 14–15-летнем возрасте они на 15,7% больше у мальчиков, чем у девочек, а в 16–17 лет — на 13,6%). Минимальные значения референтных интервалов содержания триглицеридов в 14–15-летнем возрасте у мальчиков на 43% меньше, чем у девочек, а в 16–17 лет — на 16,7%. Такое большое различие в минимальных значениях референтных интервалов содержания триглицеридов у мальчиков и девочек в 14–15-летнем возрасте может объясняться гормо-

нальными особенностями, характерными для пубертатного периода, который у девочек начинается раньше.

В то же время при сравнении РИ sport с РИ Caliper/Norip содержания триглицеридов в крови обнаружены существенные различия. В частности, в выборке спортсменов мальчиков 14–15 лет максимальные значения референтных интервалов на 58,6% меньше, чем РИ Caliper мальчиков, а в 16–17-летнем возрасте — меньше на 66,2%. В выборке спортсменов 14–15 лет максимальные значения референтных интервалов содержания триглицеридов в крови меньше на 53%, а в 16–17-летнем возрасте — меньше на 16%, чем РИ Caliper девочек. Стоит отметить, что наибольшие референтные интервалы содержания триглицеридов в крови были рассчитаны в проекте Norip, которые отличаются значительно и от РИ sport, и от РИ Caliper.

Физические нагрузки оказывают как острое, так и хроническое воздействие на концентрацию липидов и липопротеидов в плазме [11]. Снижение содержания триглицеридов в крови у спортсменов является острой реакцией, а изменения уровня холестерина в большей мере характерны для хронической реакции. Снижение содержания триглицеридов в крови, по-видимому, связано с ускоренным катаболизмом в результате повышенной активности фермента липазы. После физической нагрузки сни-

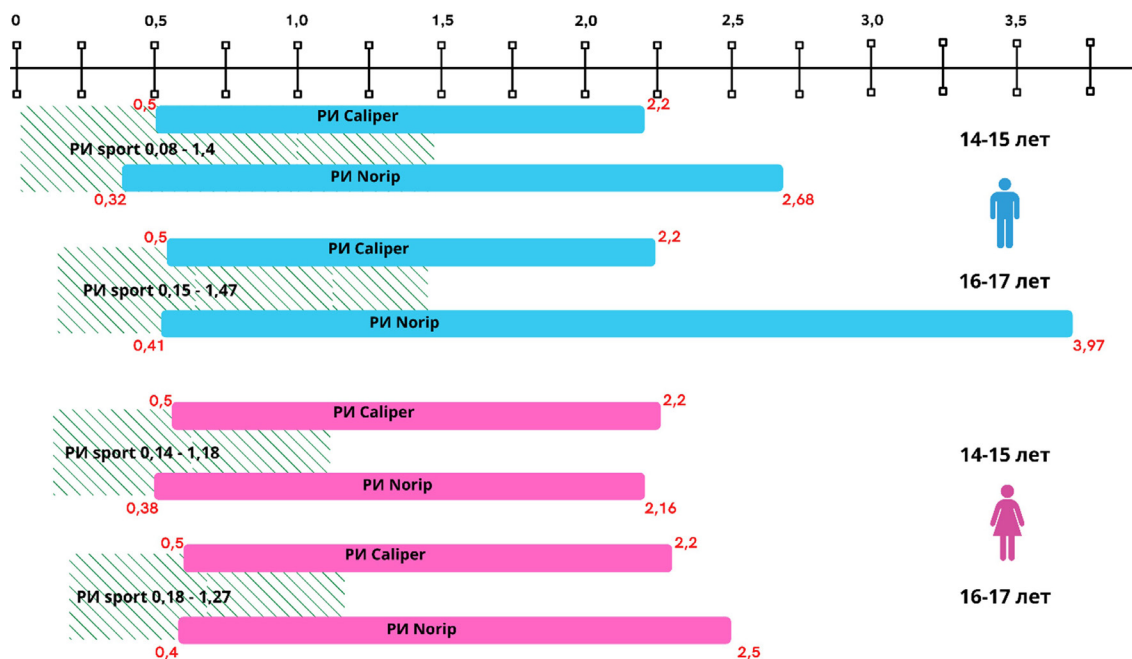


Рис. 3. Референтные интервалы содержания триглицеридов в крови у мальчиков и девочек двух возрастных групп.

РИ sport — рассчитанные РИ на выборке спортсменов; РИ Caliper — РИ, рассчитанные в рамках проекта Caliper; РИ Norip — РИ, рассчитанные в рамках проекта Norip.

Fig. 3. Reference intervals of triglycerides in blood in boys and girls of two age groups.

RI sport — calculated RI on the sample of athletes; RI Caliper — RI calculated within the framework of Caliper project; RI Norip — RI calculated within the framework of Norip project.

жение синтеза липопротеидов очень низкой плотности—триглицеридов также может происходить в ответ на повышение чувствительности тканей к инсулину. Низкое содержание жира в организме спортсменов, тренирующихся на выносливость, также способствует снижению концентрации триглицеридов посредством того же механизма [11].

Более однородными выглядят РИ sport и РИ Caliper/Nogip (значения ширины и крайних значений диапазонов) таких показателей липидного обмена, как липопротеиды низкой и высокой плотности, общий холестерин. Только в группе девочек максимальные значения РИ sport содержания общего холестерина в возрасте 14–15 лет больше на 12%, а в 16–17 лет — на 13%, чем максимальные значения РИ Caliper/Nogip. Увеличение верхней границы «нормы» у девочек, занимающихся спортом, может быть следствием повышенного синтеза стероидных гормонов (в частности, тестостерона) под действием постоянной физической нагрузки, а также за счет интенсивного включения липидов в энергообмен [12].

В регуляции белкового и липидного обменов принимает участие целый ряд гормонов. Необходимо особо выделить кортизол и тестостерон. Достаточно хорошо известно, что от их баланса зависит равновесие ключевых процессов анаболизма и катаболизма, отражающее функциональное состояние взрослых спортсменов [13, 14]. В то же время практическая ценность и клиническая значимость оценки соотно-

шения кортизола и тестостерона у несовершеннолетних спортсменов не столь очевидна, что обусловлено в том числе отсутствием специфических референтных интервалов.

На рис. 4 изображены референтные интервалы содержания кортизола, рассчитанные на выборке несовершеннолетних спортсменов и РИ Caliper. РИ Nogip для кортизола не представлены. Максимальные и минимальные значения референтных интервалов содержания кортизола, рассчитанные на выборке несовершеннолетних спортсменов, на 58–67% выше, чем у нетренированных детей. Причем у мальчиков и девочек одного возраста, занимающихся спортом, рассчитанные референтные интервалы кортизола сопоставимы, тогда как у мальчиков 14–15 лет, занимающихся спортом, минимальные значения референтных интервалов кортизола на 63,5% больше, а максимальные значения на 64,7% больше по сравнению с РИ Caliper. В возрастном диапазоне 16–17 лет минимальные значения референтных интервалов кортизола на 58,3% больше, а максимальные значения на 67,2% больше, чем РИ Caliper. Расчет референтных интервалов кортизола у девочек, занимающихся спортом, показал, что в возрасте 14–15 лет минимальные их значения на 61,3%, а максимальные значения на 64,8% больше, чем РИ Caliper. В возрастном диапазоне 16–17 лет минимальные значения референтных интервалов кортизола на 48%, а максимальные значения на 66,7% больше по сравнению с РИ Caliper. Полученные нами дан-

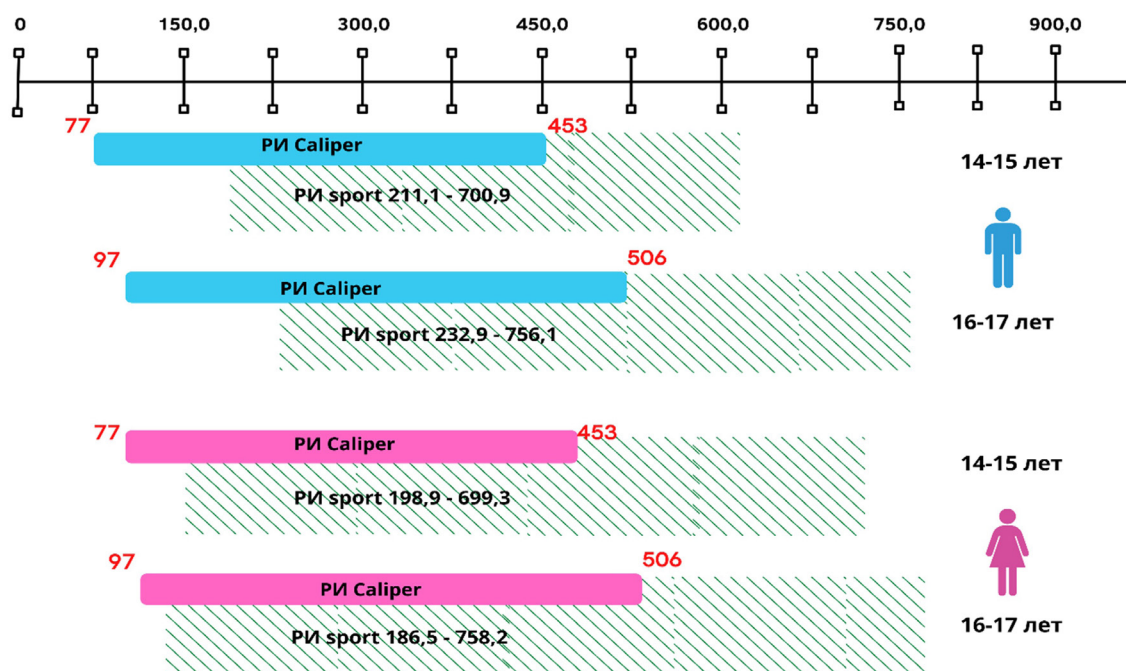


Рис. 4. Референтные интервалы уровня кортизола в крови у мальчиков и у девочек разных возрастных групп. РИ sport — рассчитанные РИ на выборке спортсменов; РИ Caliper — РИ, рассчитанные в рамках проекта Caliper.

Fig. 4. Reference intervals of cortisol blood levels in boys and girls of different age groups.

RI sport — calculated RI on a sample of athletes; RI Caliper — RI calculated within the Caliper project.

ные о более высоких уровнях кортизола у несовершеннолетних спортсменов могут быть обусловлены уровнем стресса, который они испытывают при занятиях профессиональным спортом. Повышение уровня кортизола и тестостерона у несовершеннолетних спортсменов, ассоциированные с интенсивными и продолжительными физическими нагрузками, также описано в исследовании А. Eliakim и соавт. [15].

Зарубежными исследователями О.Р. Soldin и соавт. [13] определены референтные интервалы для ряда гормонов. В частности, для кортизола референтные интервалы у детей 14–15 лет составили 55–690 нмоль/л, в возрасте 16–19 лет — 28–856 нмоль/л. Однако если максимальные значения референтных интервалов кортизола были сопоставимы со значениям РИ sport, то минимальные значения резко отличались. Так, минимальные значения референтных интервалов кортизола у несовершеннолетних спортсменов мальчиков в возрасте 14–15 лет были больше в 3,5–4 раза, а в 16–17 лет — в 6,5–7 раз по сравнению с данными [13]. Возможно, столь высокие минимальные значения референтных интервалов кортизола, полученные на выборке несовершеннолетних спортсменов, отражают адаптацию их организма к перманентному стрессу, который обусловлен постоянными повышенными физическими нагрузками.

На рис. 5 изображены референтные интервалы общего тестостерона, рассчитанные на выборке несовершеннолетних спортсменов, и РИ Caliper, тогда как РИ Norip для общего тестостерона не пред-

ставлены. Максимальные значения РИ sport уровня общего тестостерона у мальчиков 14–15 лет на 36,2%, а 16–17 лет на 25,2% больше по сравнению с РИ Caliper. Максимальные значения РИ sport уровня общего тестостерона у девочек 14–15 лет на 25%, а 16–17-летнего возраста — на 24,2% больше по сравнению с РИ Caliper. Это согласуется с ранее полученными данными о том, что максимальные уровни общего тестостерона у здоровых подростков регистрируются именно в возрасте 15–18 лет [16].

Таким образом, расширение референтных интервалов уровня общего тестостерона и увеличение его максимальных значений у несовершеннолетних спортсменов может быть обусловлено как возрастными особенностями, так и повышенным синтезом половых стероидов в ответ на постоянные физические нагрузки [14]. Минимальные значения РИ sport уровня общего тестостерона у юношей 16–17 лет на 53% ниже, чем РИ Caliper. Снижение уровня общего тестостерона в данной возрастной группе может быть обусловлено синдромом относительного дефицита энергии в спорте, широко распространенного в том числе у юных высококвалифицированных спортсменов. Однако для подтверждения данного положения требуются специальные исследования.

Заключение

Результат сравнительных исследований референтных интервалов показателей крови у несовершеннолетних спортсменов и нетренирующихся детей показал разнонаправленные различия между ними

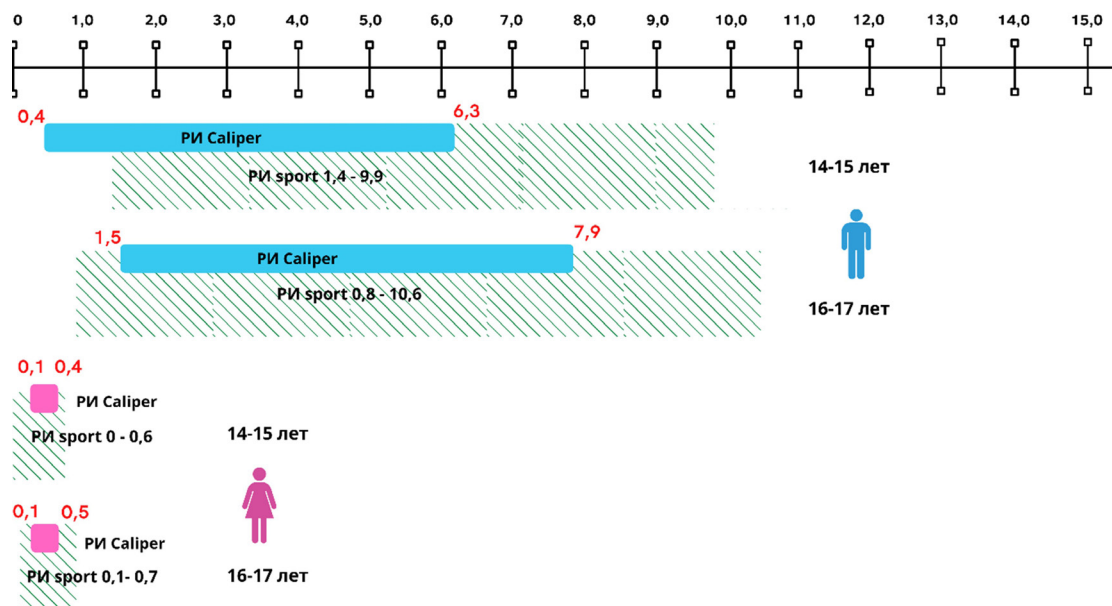


Рис. 5. Референтные интервалы уровня общего тестостерона в крови у мальчиков и у девочек разных возрастных групп.

РИ sport — рассчитанные РИ на выборке спортсменов; РИ Caliper — РИ, рассчитанные в рамках проекта Caliper.

Fig. 5. Reference intervals of total blood testosterone levels in boys and girls of different age groups.

RI sport — calculated RI on a sample of athletes; RI Caliper — RI calculated within the Caliper project.

как по ширине референтных интервалов, так и по их максимальным и минимальным значениям. Эти различия, в частности увеличение уровня тестостерона и кортизола, интенсификация белкового обмена, уменьшение ширины референтных интервалов уровня триглицеридов и др., указывают на особенности обмена веществ у несовершеннолетних спортсменов, возникающих в результате влияния постоянных и значительных физических нагрузок. Применение на практике полученных референтных интервалов показателей крови может способствовать повышению качества объективной оценки функционального состояния юных спортсменов, выявлению признаков нарушения адаптационных процессов на фоне значительных физических нагрузок, формирования патологических состояний и дебюта заболеваний.

Педиатрические референтные интервалы, рассчитанные в проектах Caliper и Norip, представляют важную информацию, необходимую для совершенствования постлабораторной интерпретации результатов исследования при скрининге и диагностике заболеваний,

а также для индивидуальной оценки особенностей физиологических процессов в организме детей и подростков. Однако, по нашему мнению, представленные в этих проектах отдельные показатели крови не отражают в полной мере конкретные ветви метаболизма. Кроме того, дети и подростки не были разделены по уровню их физической активности, фактора, несомненно, существенно влияющего на состояние обменных процессов в частности и на развитие ребенка в целом. Это может рассматриваться как одна из причин (оставляя за скобками такие аспекты, как межлабораторные вариации) выявленных определенных различий в значениях референтных интервалов показателей крови у детей и подростков между нашими данными и представленными в проектах Caliper и Norip. Тем не менее необходимы дальнейшие специальные исследования референтных интервалов и последующая их верификация различных показателей крови детей и подростков для детализации особенностей обмена веществ как в различных возрастных группах, так и с учетом видов спорта.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Макарова Г.А., Колесникова Н.В., Скибицкий В.В., Барановская И.Б. Диагностический потенциал картины крови у спортсменов. М.: Москва: Спорт, 2020; 256. [Makarova G.A., Kolesnikova N.V., Skibitsky V.V., Baranovskaya I.B. Diagnostic potential of blood picture in athletes. M.: Moscow: Sport, 2020; 256. (in Russ.)]
2. Jung B., Adeli K. Clinical laboratory reference intervals in pediatrics: the CALIPER initiative. Clin Biochem 2009; 42: 1589–1595. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2009.06.025
3. Сонькин В.Д. Физическая работоспособность детей и подростков: способы измерения и интерпретации результатов. Сборник: Детская спортивная медицина. Авторские лекции по педиатрии. Том 10. Под ред. Демина В.Ф., Ключникова С.О., Бальковой Л.А., Самойлова А.С. М.: Минута-принт, 2017; 10: 62–80. [Sonkin V.D. Physical performance of children and adolescents: methods of measurement and interpretation of results. Collection: Children's sports medicine. Author's Lectures in Pediatrics. Volume 10. Editors Demin V.F., Klyuchnikov S.O., Balykova L.A., Samoilov A.S. Minuta-print, 2017; 62–80. (in Russ.)]
4. Вельтищев Ю.Е. Рост ребенка: закономерности, нормальные вариации, соматотипы, нарушения и их коррекция. Лекция для врачей. Москва, 2000; 75. [Veltitshev Yu.E. Child growth: regularities, normal variations, somatotypes, disorders and their correction. Lecture for Physicians. Moscow, 2000; 75. (in Russ.)]
5. Гришина Ж.В., Ключников С.О., Яшин Т.А., Макарова Г.А., Ломазова Е.В., Бушueva И.Е., и др. Референтные интервалы биохимических показателей крови у юных спортсменов. Вопросы практической педиатрии 2022; 17(1): 71–78. [Grishina Zh.V., Klyuchnikov S.O., Yashin T.A., Makarova G.A., Lomazova E.V., Bushueva I.E. et al. Reference intervals of biochemical blood parameters in young athletes. Voprosy prakticheskoy pediatrii 2022; 17(1): 71–78. (in Russ.)]
6. Hilsted L., Rustad P., Aksglæde L., Sørensen K., Juul A. Recommended Nordic paediatric reference intervals for 21 common biochemical properties, Scandinavian J Clin Lab Investigat 2013; 73(1): 1–9. DOI: 10.3109/00365513.2012.721519
7. Мошкин А.В., Савельев Л.И. Популяционные референтные интервалы. Дискуссия. Лабораторная служба 2019; 8(2): 4–9. [Moshkin A.V., Saveliev L.I. Population reference intervals. Discussion. Laboratornaya sluzhba 2019; 8(2): 4–9. (in Russ.)] DOI: 10.17116/labs201980214
8. Гришина Ж.В., Макарова Г.А., Базанович С.А., Чернуха С.М., Ядгаров М.Я., Фещенко В.С., и др. Скрытые нарушения метаболизма у высококвалифицированных спортсменов. Спортивная медицина: наука и практика 2020; 10(4): 64–75. [Grishina Zh. V., Makarova G.A., Bazanovich S.A., Chernukha S.M., Yadgarov M.Y., Feshchenko V.S. et al. Hidden metabolic disorders in highly skilled athletes. Sportivnaya Medicina: nauka i praktika 2020; 10(4): 64–75 (in Russ.)] DOI: 10.47529/2223–2524.2020.4.3
9. Василенко В.С., Левина Л.И. Альбумины сыворотки крови у спортсменов со стрессорной кардиомиопатией. Ученые записки СПбГМУ им. И.П. Павлова. 2011; 16(1):44–46. [Vasilenko V.S., Levina L.I. Blood serum albumin in athletes with stress cardiomyopathy. Scientific Notes of St. Petersburg State Medical University named after I.P. Pavlov. 2011; 16(1): 44–46. (in Russ.)]
10. Colantonio D.A., Kyriakopoulou L., Chan M.K., Daly C.H., Brinc D., Venner A.A. et al. Closing the gaps in pediatric laboratory reference intervals: a CALIPER database of 40 biochemical markers in a healthy and multiethnic population of children. Clin Chem 2012; 58: 854. DOI: 10.1373/clinchem.2011.177741
11. Dai S., Fulton J.E., Harrist R.B., Grunbaum J.A., Steffen L.M., Labarthe D.R. Blood lipids in children: age-related patterns and association with body-fat indices: Project Heart-Beat J Prev Med 2009; 37(1): 56–64. DOI: 10.1016/j.amepre.2009.04.012
12. Higgins V., Asgari S., Chan M.K., Adeli K. Pediatric reference intervals for calculated LDL cholesterol, non-HDL cholesterol, and remnant cholesterol in the healthy CALIPER cohort. Clin Chim Acta 2018; 486: 129–134. DOI: 10.1016/j.cca.2018.07.028
13. Soldin O.P., Hoffman E.G., Waring M.A., Soldin S.J. Pediatric reference intervals for FSH, LH, estradiol, T3, free T3, cor-

- tisol, and growth hormone on the DPC IMMULITE 1000. Clin Chim Acta 2005; 355(1–2): 205–210. DOI: 10.1016/j.cccn.2005.01.006
14. Raizman J.E., Quinn F., Armbruster D.A., Adeli K. Pediatric reference intervals for calculated free testosterone, bioavailable testosterone and free androgen index in the CALIPER cohort. Clin Chem Lab Med 2015; 53(10): 239–243. DOI: 10.1515/cclm-2015-0027
15. Eliakim A., Portal S., Zadik Z., Rabinowitz J., Adler-Portal D., Cooper D.M. et al. The effect of a volleyball practice on anabolic hormones and inflammatory markers in elite male and female adolescent players. J Strength Cond Res 2009; 23(5): 1553–1559. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181aa1bcb
16. Mayo Clinic Web Site. Testosterone. TTFB — Overview: Testosterone, Total, Bioavailable, and Free, Serum (mayocliniclabs.com) Ссылка активна на 4.06.2022

Поступила: 17.05.22

Received on: 2022.05.17

Источник финансирования.

Работа выполнена в рамках прикладной научно-исследовательской работы по теме: «Разработка методики создания индивидуальных схем коррекции метаболизма для спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации на основе анализа референтных значений биохимических показателей крови» (Шифр — «Референт-20»), государственное задание ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России на 2020 г., № 67.004.20.800

Source of financing.

The work was carried out as part of applied research work on the topic: “Development of a methodology for creating individual schemes for the correction of metabolism for athletes of sports teams of the Russian Federation based on the analysis of references of biochemical blood parameters” (Code — “Referent-20”), the state task of the FGBU FNKCSM FMBA of Russia for 2020, No. 67.004.20.800

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.