

## ОСОБЕННОСТИ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА У СПОРТСМЕНОВ-ПЛОВЦОВ

**Ольга ГАРАЕВА, Галина РЕДКОЗУБОВА**

*Институт физиологии и санокреатологии АН Молдовы*

*Центр метрологии и аналитических методов исследования АН Молдовы*

În articol sunt prezentate rezultatele analizei comparative efectuate de autori a indicilor metabolismului în plasma sângelui azotat pe un eșantion de 17 tineri înotători cu vârstă de 16-19 ani.

Cercetările au fost efectuate după metoda de cromatografie cu schimb de ioni pe analizatorul aminoacizilor AAA-339M. Sângele a fost adunat dimineață pe stomacul gol și a fost prelucrat după metoda tradițională.

Au fost obținute date veridice ce denotă ca la înotători au loc modificări specifice ale spectrului de aminoacizi în plasma sângelui. În articol este argumentată necesitatea controlului spectrului de aminoacizi în plasmă cu scopul de a întreprinde la momentul oportun măsuri profilactice și de reabilitare.

The authors carried out the comparative analyze of nitrogen metabolism indexes in blood plasma at 17 swimmers of 16-19 age old with high qualification and young donors of the same age.

The research was realized by the ion exchange chromatography method at Amino Acid Analizator AAA-339 M. The blood was obtained at the morning on an empty stomach and was worked up by method in general use.

There were revealed reliable modifications of individual and functional groups amino acids, which testify about specific amino acid specter peculiarities of young swimmers. There is based authors arguments on fact of the necessity of individual amino acid specter control of swimmers plasma blood for timely realization of prophylactic and rehabilitating measures.

Изучение адаптации спортсменов к физическим нагрузкам и их биохимических характеристик необходимо как для понимания физиологических механизмов, так и для объективной клинико-прогностической оценки пределов интенсивности тренировочных процессов и их влияния на гомеостаз [11]. Согласно литературным данным [7], у спортсменов циклических видов спорта, в том числе у пловцов, часто наблюдаются изменения состава крови. Однако данные о показателях азотистого обмена в доступной литературе практически отсутствуют.

Нами были исследованы показатели азотистого обмена, в частности – содержание свободных аминокислот (АК) и конечных продуктов азотистого обмена в плазме крови 17 спортсменов-пловцов, юношей в возрасте 15-19 лет, имеющих квалификацию от 1 разряда до мастера спорта, через 3 суток после последней тренировки, а также нетренированных юношей того же возраста. Результаты анализа продуктов азотистого обмена в крови пловцов сравнивали с соответствующими региональными нормами содержания этих продуктов, разработанными в лаборатории жидкостной хроматографии ЦМАМИ АН Молдовы [5]. Группа, на основе которой была определена норма содержания свободных АК в плазме крови, включала здоровых юношей-доноров того же возраста.

Качественное и количественное определение аминокислот в крови проводили методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе AAA 339M.

Забор крови производили внутривенно и натощак, образцы подготавливали к анализу согласно общепринятой методике. Достоверность результатов оценивали по Стьюденту при  $p \leq 0,01$ .

Выявлено, что в плазме крови у пловцов сумма показателей азотистого обмена снижена по сравнению с нормой на 57,0%, в том числе сумма свободных аминокислот – на 27,5% (табл.1).

Более подробный анализ выявил достоверное снижение содержания в плазме крови у пловцов ряда функциональных групп АК: суммы заменимых на 24,4%, незаменимых на 37,5%, кетогенных на 44,4% и иммуноактивных на 15,8% (рис.1).

Кроме того, у пловцов выявлены разнонаправленные изменения уровня серосодержащих аминокислот, притом что их сумма практически не изменилась. На фоне понижения концентрации таурина имеет место значительное повышение содержания цистина.

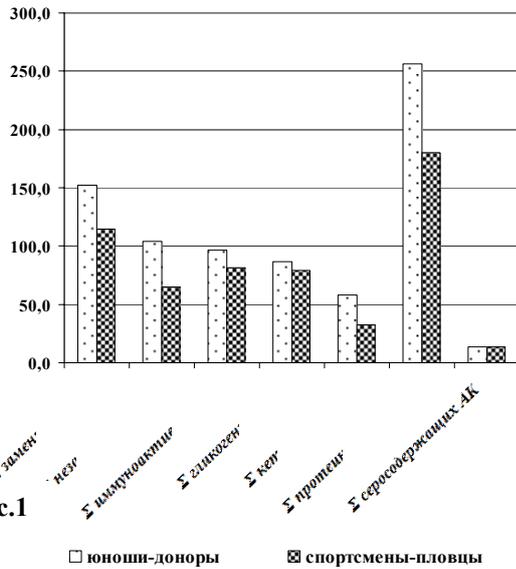


Рис.1

□ юноши-доноры      ▨ спортсмены-пловцы

ный нами сниженный синтез мочевины, на что указывает и уменьшение концентрации аминокислот, участвующих в орнитинном цикле: орнитина – в 1,7 раза, аргинина – в 1,5 раза и дикарбоновых кислот – в среднем в 3 раза. Кроме того, поскольку мочевина является природным адаптогеном, ее недостаток снижает адаптационные возможности организма спортсменов. О последнем также свидетельствует зарегистрированное у пловцов уменьшенное содержание суммы иммуноактивных аминокислот (на 15,8%), напрямую участвующих в формировании иммунных реакций организма [3].

При анализе отдельных свободных аминокислот выявлено наиболее значительное снижение содержания аспарагиновой (на 54,6%) и глутаминовой (на 70,3%) аминокислот, а также таурина (на 63,1%), тирозина (на 42,5%), фенилаланина (на 46,7%), лизина (на 55,4%), гистидина (на 73,1%),  $\alpha$ -аминоадипиновой кислоты (на 54,5%).

С другой стороны, концентрация некоторых аминокислот в плазме крови пловцов значительно повышена:  $\alpha$ -аминомасляной кислоты – на 25,4%,  $\gamma$ -аминомасляной кислоты – на 46,9% и особенно этаноламина – в 6 раз и цистина – в 5 раз (табл.).

Анализ коэффициентов, характеризующих функциональное состояние печени (индекс Фишера), поджелудочной железы (коэф. Р) и щитовидной железы (соотношение «тирозин/фенилаланин»), показал, что у пловцов они также отличаются от таковых у юношей-доноров (рис.2).

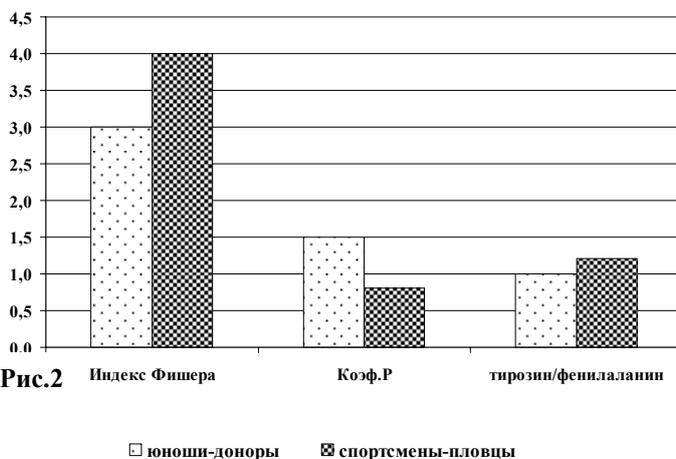


Рис.2

□ юноши-доноры      ▨ спортсмены-пловцы

В то же время уровень метионина увеличен незначительно (в 1,3 раза). У 2 пловцов в плазме крови выявлен цистатионин – промежуточный продукт обмена серосодержащих аминокислот, *рис.1*, отсутствующий в норме. Эти изменения в данной группе могут указывать на изменение метаболизма серосодержащих АК по сравнению с нормой.

У 5 пловцов в плазме крови содержался оксипролин, появление которого может свидетельствовать об изменении обменных процессов в соединительной ткани.

Содержание конечных продуктов азотистого обмена в плазме крови спортсменов-пловцов также отличается от группы юношей-доноров: уровень мочевины снижен в 5 раз, в то время как концентрация свободного аммиака повышена в 2 раза. Повышение уровня аммиака в крови можно объяснить недостаточным содержанием глутаминовой кислоты и глутамина, связывающих токсический для организма аммиак [4]. Причиной увеличения концентрации аммиака является также и выявленный

Так, повышен индекс F, выходящий за рамки нормы (2,5-3,5), что может свидетельствовать об изменении функциональной активности гепатобилиарной системы.

Наоборот, значение коэф. Р снижено в 1,9 раза и отражает изменение функциональной активности поджелудочной железы. Соотношение «тирозин/ фенилаланин» также несколько повышено (на 26,5%), что может косвенно указывать на некоторую гиподисфункцию щитовидной железы.

Выявленные изменения показателей азотистого обмена в плазме крови спортсменов-пловцов вполне согласуются с положением о том, что чрезмерные физические и эмоцио-

нальные нагрузки современного спорта могут вызывать ряд патологических состояний, обусловленных физическим перенапряжением, возникающим в условиях интенсивных тренировочных и соревновательных нагрузок [6]. Так, наиболее часто встречающиеся у спортсменов хроническое перенапряжение сердца, выявляемое у спортсменов всех квалификаций от 2 разряда до мастера спорта международного

класса [1], снижение содержания эритроцитов и железа в плазме крови [11], что квалифицируется как «спортивная анемия» [7], свидетельствуют о функциональных изменениях различных органов и тканей. В определенной мере это подтверждает наши данные, поскольку количественно пониженный фонд свободных АК в покое у пловцов может быть обусловлен адаптационными механизмами переносимости спортивной нагрузки [11].

Таблица

**Сравнительное содержание свободных аминокислот и конечных продуктов азотистого обмена в плазме крови юношей-доноров и спортсменов-пловцов (16 - 19 лет), мкмоль/100мл**

Аминокислоты	Юноши-доноры	Спортсмены-пловцы
цистеиновая кислота	0,75 ± 0,09	0,82 ± 0,020
таурин	10,00 ± 1,35	3,69 ± 0,99*
аспарагиновая кислота	3,75 ± 0,48	1,70 ± 0,68*
треонин	11,00 ± 1,54	8,95 ± 2,04*
серин	8,75 ± 1,25	8,08 ± 2,05
аспарагин	8,00 ± 0,95	5,16 ± 1,87*
глутаминовая кислота	20,00 ± 2,23	5,95 ± 1,55*
глутамин	42,50 ± 4,78	26,44 ± 8,52*
α-аминоадипиновая кислота	0,70 ± 0,08	0,32 ± 0,12*
пролин	12,50 ± 1,36	11,80 ± 2,67
глицин	22,50 ± 2,54	16,51 ± 4,06*
аланин	25,00 ± 2,85	27,49 ± 5,82
цитруллин	1,75 ± 0,19	1,69 ± 0,36
α-аминомасляная кислота	0,70 ± 0,09	0,88 ± 0,23*
валин	15,50 ± 1,68	16,27 ± 3,60
цистин	1,50 ± 0,16	7,43 ± 1,65*
метионин	1,25 ± 0,15	1,59 ± 0,51*
изолейцин	6,50 ± 1,12	5,52 ± 1,64*
лейцин	12,50 ± 1,31	9,17 ± 2,04*
тирозин	7,50 ± 0,81	4,31 ± 1,23*
фенилаланин	6,75 ± 0,75	3,60 ± 0,89*
γ-аминомасляная кислота	0,28 ± 0,04	0,40 ± 0,11*
этаноламин	1,50 ± 0,18	9,13 ± 2,90*
орнитин	9,00 ± 1,14	5,32 ± 1,41*
лизин	22,00 ± 2,39	9,82 ± 2,93*
гистидин	17,50 ± 1,87	4,71 ± 1,28*
аргинин	8,00 ± 0,82	5,38 ± 1,31*
мочевина	475,00 ± 51,35	92,62 ± 23,85*
аммиак	18,00 ± 1,96	36,64 ± 6,90*
Σ свободных аминокислот	280,50 ± 35,12	203,22 ± 37,16*
Σ показатели азотистого обмена	773,50 ± 86,32	332,48 ± 55,98*
Σ заменимых аминокислот	152,00 ± 17,38	114,87 ± 21,31*
Σ незаменимых аминокислот	104,00 ± 12,41	65,01 ± 14,21*
Σ иммуноактивных аминокислот	96,78 ± 10,14	81,44 ± 12,72*
Σ гликогенных аминокислот	86,50 ± 9,43	79,01 ± 15,95
Σ кетогенных аминокислот	58,25 ± 5,85	32,42 ± 7,98*
Σ протеиногенных аминокислот	256,00 ± 27,36	179,88 ± 33,77*
Σ серосодержащих аминокислот	13,30 ± 1,55	13,75 ± 2,55
Индекс Фишера	3,00 ± 0,32	4,00 ± 0,69*
Коэф.Р	1,50 ± 0,19	0,81 ± 0,33*
Тирозин / фенилаланин	0,95 ± 0,11	1,20 ± 0,16*

\*Достоверные изменения ( $p \leq 0,05$ )

С другой стороны, нарушенное соотношение концентрации некоторых серосодержащих аминокислот в плазме крови пловцов свидетельствует о недостатке жирорастворимых витаминов, витаминов В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>, а также фолата [16]. В целом же сниженное количество протеиногенных аминокислот (на 29,7%), особенно незаменимых (на 37,5%), говорит об их недостаточном поступлении в организм и, следовательно, о повышенной потребности пловцов в сбалансированном питании.

Адаптация организма к мышечным нагрузкам характеризуется биохимическими изменениями в первую очередь в мышечной ткани [15], [13]. В период отдыха в ней значительно интенсивнее компенсируется содержание тех субстратов, в частности – белков, которые расходуются во время физических нагрузок [10, 12]. Выявленное нами падение в крови уровня таурина, фенилаланина, глутаминовой кислоты находится в соответствии с литературными данными о повышенном содержании этих аминокислот в мышечных тканях (вероятно, за счет аминокислотного фонда плазмы крови) у тренированных людей по сравнению с нетренированными [14].

При снижении адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам может изменяться как мышечная, так и жировая масса тела, при этом ухудшается работоспособность, что часто совпадает со снижением уровня показателей красной крови и неадекватным увеличением или резким уменьшением концентрации мочевины [12, 11], что подтверждается и нашими данными. Так, содержание мочевины в нашем исследовании у пловцов оказалось сниженным в 5 раз, а уровень этаноламина (участвующего в жировом обмене) – повышенным в 6 раз.

Полученные данные свидетельствуют о том, что процесс адаптации организма спортсменов, специализирующихся на циклических видах спорта, представляет собой сложное явление, затрагивающее различные уровни функциональной интеграции. При этом на фоне повышающихся требований к организму спортсменов весьма часто возникают ситуации локального истощения адаптационного резерва, что вызывает напряжение смежных и прежде всего регуляторных звеньев адаптационного процесса [11]. Значительное изменение биохимических показателей азотистого обмена может свидетельствовать о срыве адаптации. Для выявления степени изменения показателей азотистого обмена необходим индивидуальный контроль аминокислотного профиля плазмы крови у спортсменов. Это обеспечит проведение своевременных профилактических и реабилитационных мероприятий, в частности – применение полноценного питания с включением в пищу достаточного количества аминокислот, витаминов, микроэлементов, минеральных солей, а также дополнительного отдыха или освобождения от интенсивных физических нагрузок.

#### Литература:

1. Агаджанян М.Г. Структурно-функциональные особенности спортивного сердца при долговременной и краткосрочной адаптации к нагрузкам динамического, статического и смешанного типов // Автореф. дисс. докт. мед. наук. – Ереван, 2002.
2. Агаджанян М.Г. Электрокардиографические проявления хронического спортивного перенапряжения у спортсменов // Физиология человека. – 2005. – 31. – 6. – С.60-64.
3. Белокрылов Г., Молчанова И., Сорочинская Е. Аминокислоты как стимуляторы иммуногенеза // Докл. АН СССР. – 1986. – 286. – 2. – С.471-473.
4. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. – Москва: Медицина, 1998.
5. Гараева С.Н., Постолатий Г.В., Редкозубова Г. В. Особенности фонда свободных аминокислот в плазме крови жителей Молдовы // Materialele Congresului VI al fiziologilor din Moldova cu participare internațională. – Chișinău, 2005, p.130-131.
6. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. – Москва: Медицина, 1989; Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. – СПб: Гиппократ, 1995.
7. Макарова Г.А., Алексанянц Г.Д., Локтев С.А. Морфологический состав крови и функциональное состояние организма спортсменов. – Краснодар, 1992.
8. Милашюс К.М. Влияние различных физических нагрузок, развивающих выносливость, на биохимические показатели крови у высококвалифицированных спортсменов // Физиология человека. – 1998. – 24. – 4, С.108-112.
9. Приходько В.И., Беляева Л.М. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы юных пловцов, достигших высоких спортивных результатов // Теория и практика физической культуры. – 1997. – 4. – С.82-84.

10. Rogozkin V.A., Yakovlev N.N. Азотистый обмен при мышечной деятельности различного характера // Укр. биохим. журнал. – 1960. – 32. – 6. – С.899.
11. Хмелева С.Н., Бурева А.А., Давыдов В.Ю., Васильев Н.Д. Адаптация к физическим нагрузкам и ее медико-биологические характеристики у спортсменов циклических видов спорта // Теория и практика физической культуры. – 1997. – 4. – С.82-84.
12. Яковлев Н.Н., Краснова А.Ф. Повышение уровня мочевины и степень нарушения гомеостаза при мышечной деятельности // Физиологический журнал СССР. – 1987. – 63. – 7. – С.1047.
13. Davies K., Packer L., Brooks G. Biochemical adaptation of mitochondria, muscle and wholeanimal respiration to endurance training // Arch.Biochem.Biophys. – 1981. – V.209. – P.539.
14. Graham T., Turcotte L., Kiens B., Richter E. Training and muscle ammonia and amino acid metabolism in humans during prolonged exercise // J. Appl.Physiol. – 1995. – 78. – 2. – P.725-735.
15. Gollnick P., Hermansen L. Biochemical adaptation to exercise: anaerobic metabolism // Exercise and sport sciences rewiews. – 1973. – 1. – P.1.
16. Zschocke J., Hoffmann G.F. Vademecum Metabolicum. Manual of Metabolic Pediatrics. – Germany, Schattauer, 2004.

*Prezentat la 29.01.2007*