

ОСОБЕННОСТИ ЭКСКРЕЦИИ ПРОДУКТОВ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА У СПОРТСМЕНОВ-ПЛОВЦОВ

О. ГАРАЕВА, Г.РЕДКОЗУБОВА

Институт физиологии и санокреатологии АН Молдовы

Центр метрологии и аналитических методов исследования АН Молдовы

Analiza comparativă a indicilor metabolismului azotat în urină a fost efectuată la 17 înotători tineri cu vârsta de 15-19 ani.

Cercetările au fost executate prin metoda de cromatografie cu schimbii de ioni. Pentru analiză a fost colectată prima urină de dimineață, care a fost prelucrată cu metoda ordinară.

La înotătorii tineri s-a depistat hiperaminoacidurie fiziologică. S-au constatat modificări veridice ale conținutului de aminoacizi – atât individual cât și în grupele lor funcționale. Fapt ce dovedește modificările specifice ale spectrului aminoacizilor în urină la înotători. În articol este argumentată necesitatea controlului spectrului de aminoacizi în urină cu scopul efectuării la momentul oportun a măsurilor profilactice și de reabilitare.

The authors carried out a comparative analysis of indexes in urine of 17 swimmers of 15-19 age old high qualification on young donors of the same age.

The research was realized by the ion exchange chromatography method. The first morning urine was selected for analysis and was worked up by the method in general use.

It was revealed the physiological hyperaminoaciduria of young swimmers. The ere reliable modifications of individual and functional groups amino acids, with testify about specific amino acid specter peculiarities at them. There is based the authors arguments on fact of necessity of individual amino acid specter control of swimmers urine for timely realization of prophylactic and rehabilitating measures.

В основе процесса адаптации высокоорганизованного организма лежит формирование специфической функциональной системы, компоненты которой обеспечиваются всеми видами обменных процессов [8]. Так, интенсивная длительная мышечная деятельность, в частности – спортивная, влияя на уровень азотистого обмена и содержание свободных аминокислот в плазме крови спортсменов [7], неизбежно отражается на уровне экскреции продуктов азотистого обмена.

В последние годы получила подтверждение необходимость индивидуального подхода к исследованию особенностей процессов адаптации [2; 10], что важно для прогностической оценки предела интенсивности тренировок и их влияния на гомеостаз [14]. Однако данные о конкретных изменениях содержания различных азотистых компонентов в моче спортсменов по сравнению с нормой, за исключением мочевины [13], в доступной литературе практически отсутствуют.

Нами изучены показатели азотистого обмена (ПАО), в частности – содержание свободных аминокислот (САК) и конечных продуктов (мочевины и аммиака) в утренней моче 17 спортсменов-пловцов, юношей в возрасте 15-19 лет, имеющих квалификацию от 1 разряда до мастера спорта, через 3-е суток после последней тренировки, а также нетренированных юношей-доноров того же возраста. Калорийность питания соответствовала энергозатратам спортсменов, определялась их полом, возрастом и была постоянной.

Анализ образцов был проведен в лаборатории жидкостной хроматографии ЦМАМИ АН Молдовы на аминокислотном анализаторе ААА 339М. Полученные результаты сравнивали с соответствующими возрастными региональными нормами содержания ПАО в моче нетренированных юношей того же возраста, разработанными в данной лаборатории [4]. Для анализа брали среднюю порцию утренней мочи и исследовали её согласно общепринятым методикам [5]. Аминокислоты определяли методом жидкостной ионообменной хроматографии [5].

Достоверность полученных результатов оценивали по t-критерию Стьюдента.

Нами выявлено, что сумма \sum ПАО в моче обследованных спортсменов-пловцов по сравнению с нетренированными юношами снижена в 1,4 раза, в то время как экскреция \sum САК повышена в 2,2 раза (рис.1).

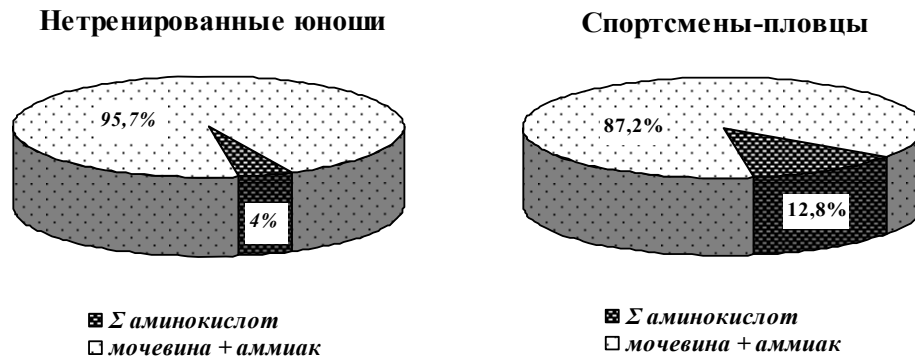


Рис.1

При анализе уровня Σ САК отдельных функциональных групп выявлено, что у спортсменов этот показатель во всех случаях достоверно увеличен (рис.2).

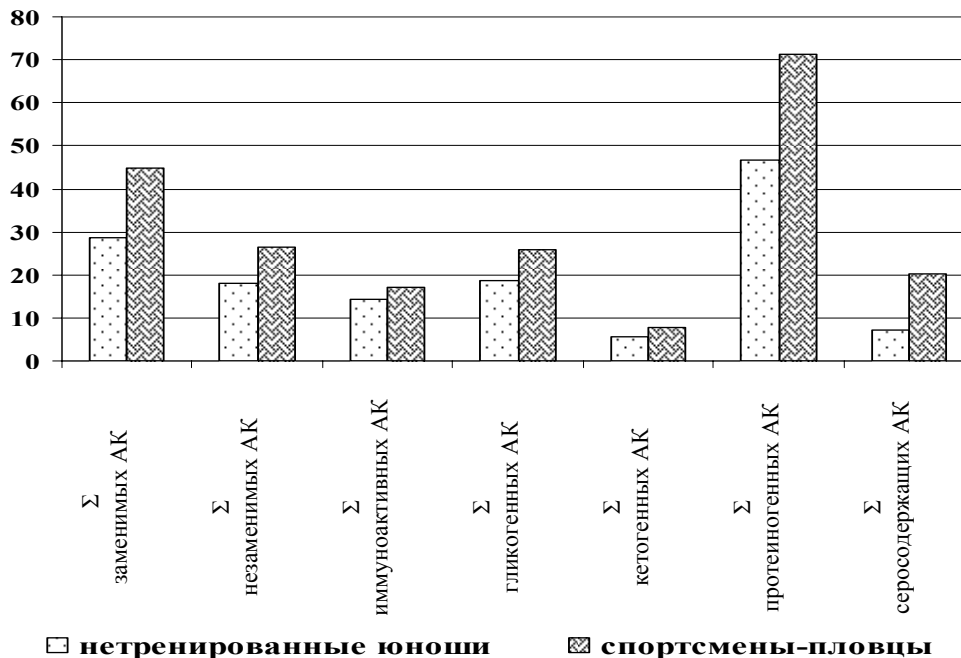


Рис.2

Наиболее значительно повышена экскреция серосодержащих аминокислот (в 2,9 раза). Выведение протеиногенных аминокислот увеличено на 52,5%, в том числе: незаменимых – на 44,9%, заменимых – на 57,3%, а также иммуноактивных – на 20,3%, гликогенных и кетогенных – на 37,6% и 39,6% соответственно.

Более подробный анализ аминокислотного спектра мочи спортсменов-пловцов выявил значительное повышение экскреции таурина (в 6,8 раза), аспарагиновой кислоты (в 4,1 раза), аспарагина (в 2,4 раза), цистеиновой кислоты (в 2,2 раза), метионина (в 2 раза), фенилаланина и лизина (в 1,9 раза), γ -аминомасляной кислоты и гистидина (в 1,8 раза), а также глицина и этаноламина – на 38% (табл.1)

Обращает внимание факт усиленной экскреции из организма спортсменов аминокислот – маркеров обменных процессов соединительной ткани: оксипролина (в 6 раз) и пролина (в 2,7 раза). Коэффициент взаимосвязи между экскрецией пролина и оксипролина используется как индекс катаболизма коллагена [21]; у спортсменов он составляет 0,15 и снижен в 2,5 раза по сравнению с таковым у нетренированных юношей (0,33). Высокий уровень оксипролина в моче и плазме крови у пловцов, отмеченный в нашем исследовании, коррелирует с повышенной секрецией остеокальцина [18].

Таблица 1

Сравнительное содержание свободных аминокислот и конечных продуктов азотистого обмена в моче юношей-доноров и спортсменов-пловцов (15 - 19 лет), мкмоль/100мл

Аминокислоты	Юноши-доноры	Спортсмены-пловцы
цистеиновая кислота	1,38 ± 0,15	2,97 ± 0,56*
таурин	2,00 ± 0,25	13,53 ± 2,71*
аспарагиновая кислота	0,45 ± 0,07	1,83 ± 0,33*
гидроксипролин	2,55 ± 0,35	15,21 ± 3,80*
треонин	2,30 ± 0,35	2,01 ± 0,42*
серин	3,00 ± 0,55	4,36 ± 0,87*
аспарагин	0,60 ± 0,11	1,44 ± 0,26*
глутаминовая кислота	0,55 ± 0,09	0,59 ± 0,12
глутамин	6,50 ± 0,75	12,42 ± 2,11*
α-аминоадипиновая кислота	0,35 ± 0,06	0,40 ± 0,06*
пролин	0,85 ± 0,15	2,31 ± 0,37*
глицин	9,50 ± 1,25	13,11 ± 1,84*
аланин	3,00 ± 0,41	3,96 ± 0,71*
цитруллин	0,30 ± 0,05	0,54 ± 0,11*
α-аминомасляная кислота	0,28 ± 0,04	0,15 ± 0,03*
валин	0,45 ± 0,07	0,46 ± 0,08
цистеин	3,00 ± 0,27	2,18 ± 0,35*
метионин	0,40 ± 0,05	0,79 ± 0,11*
цистатинин	0,30 ± 0,04	0,71 ± 0,16*
изолейцин	0,60 ± 0,08	0,31 ± 0,05*
лейцин	0,90 ± 0,15	0,52 ± 0,07*
тирозин	1,13 ± 0,16	2,73 ± 0,52*
фенилаланин	0,63 ± 0,09	1,20 ± 0,22*
β-аланин	0,40 ± 0,06	0,44 ± 0,09
β-аминомасляная кислота	0,60 ± 0,08	0,38 ± 0,06*
γ-аминомасляная кислота	0,20 ± 0,03	0,37 ± 0,09*
этанолламин	1,00 ± 0,03	1,39 ± 0,29*
орнитин	0,50 ± 0,06	0,21 ± 0,03*
лизин	1,65 ± 0,21	3,12 ± 0,75*
гистидин	9,50 ± 1,25	16,98 ± 3,40*
1-метилгистидин	2,00 ± 0,28	12,84 ± 3,47*
3-метилгистидин	1,50 ± 0,18	5,26 ± 1,52*
аргинин	1,00 ± 0,12	0,95 ± 0,19
мочевина	1250,00 ± 125,51	850,93 ± 144,66*
аммиак	32,50 ± 5,25	7,24 ± 1,16*
Σ свободных аминокислот	57,85 ± 7,53	125,67 ± 27,65*
Σ показатели азотистого обмена	1340,35 ± 136,55	983,85 ± 196,77*
Σ заменимых аминокислот	28,58 ± 3,15	44,94 ± 7,26*
Σ незаменимых аминокислот	18,18 ± 2,16	26,33 ± 5,84*
Σ иммуноактивных аминокислот	14,30 ± 1,65	17,20 ± 3,30*
Σ гликогенных аминокислот	18,70 ± 2,15	25,73 ± 4,14*
Σ кетогенных аминокислот	5,65 ± 0,63	7,89 ± 1,68*
Σ протеиногенных аминокислот	46,75 ± 5,33	71,27 ± 11,93*
Σ серосодержащих аминокислот	7,08 ± 0,85	20,18 ± 3,83*

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

В группе серосодержащих аминокислот, наряду с уже отмеченным выше увеличением экскреции таурина, цистеиновой кислоты, метионина и цистатионина, выявлено понижение выделения из организма цистеина (на 27,3%). При определении цистеина в плазме крови этой же группы спортсменов-пловцов было установлено 5-кратное повышение цистеина по сравнению с группой юношей-доноров, что свидетельствует о накоплении этой аминокислоты в организме [4].

Достоверно повышено в моче пловцов содержание гистидина (1,8 раза) и промежуточных продуктов его обмена. Так, концентрация 1-метилгистидина увеличена в 6,4 раза, а 3-метилгистидина – в 3,5 раза. К 1-метилгистидинурии, отмеченной практически у всех пловцов, приводит, согласно данным литературы [19], недостаток витамина Е, что усиливает окислительные процессы в тканях скелетной мышцы. Кроме того, количество 3-метилгистидина в моче, образующегося при расщеплении актина и миозина, служит мерой деградации мышечных белков [1], а также может являться индикатором недостатка азота в организме [16].

Вместе с тем, содержание некоторых аминокислот в моче спортсменов снижено по сравнению с аналогичными показателями в моче нетренированных юношей. Так, снижена концентрация изолейцина и лейцина, соответственно, на 47,7% и 42,4%. При этом в плазме крови спортсменов их содержание также меньше нормы на 15,7% и 26,6% [4]. Известно, что эти САК играют важную роль в формировании мышечной ткани, и дефицит изолейцина выражается в потере мышечной массы, поскольку он участвует в получении энергии за счет расщепления гликогена мышц.

Снижение экскреции изолейцина и лейцина, содержание которых снижено у спортсменов и в плазме крови [4], носит, вероятно, вторичный характер. Поскольку показано [17], что концентрация глутамина и аминокислот с разветвленной цепью (лейцин, изолейцин, валин) тесно коррелирует с физической работоспособностью, их недостаток не только в моче, но и в плазме крови можно считать прогностическим признаком утомляемости спортсмена или недостаточного восстановления его физической формы при интенсивных тренировочных нагрузках. Выявленный нами недостаток этих аминокислот в организме спортсменов-пловцов позволяет рекомендовать включение в их рацион большего количества продуктов, содержащих изолейцин и лейцин, а также соответствующие композиции АК.

Пониженная концентрация в моче спортсменов орнитина (на 58,7%) и мочевины (на 31,9%) на фоне повышенной экскреции цитруллина (на 79,4%) соответствует пониженному содержанию их в плазме крови (на 40,9%, 80,5% и 10,0% соответственно), что свидетельствует об угнетении процесса образования мочевины и сопровождается повышением содержания аммиака в плазме в 2 раза [4] и снижением его в моче (в 4,5 раза). Кроме того, если в норме в моче коэффициент *мочевина/NH₃* составляет 38,5, то у пловцов этот коэффициент повышен в 3 раза и равен 115,5. Все эти факты свидетельствуют о значительном накоплении аммиака в организме пловцов.

Отмеченная нами сниженная концентрация аминокислот с разветвленной цепью (за исключением валина) как в крови, так и в моче, также может быть одной из причин накопления аммиака в организме спортсменов [20].

Сниженное содержание мочевины в моче пловцов (в 1,5 раза) может быть связано с активным накоплением ее в почках с последующим возвращением в кровь для поддержания ее стабильного уровня в крови и других органах [13]. В литературе отмечена зависимость между направленностью белкового обмена и интенсивностью синтеза мочевины, содержанием ее в тканях и экскрецией: мочевина действует по принципу обратной связи, ингибируя катаболизм белков [6], что имеет место при постоянных физических нагрузках спортсменов. Повышенный её уровень в клетке подавляет свободнорадикальные реакции и интенсивность перекисного окисления липидов, что дало основание отнести мочевину к категории эндогенных метаболических протекторов, осуществляющих адаптацию живых организмов к переносимости экстремальных воздействий и патогенетических факторов [6].

Адаптация организма к физическим нагрузкам характеризуется изменением содержания продуктов азотистого обмена не только в крови [7; 4], но и их экскрецией с мочой, что выявлено в нашем эксперименте. Отмеченная нами гипераминоацидурия, вероятно, имеет почечное происхождение и связана с изменением реабсорбции САК в почках [1]. Повышенная проницаемость клубочковых мембран может быть вызвана снижением клубочкового кровотока, блокадой оттока мочи у спортсменов в условиях регулярных интенсивных тренировочных нагрузок [13; 14; 1]. У высокотренированных спортсменов отмечается нарушение функций желудочно-кишечного тракта, печени и почек, что является следствием ограниченного кровоснабжения этих органов в период длительной мышечной нагрузки [11; 12].

Кроме того, интенсивная мышечная деятельность ведет к некоторому угнетению протеолиза, физиологическому нарушению соотношения между анаболическими и катаболическими процессами и усилению катаболизма белков и других азотосодержащих соединений [13; 22]. Это, вероятно, и отражается в наблюдаемом нами у обследованных пловцов увеличении экскреции Σ САК. Действительно, по данным литературы даже через 48 часов после прекращения физической нагрузки скорость синтеза белка восстанавливается, а скорость его распада продолжает оставаться увеличенной [22].

На основании проведенного исследования и полученных результатов можно сделать следующие выводы.

У спортсменов-пловцов по сравнению с нетренированными юношами выявлена физиологическая гипераминоацидурия. Наиболее значительная экскреция протеиногенных и серосодержащих аминокислот может дать представление о базовом уровне метаболизма у спортсменов высокой квалификации.

Значительное повышение выведения из организма глутамина и аминокислот с разветвленной цепью может служить прогностическим показателем перетренированности спортсменов и снижения их работоспособности.

Увеличение содержания в моче спортсменов пролина, оксипролина, гистидина и продуктов его обмена, а также повышенное выведение из организма протеиногенных и иммуноактивных аминокислот может свидетельствовать о вероятности развития у них патологических процессов. Так, у спортсменов установлена высокая заболеваемость аллергическими болезнями, индикаторами которых является изменение обмена гистидина и появление его метаболитов в крови и моче [15].

Для выявления степени изменения азотистого обмена у спортсменов необходим индивидуальный контроль аминокислотного профиля плазмы крови и мочи, что даст возможность своевременного проведения профилактических и реабилитационных мероприятий и определения оптимального уровня физических нагрузок.

Литература:

1. Березов И.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. - Москва, 1998.
2. Волков Н.И. Закономерности биохимической адаптации в процессе спортивной тренировки. - Москва, 1986.
3. Гараева С.Н., Постолатий Г.В., Редкозубова Г.В. Особенности фонда свободных аминокислот в плазме крови жителей Молдовы// Materialele Congresului al Fiziologilor din Moldova cu participare internațională. - Chișinău, 2005, с.130-131.
4. Гараева О., Редкозубова Г. Особенности азотистого обмена у спортсменов-пловцов (в печати).
5. Козаренко Т.Д., Зуев С.Н., Муляр Н.Ф. Ионнообменная хроматография аминокислот (теоретические основы и практика). - Новосибирск, 1981.
6. Кричевская А.А., Лукаш А.И., Шугалей В.С., Бондаренко Т.И. Аминокислоты, их производные и регуляция метаболизма. - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1983.
7. Макарова Г.А., Алексанянц Г.Д., Локтев С.А. Морфологический состав крови и функциональное состояние организма спортсменов. - Краснодар, 1992.
8. Павлов С.Е. Стресс. Адаптация. Спортивная тренировка// Спортивно-медицинская наука и практика на пороге XXI века. - Москва, 2000.
9. Павлов С.Е. Адаптация. - Москва, 2000.
10. Селуянов В.Н., Мякинченко Е.Б., Тураев В.Т. Биологические закономерности в планировании физической подготовки спортсменов// Теория и практика физкультуры. - 1993. - №7. - С.29-33.
11. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология спорта. - СПб, 1999.
12. Солодков А.С. Адаптация в спорте: состояние, проблемы, перспективы // Физиология человека. - 2000. - №26. - С.87-93.
13. Усик С.В. Содержание мочевины в крови и органах при мышечной деятельности// Физиологический журнал СССР. - 1976. - №1. - С.115-120.
14. Хмелева С.Н., Буреева 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 физкультуры. - 1997. - №4. - С.82-84.
15. Шартанова Н.В. Особенности клинико-иммунологических и аллергологических показателей в норме и при аллергопатологии у спортсменов высших достижений// Автореф. дисс... канд. мед. наук. - Москва, 2004.
16. Elia M. Clinical usefulness of urinary 3-methylhistidine excretion in indicating muscle protein breakdown // Br.Med.J. (Clin.Res. Ed.), 1981, 282, 6261, 351-354.
17. Feng Wei-quan. Характеристики обмена ряда аминокислот и спортивное питание. Развитие биохимии физической нагрузки // J.Beijing Univ. Phzs. Educ., 2000, 23, 3, 353-356.

18. Kaddam I.M. Comparison of serum osteocalcin with total and bone specific alkaline phosphatase and urinary hydroxyproline: creatinine ratio in patients with Paget disease of bone // *Ann.Clin. Biochem.*, 1994, 31, Pt 4, 327-330.
19. Long S.L. Urinary excretion of 3-methylhistidine: an assessment of muscle protein catabolism in adult normal subjects and during malnutrition, sepsis and skeletal trauma // *Metabolism*, 1981, 30, 8, 765-776.
20. MacLean D., Graham T., Saltin B. Branched-chain amino acids augment ammonia metabolism while attenuating protein breakdown during exercise // *Amer.J. Physiol.*, 1994, 267, 6, Pt 1, 1010-1022.
21. Nusgens B., Lapiere C/M/ The relationship between proline and hydroxyproline urinary excretion in human as an index of collagen catabolism // *Clin. Chim. Acta*, 1973, 48, 2, 203-211.
22. Rennie M.J., Tipton K.D. Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition // *Annu Rev. Nutr.*, vol.20, Palo Alto, 2000, 475-483.

Prezentat la 21.05.2007