ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ/HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.132

ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ КАЛИЯ, НАТРИЯ И АЛЬДОСТЕРОНА В СЛЮНЕ И МОЧЕ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

Научная статья

Ардеев Р.Г.[1], Кузнецова Н.О.[2], Шаяхметов Н.Н.[3], Иванов В.Б.[4,] *, Иванова А.В.[5]

[1] ORCID : 0009-0006-8704-6985;

[2] ORCID : 0000-0003-3995-4269;

[4] ORCID : 0000-0001-6617-4634;

[1, 3] Уфимский университет науки и технологий, Бирск, Российская Федерация

[2] Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Российская Федерация

[4, 5] Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (karatazh[at]mail.ru)

Аннотация

В статье приводятся результаты исследования по изучению ионного состава калия, натрия и альдостерона в биологических жидкостях (слюна и моча) у студентов с разным уровнем двигательной активности в течение учебного года. Целью исследования явилось определение содержания ионов калия и натрия в слюне и моче методом прямой потенциометрии и альдостерона в моче методом иммуноферментного анализа у студентов ВУЗа, испытывающих разную двигательную активность в течение года. Результаты исследования показали, что ионный состав натрия и калия у студентов не имеет отличий от типа биологической материала и от двигательной активности. Содержание альдостерона в моче не зависит от уровня двигательной активности студентов. Выявлено снижение ионов натрия и повышения ионов калия в слюне студентов при дозированной физической нагрузке.

Ключевые слова: слюна, моча, ионы калия, ионы натрия, альдостерон.

SPECIFICS OF CONCENTRATION OF POTASSIUM, SODIUM AND ALDOSTERONE IONS IN SALIVA AND URINE OF STUDENTS WITH DIFFERENT LEVELS OF MOTOR ACTIVITY DURING THE YEAR

Research article

Ardeev R.G.[1], Kuznetsova N.O.[2], Shayakhmetov N.N.[3], Ivanov V.B.[4,] *, Ivanova A.V.[5]

[1] ORCID : 0009-0006-8704-6985;

[2] ORCID : 0000-0003-3995-4269;

[4] ORCID : 0000-0001-6617-4634;

[1, 3] Ufa University of Science and Technology, Birsk, Russian Federation

[2] Bashkir State Pedagogical University n.a. M. Akmulla, Ufa, Russian Federation

[4, 5] Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russian Federation

* Corresponding author (karatazh[at]mail.ru)

Abstract

The article presents the results of the study of ionic composition of potassium, sodium and aldosterone in biological fluids (saliva and urine) in students with different levels of motor activity during the academic year. The aim of the study was to determine the content of potassium and sodium ions in saliva and urine by direct potentiometry and aldosterone in urine by enzyme immunoassay in university students with different motor activity during the year. The results of the study showed that the ionic composition of sodium and potassium in students has no differences from the type of biological material and from motor activity. The content of aldosterone in urine does not depend on the level of motor activity of students. The decrease of sodium ions and increase of potassium ions in the saliva of students at dosed physical activity were detected.

Keywords: saliva, urine, potassium ions, sodium ions, aldosterone.

Введение

Калий и натрий по содержанию в живых организмах относятся к незаменимым макроэлементам, они активно участвуют в метаболизме, при этом натрий служит основным катионом внеклеточной жидкости. Соотношение натрия во внеклеточном и внутриклеточном пространстве организма определяет изменение осмотического давления и соотношение объемов внутри внеклеточной жидкости. Калий является основным катионом внутриклеточной жидкости (в ней содержится 98% калия всего организма) и обеспечивает осмомолярность цитоплазмы, создает условия для протекания в ней биохимических реакций [1, С. 212], [2, С. 8].

Известно, что любой физиологический процесс связан с потенциалом действия (волна возбуждения), данный процесс происходит при участии ионов натрия и калия, в результате чего возникают биопотенциалы, благодаря которым поддерживается жизнедеятельность.

Изменение соотношения концентраций ионов калия и натрия свидетельствует о нарушении физиологических процессов, особенно при различных патологиях. Однако данные соотношения могут происходить и в результате адаптации организма человека к различным двигательным режимам [3, С. 60], [4, С. 578], в том числе при занятии физической культурой и спортом и при гиподинамии.

Непосредственное влияние на концентрацию ионов натрия и калия внутри организма оказывает альдостерон. Молекулярный механизм действия альдостерона на транспорт Na не выяснен, но целый ряд данных подтверждает его непосредственное участие в данном процессе.

Методы и принципы исследования

Исследование проводилось на базе Бирского филиала Уфимского университета науки и технологий. В исследовании принимали участие студенты факультетов физики и математики направления подготовки «Информатика» и факультета педагогики направления подготовки «Физическая культура». Для сравнительной характеристики двигательного режима исследование проводилось среди студентов 1 и 5 курсов.

Сбор и анализ слюны, мочи производился потенциометрическим методом [5, С. 116]. Количественное определение альдостерона проведено методом иммуноферментного анализа в моче. В наших исследованиях обследованный контингент выполнял велоэргометрическую нагрузку ступенчато повышающейся мощности на велоэргометре «Tuntury» с электромагнитным торможением без пауз отдыха. Физическая нагрузка подбиралась индивидуально из расчета 1,0 ватт на 1кг массы тела. Частота педалирования была постоянной и составляла 60 оборотов в минуту, а длительность – 3 минуты. Данного времени достаточно для вызова возмущения организма и выведения ее на оптимальный уровень функционирования, а также является пороговым для включения центральных нейрогуморальных механизмов.

Математическая обработка полученных данных осуществлялась по t-критерию Стьюдента.

Основные результаты

Важнейшими компонентами слюны являются калий и натрий. Количество и соотношение этих ионов между собой очень важно для функции тканей полости рта. Концентрация ионов калия и натрия в слюне меняется в течение суток, причем изменение содержания иона калия менее выражено. По коэффициенту K/Na в слюне можно судить о состоянии электролитного обмена в организме.

Результаты исследования показывают, что сравнительная характеристика концентрации ионов натрия в слюне варьирует в пределах 0,01-0,02 моль/л (таблица 1), причем средние значения данного иона выше на период начала обучения в ВУЗе. В моче показатели Na^+ ниже у студентов направления подготовки «Физическая культура», а концентрация ионов калия ниже и в моче и слюне, по сравнению со студентами направления подготовки «Информатика».

Таблица 1 - Концентрация ионов натрия, калия и альдостерона в биологических жидкостях до выполнения физической нагрузки

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.132.1

Биоматериал	1 курс		5 курс	
	Информатика	Физическая культура	Информатика	Физическая культура
Натрий (моль/л)				
Моча	0,07±0,01	0,07±01	0,06 ±0,001	0,052±01
Слюна	0,02±0,001	0,02±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001
Калий (моль/л)				
Моча	0,04±0,1	0,07±0,1	0,041±0,01	0,030
Слюна	0,017±0,001	0,01±0,001	0,02±0,001	0,016±0,001
Альдостерон (моль/л)				
Моча	4,18±0,28	4,95±0,32	5,30±0,50	3,86±0,31

Ионный состав катионов натрий и калия в анализируемых нами биологических жидкостях показывает более низкие значения у студентов 5 курса направления подготовки «Физическая культура». Можно предположить, что систематические физические нагрузки вынуждают минимизировать потери ионов, в частности хорошо это выражено по ионам натрия.

Наибольшие значения ионов калия нами обнаружено у студентов направления подготовки «Информатика», максимальные значения на первом курсе 0,07 моль/л, а к завершению обучения данный показатель снижается до 0,03 моль/л. Высокая концентрация калия в моче, возможно, связано с калий-депонирующей способностью тканевых водно-солевых депо, которые повышают содержание калия в клетках и увеличение его концентрации [6, С. 320].

Важную роль в регуляции водно-осмотического состояния играет гормон кортикального слоя надпочечников альдостерон. Концентрация данного гормона в моче до выполнения физической нагрузки у студентов находится относительно на одном уровне за исключением первокурсников физико-математического факультета.

В условиях мышечных нагрузок наблюдаются адаптивные сдвиги в деятельности органов, участвующих в сохранении относительного постоянства уровня водно-солевого обмена в организме. К этим изменениям относятся, в частности, адекватные сдвиги в деятельности почек, потовых и слюнных желез. Способность органов поддерживать относительное постоянство водно-солевого гомеостаза при мышечных нагрузках зависит от величины выполняемой работы, ее длительности, функционального состояния организма и других факторов.

Известно, что с повышением активности клетки, проходимость и обмен катионов натрия и калия через клеточную мембрану увеличиваются. Связанный с расходом энергии активный транспорт натрия и калия через клеточную мембрану, восстанавливающий мембранные градиенты этих электролитов, осуществляется только при обеспечении нормальной метаболической активности клетки. Все факторы, затрудняющие или блокирующие процессы биологического окисления (аноксия, низкая температура тела), нарушают синтез макроэргических фосфорных соединений, что ведет к снижению мембранных градиентов катионов. Выполнение дозированной физической нагрузки вызвало некоторые изменения в концентрациях изучаемых нами ионов и гормона альдостерон в биологических жидкостях. Наибольшие изменения нами были обнаружены в гормоне альдостерон и в ионах калия (таблица 2).

Таблица 2 - Концентрация ионов натрия, калия и альдостерона в биологических жидкостях после выполнения физической нагрузки

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.138.132.2

Биоматериал	1 курс		5 курс	
	Информатика	Физическая культура	Информатика	Физическая культура
Натрий (моль/л)				
Моча	0,05±0,01*	0,06±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01
Слюна	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001	0,01±0,001
Калий (моль/л)				
Моча	0,06±0,01	0,05±0,01	0,06±0,01	0,04±0,01
Слюна	0,02±0,001	0,019±0,001	0,02±0,001	0,02±0,001
Альдостерон (моль/л)				
Моча	5,73±0,31*	3,86±0,32	6,59±0,29	4,65±0,27

В исследовании в ответ на физическую нагрузку нами обнаружено снижение ионов натрия в слюне и моче. Более выраженные изменения произошли в моче, динамика снижения натрия была более существенной. Стоит отметить, что у студентов физкультурников снижение экскреции натрия с мочой была минимальной, напротив, у выпускников данный показатель повысился на 0,003 моль/л. В работах многих авторов отмечена схожая картина по изменению указанных ионов моче и слюне. Установлено, что при физической нагрузке увеличивается содержание калия в моче. По мнению авторов, уменьшение выделения натрия при физической нагрузке объясняется изменением скорости клубочковой фильтрации. Концентрация калия в моче при физической работе последовательно повышается. При этом степень повышения содержания калия в моче зависит от объема и интенсивности нагрузки. В наших исследованиях экскреция ионов калия в моче повысилась у всех студентов за исключением пятого курса направления подготовки «Физическая культура».

Экскреция калия в моче повышается, а в слюне данный ион имеет тенденцию к снижению у студентов первого курса, а у выпускников, независимо от уровня двигательного режима, уровень калия не меняется. Минимальные выделения калия с мочой нами были вывялены у студентов физкультурников. При сравнении средних значений можно отметить, что у студентов направления подготовки «Информатика» к пятому курсу экскреция калия в моче два раза превышает значения их сверстников направления подготовки «Физическая культура».

После выполнения физической нагрузки нами выявлено снижение гормона альдостерон во всех группах студентов. На наш взгляд, снижение экскреции натрия и снижение альдостерона указывают на некоторое повышение функции ренин-ангиотензин-альдостероновой системы в условиях адаптации к физической нагрузке.

Анализируя изменения ионного состава мочи и слюны можно отметить, что в ответ на физическую нагрузку наблюдается снижение экскреции ионов натрия с мочой и в слюне с одновременным повышением ионов калия в моче. Можно предположить, что выполнение физической нагрузки вызывает повышение температуры тела, а защитной реакций при этом является потовыделение. В связи с усилением потоотделения при физических нагрузках баланс воды и электролитов нарушается, в силу этого включается, ряд компенсаторно-приспособительных механизмов, направленных на поддержание постоянства водного и электролитного баланса. Вероятно, поддержание водно-солевого гомеостаза обусловлено взаимосвязанной деятельностью физиологических систем, регулирующих осмотическую концентрацию, ионный состав и объем внеклеточной жидкости тела [7, С. 10]. При этом водно-солевой гомеостаз поддерживается сложной системой рефлекторных реакций, в которых основной эффектор – почка – обеспечивает экономию или выведение необходимых количеств электролитов и воды [8, С. 15].

Обращает на себя внимание и тот факт, что у спортсменов средние значения экскреции ионов натрия и калия после физических нагрузок несколько ниже, а так же более стабильные значения у студентов 5 курса направления подготовки «Физическая культура» свидетельствуют о более «экономной» вегетативной регуляции водно-солевого обмена в организме человека. При регулярной спортивной тренировке нейрогуморальные механизмы совершенствуются, повышается активность ферментных систем [2, С. 5], [9, С. 30], увеличиваются запасы энергетических ресурсов [10, С. 14]. Вместе с тем, одним из убедительных критериев тренированности организма, служит функциональная активность коры надпочечников. Косвенным показателем ее является коэффициент K/Na в биологических жидкостях, в частности в слюне. Исследования показали, у студентов пятого курса направления

подготовки «Физическая культура данный коэффициент после физической нагрузки не изменялся, что свидетельствует о высокой функциональной активности надпочечников. Однако, возможно, систематические физические нагрузки значительно снижают порог реактивности к умеренным и малым физическим нагрузкам у спортсменов.

Таким образом, обнаруженные нами различия в характере и направленности изменений отдельных показателей водно-солевого обмена у обследованных испытуемых, возможно, обусловлены различной по степени активацией гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системы в зависимости от двигательного режима студентов ВУЗа.

Заключение

Ионный состав натрия и калия у исследованных студентов на начало обучения в ВУЗе не имеет особенностей от типа биологической материала и от двигательной активности. Средние значения соотношения ионов не имеют отличий у студентов направления подготовки «Информатика» и «Физическая культура».

Содержание альдостерона в моче не имеет зависимости от уровня двигательной активности студентов на период обучении в ВУЗе.

Тенденция снижения ионов натрия в моче и повышения ионов калия после физической нагрузки имеет схожий характер среди студентов выпускных курсов при одинаковом содержании альдостерона, однако, средние значения по указанным ионам ниже у студентов направления подготовки «Физическая культура».

Ионный состав слюны при адаптации к физической нагрузке остается на относительно постоянном уровне у студентов направления подготовки «Информатика». У студентов направления подготовки «Физическая культура» наблюдаются снижение ионов натрия и повышение ионов калия на дозированную физическую нагрузку.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Бочков В.Н. Клиническая биохимия / В.Н. Бочков, А.Б. Добровольский, Н.Е. Кушлинский, В.А. Логинов. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. — 512 с.

2. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф.З. Меерсон. — М.: Наука, 1981. — 278 с.

3. Ардеев Р.Г. Физическое развитие и физическая подготовленность студентов вуза / Р.Г. Ардеев, Р.Я. Сафиханов, Н.Н. Шаяхметов [и др.] // Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма: материалы X Международной научно-практической конференции. — Уфа, 2016. — С. 58-60.

4. Шаяхметов Н.Н. Проблемы и перспективы бальной системы развития университетского образования в области физической культуры и спорта / Н.Н. Шаяхметов, А.Г. Акмалов, Р.Г. Ардеев // Актуальные вопросы университетской науки. Сборник научных трудов. — Уфа, 2016. — С. 578-582.

5. Горбунова А.А. Сопоставление результатов определения ионов калия и натрия потенциометрическим методом и методом эмиссионной фотометрии пламени в желудочном соке до и после действия некоторых сорбентов / А.А. Горбунова // Проблемы теоретической и экспериментальной химии: тезисы докладов XVIII Российской молодежной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора В.А. Кузнецова (Екатеринбург, 22-25 апреля 2008 г.). — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2008. — С. 116.

6. Айзман Р.И. Регуляция гомеостаза калия: возрастные особенности / Р.И. Айзман // Нефрология и диализ. — 2001. — Т. 3. — № 3. — С. 318-325.

7. Григорьев А.И. Функциональные нагрузочные пробы в оценке состояния почек и водно-солевого обмена / А.И. Григорьев // Физиология человека. — 2013. — Т. 39. — № 2. — С. 10.

8. Наточин Ю.В. Почка: орган выделения или сохранения? / Ю.В. Наточин // Успехи физиологических наук. — 2019. — Т. 50. — № 4. — С. 14-25.

9. Шайхелисламова М.В. Механизмы срочной и долговременной адаптации сердечно-сосудистой системы к статическим мышечным нагрузкам / М.В. Шайхелисламова, Н.Б. Дикопольская, Г.А. Билалова [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2018. — № 11. — С. 29-30.

10. Ахмедов К.Б. Кровоснабжение печени при различных физических нагрузках / К.Б. Ахмедов, Л.Р. Кудашова, Т.А. Клименко // Известия АН Каз.ССР. — 1976. — № 4. — С. 12-14.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bochkov V.N. Klinicheskaya biohimiya [Clinical Biochemistry] / V.N. Bochkov, A.B. Dobrovol'skij, N.E. Kushlinskij, V.A. Loginov. — M.: GEOTAR-MED, 2004. — 512 p. [in Russian]

2. Meerson F.Z. Adaptaciya, stress i profilaktika [Adaptation, Stress and Prevention] / F.Z. Meerson. — M.: Nauka, 1981. — 278 p. [in Russian]

3. Ardeev R.G. Fizicheskoe razvitie i fizicheskaya podgotovlennost' studentov vuza [Physical Development and Physical Fitness' of University Students] / R.G. Ardeev, R.YA. Safihanov, N.N. SHayahmetov [et al.] // Aktual'nye problemy fizicheskoj kul'tury, sporta i turizma: materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Actual Problems of Physical

Culture, Sports and Tourism: materials of the X International Scientific and Practical Conference]. — Ufa, 2016. — P. 58-60 [in Russian].

4. SHayahmetov N.N. Problemy i perspektivy bal'noj sistemy razvitiya universitetskogo obrazovaniya v oblasti fizicheskoj kul'tury i sporta [Problems and Prospects of the Ballroom System for the Development of University Education in the Field of Physical Culture and Sports] / N.N. SHayahmetov, A.G. Akmalov, R.G. Ardeev // Aktual'nye voprosy universitetskoj nauki. Sbornik nauchnyh trudov [Current Issues of University Science. Collection of scientific papers]. — Ufa, 2016. — P. 578-582 [in Russian].

5. Gorbunova A.A. Sopostavlenie rezul'tatov opredeleniya ionov kaliya i natriya potenciometricheskim metodom i metodom emissionnoj fotometrii plameni v zheludochnom soke do i posle dejstviya nekotoryh sorbentov [Comparison of the Results of Determination of Potassium and Sodium Ions by Potentiometric Method by emission photometry of flame in gastric juice before and after the action of some sorbents] / A.A. Gorbunova // Problemy teoreticheskoj i eksperimental'noj himii: tezisy dokladov XVIII Rossijskoj molodezhnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya professora V.A. Kuznecova (Ekaterinburg, 22-25 aprelya 2008 g.) [Problems of Theoretical and Experimental Chemistry: Abstracts of the XVIII Russian International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor V.A. Kuznetsov (Yekaterinburg, April 22-25, 2008)]. — Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2008. — P. 116 [in Russian].

6. Ajzman R.I. Regulyaciya gomeostaza kaliya: vozrastnye osobennosti [Regulation of Potassium Homeostasis: Age-related Features] / R.I. Ajzman // Nefrologiya i dializ [Nephrology and Dialysis]. — 2001. — V. 3. — № 3. — P. 318-325 [in Russian].

7. Grigor'ev A.I. Funkcional'nye nagruzochnye proby v ocenke sostoyaniya pochek i vodno-solevogo obmena [Functional Stress Tests in Assessing the State of the Kidneys and Water-salt Metabolism] / A.I. Grigor'ev // Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]. — 2013. — V. 39. — № 2. — P. 10 [in Russian].

8. Natochin YU.V. Pochka: organ vydeleniya ili sohraneniya? [Kidney: an Organ of Excretion or Preservation?] / YU.V. Natochin // Uspekhi fiziologicheskih nauk [Successes of Physiological Sciences]. — 2019. — V. 50. — № 4. — P. 14-25 [in Russian].

9. SHajhelislamova M.V. Mekhanizmy srochnoj i dolgovremennoj adaptacii serdechno-sosudistoj sistemy k staticheskim myshechnym nagruzkam [Mechanisms of Urgent and Long-term Adaptation of the Cardiovascular System to Static Muscle Loads] / M.V. SHajhelislamova, N.B. Dikopol'skaya, G.A. Bilalova [et al.] // Biomedicinskaya radioelektronika [Biomedical Radio Electronics]. — 2018. — № 11. — P. 29-30 [in Russian].

10. Ahmedov K.B. Krovosnabzhenie pecheni pri razlichnyh fizicheskih nagruzkah [Blood Supply to the Liver during Various Physical Activities] / K.B. Ahmedov, L.R. Kudashova, T.A. Klimenko // Izvestiya AN Kaz.SSR [Proceedings of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR]. — 1976. — № 4. — P. 12-14 [in Russian].