

Биолог. журн. Армении. 1-2 (59), 2007

УДК 613.96:612.313.1.064:613.863-057.87

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСКРЕЦИИ НАТРИЯ И КАЛИЯ СО СЛЮНОЙ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ДЕСЯТИКЛАССНИКОВ ПРИ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКЕ

А.В. ДАЯН

Ереванский государственный университет, кафедра физиологии человека и животных им. Т. Мушегяна, 375025, Ереван

Исследована Na^+ - и K^+ - экскреторная функция слюнных желез десятиклассников в течение учебного года и в период вступительных экзаменов. Повышение утомления в течение учебного года сопровождалось увеличением экскреции Na^+ со слюной, по сравнению с аналогичным показателем в октябре, и уменьшением содержания K^+ . Повышенный вегетативный тонус организма в период вступительных экзаменов способствует изменению электролитного состава слюны. У большинства обследуемых в предэкзаменационный период наблюдалось достоверное снижение концентрации Na^+ в слюне, сохранявшееся в некоторой степени и после экзаменов. Гипонатриемия сопровождалась повышением содержания K^+ и понижением Na^+/K^+ коэффициента.

Դետազոտվել է X դասարանի աշակերտների թրթռաբանական և կալիումի արտազատական ֆունկցիան ուսումնական տարվա ընթացքում և ընդունելության քննությունների շրջանում: Ուսումնական տարվա ընթացքում հոգնածության մեծացումը ուղեկցվել է թրթռաբանական արտազատման ուժեղացմամբ և K^+ -ի պարունակության նվազմամբ, համեմատած հոկտեմբեր ամսվա նմանատիպ ցուցանիշի հետ: Բնաշրջանում օրգանիզմի վեգետատիվ լարվածության բարձրացումը նպաստում է թրթռաբանական արտազատման կազմի փոփոխությանը: Դետազոտվողների մեծամասնության մոտ նախաքննական շրջանում դիտվել է թրթռաբանական քանակության նվազում, որը որոշ չափով պահպանվել է նաև հետքննական շրջանում: Թերնատրիումականությունը ուղեկցվել է կալիումի պարունակության բարձրացմամբ և Na^+/K^+ -գործակցի նվազմամբ:

Na^+ and K^+ - excretory function of salivary glands among 10th class schoolchildren-entrants during an academic year and entrance examinations was studied. Intensification of exhaustion within academic year was accompanied by increase of Na^+ -excretion with a saliva, in comparison with a similar parameter in October, and reduction of contents K^+ . During entrance examinations the increased vegetative tone of an organism assists to change electrolytic components of a saliva. During preexamination period among majority of tested schoolchildren the significant decrease of concentration Na^+ in a saliva was observed, which was kept on definite level and after examinations, too. Hyposodium level was accompanied by increase of contents K^+ and decrease Na^+/K^+ coefficient.

Na^+ - и K^+ -экскреторная функция - слюна - учебная нагрузка - экзамен

Электролитный баланс во многом определяет состояние функциональных систем организма, играет важную роль в обеспечении сосудистого тонуса и гомеостаза [1]. В частности, обмену натрия и калия принадлежит существенная роль в таких жизненно важных процессах, как

сердечная деятельность, кислотно-щелочное равновесие, регуляция внутриклеточного гомеостаза.

В последнее время в литературе часто встречаются сведения об обменных электролитических процессах и их механизмах, связанных с нарушениями метаболизма электролитов при различных патологических состояниях. Известно, что нарушение содержания натрия и калия в экстра- и интрацеллюлярном пространстве является важным звеном в генезе многих патологических процессов [4]. Однако, несмотря на несомненную актуальность, довольно редки и противоречивы сведения, отражающие состояние электролитного баланса у детей и подростков при умственной нагрузке. Более доступным для оценки функционального состояния организма человека при учебной нагрузке является исследование содержания натрия и калия в слюне, уровень которых находится в обратной зависимости от количества кортикостероидов и катехоламинов в крови [7]. В литературе имеются сведения о зависимости Na^+ - и K^+ -эскреторной функции слюнных желез от состояния вегетативной нервной системы (ВНС), гормональной активности гипофиза и надпочечников [6].

Согласно данным Великанова [5] и Дьяченко [8], к 15 годам стабилизируются механизмы ионной регуляции. Это свидетельствует о становлении к подростковому возрасту дефинитивного уровня функционирования системы водно-солевого гомеостаза [14]. Процесс выведения Na^+ и K^+ со слюной обусловлен нейрогуморально-гормональным комплексом, регулирующим функциональную деятельность целостного организма. Последнее обстоятельство послужило основанием для изучения Na^+ - и K^+ -эскреторной функции слюнных желез с целью оценки реакции подростков на умственную психоэмоциональную нагрузку.

Материал и методика. Исследования проводились среди учеников десятиклассников ($n=52$) в течение учебного года (сентябрь, октябрь, декабрь, февраль, апрель, май, июль), а также в период вступительных экзаменов в 4-х экспериментальных ситуациях: 1 - за 2-2,5 мес до экзамена, 2 - за день до экзамена, 3 - через день и 4 - через 1-1,5 мес. после экзаменов. Методом Короткова измерялись основные показатели кардиогемодинамики: пульс, артериальное давление (АД) (систолическое - САД, диастолическое - ДАД). По формуле Старра рассчитывали систолический (СО) и минутный (МОК) объемы крови.

Регистрацию и обработку электрокардиограммы (ЭКГ) испытуемых (длительность по 2,5 мин) осуществляли на компьютере IBM-486. Математический анализ ритма сердца проводили методом вариационной пульсометрии по критериям Базевого с помощью компьютерной программы «Cardio», разработанной в лаборатории «Математического моделирования нервной системы» Института физиологии имени Л. А. Орбели НАН РА. Программа обеспечивала автоматическую регистрацию и анализ R-R-интервалов с построением кардиоинтервалограмм. Вычисляли следующие интегральные показатели ритма сердца: амплитуду волны - АМ_0 , моду - М_0 , $\Delta\lambda$ - вариационный размах, V_k - коэффициент вариации кардиоинтервалов, ИИ - индекс напряжения.

Уровень Na^+ и K^+ в слюне определяли атомно-эмиссионным методом на наиболее интенсивной спектральной линии электролитов (766.49 и 589.2нм для Na^+ и K^+ соответственно). Измерения осуществляли на атомно-абсорбционном спектрометре «AAS» в эмиссионном режиме работы прибора. Рассчитывали также Na^+/K^+ -коэффициент. Отсутствие единого мнения о физиологических нормах концентрации натрия и калия в слюне явилось основанием для проведения собственных исследований, направленных на получение количественных характеристик процесса экскреции Na^+ и K^+ со слюной у здоровых подростков. Полученные данные подтверждают мнение об относительно небольшом изменении концентрации K^+ в течение суток и наличии выраженной суточной

периодичности в выведении со слюной Na^+ [7, 15]. Для изучения Na^+ -, K^+ -экскреторной функции слюнных желез использовалась смешанная слюна, собираемая в предварительно продезинфицированные пробки. С целью исключения влияния примесей пищи на состав собираемой слюны, забор ее осуществлялся в утренние часы натощак. Предварительно испытуемым предлагалось два раза ополаскивать ротовую полость водой. Все испытуемые перед началом исследований проходили дополнительный осмотр у стоматолога.

Полученные данные подвергнуты статистической обработке на компьютере с учетом t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. В первой серии исследований изучалась Na^+ - и K^+ - экскреторная функция слюнных желез десятиклассников в течение учебного года. Полученные данные представлены в таблице. Анализ количественных показателей выведения Na^+ и K^+ со слюной, полученных в конце сентября, показал отсутствие сильно выраженных изменений по сравнению с исходными данными, наблюдаемыми в начале сентября. Динамика изменений показателей Na^+ и K^+ в слюне в течение учебного года носила волнообразный характер. В конце октября у абитуриентов наблюдалось уменьшение в слюне Na^+ на 40.9% ($p < 0.05$) и увеличение уровня K^+ на 22.3% ($p < 0.05$). Na^+/K^+ коэффициент соответственно снижался на 52.9% ($p < 0.001$). Согласно данным Борисовой [3], у подростков уровень снижения Na^+/K^+ коэффициента соответствует трудности усваиваемого урока. По ее мнению, под влиянием учебной деятельности изменения параметров водно-солевого обмена могут носить как благоприятный, так и неблагоприятный характер. Полученные нами результаты подтверждают наличие определенной качественной связи нейросекреторной функции слюнных желез с активностью симпатно-адреналовой и гипофизно-надпочечниковой систем. В исследованиях Лишера [12] отмечена высокая степень нервно-эмоционального напряжения у подростков 15-16 лет в начале учебного года, что приводит к увеличению экскреции с мочой катехоламинов и в основном адреналина. Очевидно, этот период у большинства десятиклассников совпадает с занятиями у репетиторов. Повышение утомления в течение учебного года сопровождалось увеличением экскреции Na^+ со слюной, по сравнению с аналогичным показателем в октябре, и уменьшением содержания K^+ (таб.).

Таблица. Изменение содержания электролитов в слюне десятиклассников в учебном году, ммоль/л

Этапы исследования	Na^+	K^+	Na^+/K^+
сентябрь	6.47 ± 0.78	19.22 ± 1.93	0.34 ± 0.031
октябрь	$3.82 \pm 0.75^*$	$23.51 \pm 2.76^*$	$0.16 \pm 0.02^{***}$
декабрь	5.42 ± 0.86	20.76 ± 2.48	$0.26 \pm 0.022^*$
февраль	5.65 ± 0.88	21.08 ± 2.64	0.27 ± 0.029
апрель	6.03 ± 1.08	20.54 ± 2.78	0.29 ± 0.024
май	$3.68 \pm 0.97^*$	$25.08 \pm 3.12^*$	$0.15 \pm 0.035^{**}$
июнь	5.73 ± 0.99	19.82 ± 1.74	0.29 ± 0.034

Примечание: * - достоверность различий с сентябрем; * - $p < 0.05$, ** - $p < 0.01$, *** - $p < 0.001$.

Наблюдаемое нами увеличение концентрации Na^+ в III и IV четвертях, по сравнению с показателями I четверти, по-видимому, является результатом

снижения общей функциональной активности организма и связано со сдвигом вегетативного баланса в сторону усиления холинергических влияний [15]. Подтверждением наличия такого механизма у испытуемых данной серии исследований служит выявленное в ходе экспериментов от I к IV четверти ослабление реакции сердечно-сосудистой системы, сопровождаемое понижением АД, СО и МОК, а также урежением частоты сердечных сокращений (ЧСС). В поддержании колебаний концентрации Na^+ плазмы крови в узких пределах участвуют многие регуляторные системы - гипоталамус, гипофиз, эпифиз, надпочечники, почки, слюнные и потовые железы, а также ткань правого предсердия. По данным Тамбовцевой [9], утомление, развивающееся под действием учебной нагрузки, проявляется в снижении процентного прироста Na^+/K^+ к концу учебного дня от VIII к X классу. По мнению авторов, ослабление выраженности дневных колебаний показателей минерального обмена может служить одним из критериев утомления организма.

В конце IV четверти (в мае), накануне выпускных экзаменов, требующих от учащихся высокого умственного эмоционального напряжения, наблюдался второй пик достоверного снижения скорости выведения натрия и повышения - калия. Экскреция Na^+ уменьшалась на 43.1%, K^+ - увеличивалась на 30.5%, соответственно на 55.9% уменьшался и Na^+/K^+ коэффициент. Корниенко и соавторы [10] к концу учебного года у учениц наблюдали повышение резервных возможностей симпат-адреналовой системы. Известно, что альдостерон определяет транспорт K^+ в почках, толстой кишке, слюнных и потовых железах. Выделение глюкокортикоидов вызывает гиперкалиемию и усиливает калийурез, который продолжительнее действия стероидов. Повышение Na^+/K^+ коэффициента и увеличение экскреции Na^+ с мочой, наблюдаемое от I к IV четверти у школьников VII, VIII и X классов, ряд авторов считает признаком удовлетворительной адаптивности обследованных учащихся к учебной нагрузке [1, 2].

Во второй серии исследований изучали изменение электролитного состава слюны абитуриентов в период вступительных экзаменов. В соответствии с характером изменения ИН отмечалось два типа реагирования Na^+ - и K^+ -эскреторной функции слюнных желез. У 30.0% наблюдалась повышенная утомляемость, что связано с большой умственной нагрузкой и неполноценным сном. Накануне вступительных экзаменов у них отмечалось уменьшение интегральных показателей регуляции сердечного ритма и повышение на 72.2% содержания натрия в слюне. Концентрация калия при этом снижалась в среднем на 24.3%. После экзамена наблюдалось уменьшение экскреции натрия, уровень которой, однако, не достигал исходной величины (рис., А).

Повышение концентрации Na^+ , по-видимому, является результатом снижения общей функциональной активности организма и связано с изменением вегетативного баланса в сторону усиления парасимпатических влияний. Об этом свидетельствует также понижение ИН и АМО и увеличение МО и ДХ. Как известно, уменьшение ИН и повышение ДХ, наблюдаемые при утомлении, являются следствием повышения тонуса парасимпатического отдела ВНС.

У большинства испытуемых (около 70.0%), накануне экзаменов наблюдались учащенное сердцебиение и повышенный уровень интегральных

показателей регуляции сердечного ритма. Во всех экспериментах у испытуемых этой подгруппы до экзамена происходило выраженное уменьшение концентрации Na^+ (на 48.7%, $p < 0.05$) и увеличение K^+ (на 22.2%, $p < 0.05$) в слюне (рис., Б). Na^+/K^+ коэффициент соответственно понижался на 57.9% ($p < 0.001$). Характер наблюдаемых изменений сохранялся и в постэкзаменационный период. Через день после экзамена содержание Na^+ в слюне было ниже фонового на 36.9%, через 1-1.5 месяца исходный уровень его почти восстанавливался (рис., Б). Процесс экскреции K^+ со слюной усиливался накануне экзамена и через день после него соответственно на 22.2% ($p < 0.05$) и 17.2% ($p < 0.05$). Через 1-1.5 месяца после вступительных экзаменов наблюдалось некоторое понижение экскреции K^+ , не доходящее, однако, до исходного уровня.

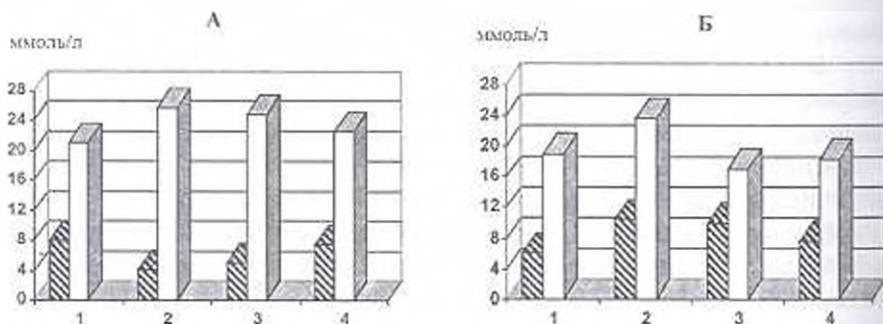


Рис. Динамика изменений электролитного состава слюны десятиклассников в экзаменационный период. А - при уменьшении ЧС, Б - при увеличении ЧС. 1 - обычный учебный день, 2 - до экзамена, 3 - после экзамена, 4 - через 1-1,5 месяца после экзамена. - Na^+ , - K^+

Полученные данные свидетельствуют о том, что повышенный вегетативный тонус организма, наблюдаемый в экзаменационный период, у большинства обследуемых сопровождается гипонатриемией, повышением содержания K^+ и понижением Na^+/K^+ коэффициента. Последний является отражением выраженного напряжения симпато-адреналовой системы организма. Согласно данным Навакатикяна и Крыжановской [13], в период контрольных работ и экзаменов у школьников отмечается значительная активация системы вегетативного обеспечения высшей нервной деятельности, которая сопровождается резким увеличением экскреции катехоламинов с мочой, повышением ЧСС, МОК и АД.

Несмотря на сложность интерпретации полученных данных, их анализ, как нам кажется, должен основываться на учете последовательности причинно-следственных процессов, включающих приспособительные реакции. Если считать, что афферентное звено любой стресс-реакции завершается формированием в центральной нервной системе психоэмоциональной детерминанты, запускающей эфферентные первичные и гормонально-гуморальные стресс-реализующие и лимитирующие механизмы, то наблюдаемые нами изменения должны быть следствием именно этих эфферентных посылок. Анализ собственных и литературных данных свидетельствует о том, что эфферентные посылки реализуются через симпато-адреналовую систему, обеспечивающую адаптацию к экзаменационному

стрессу, посредством как прямых нервных влияний, так и дистантных воздействий, оказываемых ее медиаторами [3, 12]. В литературе имеются данные о том, что под влиянием симпатотропных веществ (адреналин) содержание Na^+ в слюне уменьшается [15], а уровень K^+ - увеличивается. При этом происходит резкое сокращение слюноотделения. Характерно, что введение прозерина сопровождается заметным усилением саливации, повышением содержания Na^+ и снижением концентрации K^+ . Ссылаясь на приведенные литературные и полученные нами данные, можно заключить, что между содержанием Na^+ и K^+ в слюне и уровнем активности симпатoadрениальной системы организма существует обратная зависимость.

Резюмируя вышесказанное, можно утверждать, что экзотическое психоэмоциональное напряжение, наряду с изменением сердечно-сосудистой системы, сопровождается ионным сдвигом состава слюны, который является следствием активации гипоталамо-гипофиз-надпочечниковой и симпатoadрениальной систем.

Таким образом, полученные в ходе проводимых исследований данные свидетельствуют о том, что анализ содержания Na^+ и K^+ в слюне может быть использован в качестве критерия оценки уровня утомления и психоэмоционального напряжения как студентов и школьников, так и других категорий населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропова М.В., Бородкина Г.В., Кузнецова Л.М. и др. Физиология человека, 23, 1, 98-102, 1997.
2. Безруких М.М. Физиология человека, 15, 2, 85-88, 1989.
3. Борисова С.А. Использование энзимных показателей для характеристики процесса адаптации к учебной деятельности. Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. - М., 1990.
4. Брагдон Д., Церриотти Д., Чижумелю. Лаб. дело. М., Медицина. 12, 58-61, 1991.
5. Велиханова Л.К. Автореф. док. дисс. М., 59с., 1971.
6. Джон Ф.Л., Питер Г.В. Основы эндокринологии. М. Медицина, 502с., 2000.
7. Домакина Г.М. Автореф. канд. дисс., 22с., 1980.
8. Дьяченко И.В. Водно-солевой гомеостаз у детей школьного возраста. Вопросы физиологии сердечно-сосудистой системы школьников. М., 131-138, 1980.
9. Клипп Г.В., Тамболицева Е.В. Физиолого-гигиенические аспекты учебной нагрузки старшеклассников. М., изд-во АПН СССР, 134-138, 1986.
10. Коркиченко И.А. Адаптация организма подростков к учебной нагрузке. М., Педагогика, 91-93, 1987.
11. Кушаковский М.С. Гипертензивная болезнь. СПб, 310с., 1995.
12. Лищер А.И. Физиолого-гигиенические аспекты учебной нагрузки старшеклассников. М., 114-127, 1986.
13. Навакитички А.О., Крыжановская В.В. Возрастная работоспособность лиц умственного труда. Киев, Здоровье, 208с., 1979.
14. Нормализация учебной нагрузки школьников. Пол. ред. М.В. Антроповой, В.И. Козлова М., 160с., 1988.
15. Семенова Т.Д. Автореф. канд. дисс., 29с., 1973.

Поступила 29 IX 2000