

УДК 612.17 (4-053)

## АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТНОГО СОСТАВА СЛЮНЫ ЮНЫХ ВЕЛОГОНЩИКОВ 10–12 ЛЕТ

Псеунок А.А., Муготлев М.А.

*ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», Майкоп, e-mail: PseunokK@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию особенностей вегетативной регуляции и электролитного состава слюны велогонщиков 10–12 лет. Целью исследования явилось анализ вариабельности сердечного ритма и электролитного состава слюны. При анализе и трактовке показателей сердечного ритма за основу была принята концепция Р.М. Баевского о двухконтурной регуляции сердечного ритма. Исследование концентрации ионов  $K^+$  и  $Na^+$  в слюне определялось фотоколориметрическим методом с помощью фотоколориметра «КФК-3». Обследовались юноши в возрасте 10–12 лет, занимавшиеся циклическим видом спорта – шоссейнными велогонками. Занятия проводились в специализированных детско-юношеских спортивных школах олимпийского резерва г. Майкопа пять раз в неделю по два часа. Полученные результаты свидетельствуют о значительных сдвигах в механизмах регуляции у юных спортсменов, происходящих на фоне увеличения активации корково-лимбических структур, что диктует необходимость регулярного мониторинга за состоянием здоровья, а также тщательного планирования тренировочного процесса.

Ключевые слова: адаптация, индекс напряжения, регуляторные механизмы, сердечный ритм, электролитный состав слюны, юные спортсмены.

## HEART RATE VARIABILITY ANALYSIS AND FEATURES OF ELECTROLYTE COMPOSITION OF SALIVA IN 10–12 YEAR-OLD BICYCLE RACERS

Pseunok A.A., Mugotlev M.A.

*Federal State Budget Institution of Higher Education Adyge State University, Maikop, e-mail: PseunokK@mail.ru*

The present article discusses features of vegetative regulation and electrolyte composition of saliva in 10–12 year-old bicycle racers. A research objective is to analyze heart rate variability and electrolyte composition of saliva. In the analysis and interpretation of heart rate indicators, R.M. Bayevsky's concept on double-circuit regulation of a heart rate was assumed as a basis. Concentration of  $K^+$  and  $Na^+$  ions in saliva was defined by a photocolorimetric method by means of the photocolorimeter "KFK-3". The young men at the age of 10-12 years who were engaged in a cyclic sport – highway cycle races – were examined. Classes were given in specialized Children's and Young People's Sports Schools of Olympic Reserve in Maikop five times a week for two hours. The obtained results indicate that there are considerable shifts in regulation mechanisms at the young athletes occurring against increase in activation of cortical and limbic structures. A conclusion is drawn that a regular monitoring of a state of health and careful planning of training process are needed.

Keywords: adaptation, tension index, regulatory mechanisms, heart rate, electrolyte composition of saliva, young athletes.

Достижение здоровьесберегающих функций детского спорта предполагает осуществление мониторинга функционального состояния юных спортсменов в ходе тренировочного процесса. В связи с этим одним из актуальных вопросов в детской спортивной физиологии является изучение влияния спортивных физических нагрузок на особенности онтогенетического развития детей и подростков с целью достижения адекватного уровня функционирования систем жизнеобеспечения и минимизации физиологической «цены адаптации». Несмотря на то, что вопросы адаптации организма детей и подростков к физическим нагрузкам широко представлены в исследовательских работах [13,15], в них, как правило, отсутствуют данные о многолетних исследованиях индивидуального ответа кардиорегуляторных систем у одних и тех же юных спортсменов-

велогонщиков на тренировочную нагрузку. Поэтому проведение мониторинга в лонгитудинальном режиме, основанного на исследовании вегетативной регуляции кровообращения, представляется актуальным.

Исследование особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма у лиц, систематически подвергающихся воздействию физических нагрузок большого объема и интенсивности, имеет важное значение для формирования устойчивых знаний относительно основных физиологических механизмов адаптации организма к мышечной работе. Физиологические показатели, отражающие, в той или иной мере, состояние механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности, могут использоваться в качестве надежных маркеров оценки текущего физиологического состояния и прогнозирования физической тренированности, контроля тренировочного занятия [7,18].

Анализ вариабельности сердечного ритма является методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, в частности, общей активности регуляторных механизмов, нейро-гуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы [22].

«Цена» адаптации организма к физическим нагрузкам может выступать как одна из важных характеристик физической тренированности. Чем ниже напряжение регуляторных систем при данном уровне нагрузки, тем выше физическая тренированность [1,9,14].

Известно, что занятия спортом сопровождаются значительными метаболическими изменениями, которые позволяют уже на ранней стадии диагностировать признаки утомления, переутомления, напряжения регуляторных систем и вносить коррективы в тренировочный процесс [8;17]. В качестве индикатора состояния симпато-адреналовой системы и минералокортикоидной активности надпочечников можно использовать состав смешанной слюны [6].

Надежность функционирования организма, зависящая от состояния баланса электролитов и их концентрации в биологических жидкостях, в том числе и слюне определяется ролью катионов в обмене веществ и поддержании гомеостаза [12, 11]. Учитывая исключительное значение концентрации катионов калия и натрия для деятельности клеток, их ответа на сигналы (нервные стимулы, гормоны, аутокоиды, нейропептиды), сохранение этих физико-химических показателей близкими к норме может свидетельствовать о том, что либо расширены границы «нормы», либо системы регуляции этих физиологических параметров особо строго контролируют их постоянство в условиях дестабилизации деятельности различных систем. О неспецифическом напряжении организма можно судить по содержанию ионов натрия и калия в смешанной слюне. Коэффициент Na/K может служить оценкой адаптивных возможностей организма [6].

В зарубежной и отечественной научной литературе имеется недостаточно сведений о содержании в смешанной слюне макро- и микроэлементов у юных спортсменов, в связи с этим данное исследование приобретает особый интерес.

Целью исследования явился анализ variability сердечного ритма и электролитного состава слюны у юных велогонщиков 10–12 лет.

### **Методы и организация исследования**

В лонгитудинальном режиме на протяжении двух лет на базе АР ДЮСШ олимпийского резерва по велоспорту г. Майкопа обследовались юные спортсмены 10–12 лет, занимавшиеся циклическим видом спорта – шоссейными велогонками. Количество обследуемых составило 19 человек. Респонденты регулярно проходили обследования в спортивном диспансере и относились к первой и второй группе здоровья согласно клиническому анамнезу медицинских карт. На участие в исследовании было получено письменное согласие родителей каждого респондента.

В ходе обследования контролировался рацион испытуемых, а также режим их питания. Обследование проводили в начале и конце тренировочного макроцикла – осенью и весной, в одни и те же дни недели за 1–1,5 часа до тренировки.

Мальчики 10–12 лет, занимавшиеся велоспортом, тренировались 5 раз в неделю. Продолжительность этапа начальной подготовки (10–12 лет) составляла 2 года, в течение которых решались задачи разносторонней физической подготовленности, обучения основам техники велоспорта. Объем общей и вспомогательной физической подготовки на этапе составил 90 %, специальной – 10 %, продолжительность одного учебно-тренировочного занятия – 60–90 мин. Тренировочная нагрузка носила преимущественно игровой характер и частично – соревновательный.

Определение электролитов проводилось в смешанной слюне после 1,5–2 часов после еды фотоколориметрическим методом с помощью прибора КФК-3. Натрий определялся микроколориметрическим методом (по Олбенису и Лейну). Калий определялся фотоколориметрическим микрометодом определения (по Н. Лазареву). Рассчитывали величины Na/K коэффициента, связанные обратно-пропорциональной зависимостью с уровнем активности симпат-адреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы.

Исследование ритма сердечных сокращений осуществлялось по методике Р.М. Баевского, согласно которому вычислялся ряд таких параметров, как: ВР (вариационный размах), Мо (мода), АМо (амплитуда моды), ИН (индекс напряжения) ВР (вариационный размах), ИВР (индекс вегетативного равновесия), ПАПР (показатель адекватности процесса регуляции), ВПР (вегетативный показатель ритма), ЧСС (частота сердечных сокращений).

Регистрация показателей осуществлялась при помощи электрокардиографа «Полиспектр-ритм» и программного обеспечения «НейроСофт».

Изучались адаптационные возможности спортсменов к выполнению дозированных физических нагрузок (30 приседаний за 30 с). Данные обрабатывались методами математической статистики с использованием «Microsoft Excel XP», и определялся t-критерий по Стьюденту ( $P \leq 0,05$ ).

### Результаты исследования и их обсуждение

Рассматривая сердечно-сосудистую систему как индикатор состояния целостного организма и учитывая необходимость изучения с целью прогнозирования ее адаптивных возможных реакций (в первую очередь процессов энергетического обеспечения), мы остановимся на некоторых исследованиях с применением вариационной пульсометрии.

Полученный нами экспериментальный материал позволяет говорить о том, что у мальчиков 10–12 лет, занимавшихся шоссейными велогонками, на протяжении всего исследуемого периода наблюдается увеличение ЧСС, но достоверных различий этот показатель достигает только к четвертому макроциклу ( $P < 0,05$ ). Гуморальные влияния в регуляции сердечной деятельности достоверно снижаются к четвертому макроциклу ( $P < 0,05$ ) (таблица).

Динамика показателей сердечного ритма юных спортсменов 10–12 лет, занимавшихся шоссейными велогонками ( $M \pm m$ )

период	1-й год исследования (n = 19)				2-й год исследования (n = 19)			
	осень		весна		осень		весна	
	I макроцикл	I макроцикл	II макроцикл	II макроцикл	III макроцикл	III макроцикл	IV макроцикл	IV макроцикл
	в покое	после нагрузки	в покое	после нагрузки	в покое	после нагрузки	в покое	после нагрузки
ЧСС, уд./мин.	80,36 ±2,60	91,17 ±3,86	75,5 ±3,5	81,00 ±6,00	89,00 ±8,62	92,67 ±9,94	87,5 <sup>m</sup> ±10,5	94,5 ±6,5
Мо, с	0,73 <sup>n</sup> ±0,03	0,56 <sup>n</sup> ±0,03	0,80 ±0,03	0,74 ±0,06	0,70 ±0,06	0,63 ±0,06	0,67 <sup>m</sup> ±0,08	0,68 ±0,10
АМо, %	30,61 ±2,35	29,38 ±9,36	36,05 ±9,05	15,95 <sup>n</sup> ±0,15	44,1 <sup>m</sup> ±10,9	25,77 ±4,03	50,45 ±14,75	29,7 <sup>m</sup> ±7,3
ВР, с	0,49 ±0,04	0,41 ±0,02	0,26 ±0,02	0,52 <sup>n</sup> 0,03	0,32 ±0,10	0,39 ±0,06	0,16 <sup>m</sup> ±0,8	0,38 ±0,22
ИВР, у.е.	83,26 ±20,84	73,1 ±14,85	45,5 ±4,35	31,00 <sup>n</sup> ±1,30	196,1 <sup>m</sup> ±19,33	72,3 ±23,46	102,5 <sup>m</sup> ±55,5	151,95 <sup>m</sup> ±114,05
ПАПР, у.е.	40,69 ±1,49	56,2 ±3,54	45,15 ±9,35	21,65 <sup>n</sup> ±1,55	66,4 ±20,76	42,03 ±8,26	78,7 ±31,3	52,1 <sup>m</sup> ±23,00
ВППР, у.е.	4,84 ±0,62	4,46 ±1,16	5,03 ±0,03	2,65 <sup>n</sup> ±0,35	6,33 ±3,00	17,93 ±13,41	13,84 <sup>m</sup> ±8,37	6,35 ±4,15
ИН, у.е.	95,25 ±17,86	56,2 ±16,8	90,75 ±23,25	21,1 <sup>n</sup> ±2,6	157,03 ±99,28	59,56 <sup>n</sup> ±21,08	160,8 <sup>m</sup> ±33,2	126,8 <sup>m</sup> ±32,2

Примечание:

Достоверность различий между показателями:

n – в покое и после нагрузки;  
m – первого и второго года исследования.

В работе Р.А. Абзалова и др. (2004) показано, что совершенствование симпатической системы как регуляторного механизма насосной функции сердца при адаптации к мышечной деятельности является важным фактором. Физическая работа сначала стимулирует развитие самой симпатической системы, и одновременно это вызывает возрастное увеличение ЧСС. После достижения определенного уровня развития ЧСС и симпатической системы наблюдается снижение этих показателей в покое, что является способом накопления функциональной мощности для обеспечения предстоящей, более напряженной мышечной деятельности [1].

У юных велогонщиков в покое симпатические влияния достоверно усиливаются к концу третьего макроцикла, а после выполнения дозированной нагрузки – к концу четвертого макроцикла ( $P < 0,05$ ). ИН как в покое, так и под влиянием дозированной физической нагрузки достигает достоверной величины к концу четвертого макроцикла ( $P < 0,05$ ). Описанные изменения свидетельствуют об усилении симпатических влияний и увеличении степени активации центрального контура регуляции к концу второго макроцикла.

По нашему мнению, подобная картина может быть вызвана сочетанием нескольких факторов: значительным объемом работы циклического характера, выполняемой в зоне максимальной и умеренной мощности в процессе тренировки, и несовершенством механизмов регуляции микроциркуляции, обусловленной не только возрастом, но и особенностью работы велосипедиста, когда в одно и то же время организм выполняет нагрузку статического (пояс верхних конечностей, спина) и динамического (нижние конечности) характера.

Увеличение симпатических влияний и централизация процессов управления сердечным ритмом может служить донологическим признаком развивающегося переутомления вследствие влияния на организм тренировочных и соревновательных нагрузок. Осуществление лонгитюдных исследований вегетативной регуляции сердечного ритма позволяет выявить индивидуальный портрет ВСП спортсмена и оценить его функциональную готовность к соревнованиям.

Напряжение регуляторных систем, вызываемое нагрузкой малой мощности, говорит о повышении «цены адаптации», что ведет к неэкономному расходованию функциональных резервов и переутомлению.

Полученные данные свидетельствуют о том, что отделы ВНС работают согласованно, по принципу «функциональной синергии», а значит, рассогласования в работе систем организма, неизбежного при перенапряжении и срыве адаптационных механизмов, не

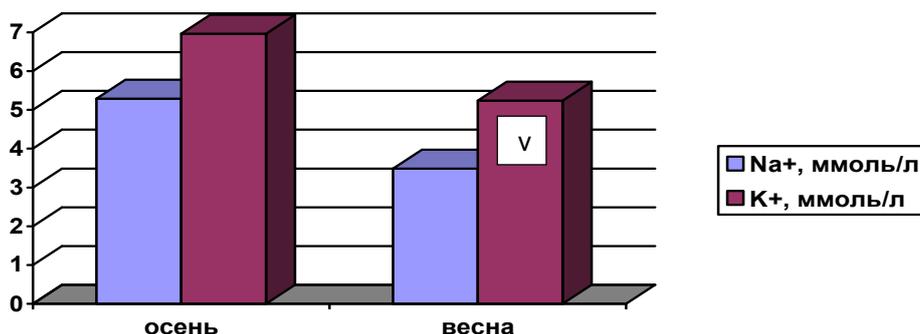
происходит. Физическая нагрузка приводит к усилению симпатических влияний от первого к третьему макроциклу в покое, и от второго к четвертому – после нагрузки. Одновременно наблюдается тенденция ослабления парасимпатических влияний (таблица).

Полученные данные позволяют говорить о значительных сдвигах в механизмах регуляции у мальчиков-велосипедистов, происходящих на фоне усиления активации корково-лимбических структур. Реагирование на нагрузку происходит по «автономно-центральному» варианту с увеличением значений индекса напряжения и амплитуды  $M_0$ , свидетельствующему о высокой цене адаптации к тренировочным нагрузкам, на что указывают и другие исследователи [19].

Это диктует необходимость проведения регулярного мониторинга состояния здоровья юных спортсменов, а также тщательного планирования тренировочного процесса.

Известно, что элементный баланс смешанной слюны подвержен значительным колебаниям, зависящим от генетических, временных, биосоциальных факторов [16].

Анализ динамики биохимических показателей мальчиков 10–12 лет, занимавшихся шоссейными велогонками, показал, что ко второму макроциклу ( $P < 0,05$ ) происходит уменьшение количества натрия и калия в слюне (рисунок).



*Динамика концентрации электролитов юных спортсменов 10–12 лет, занимавшихся велоспортом*

Примечание:

Достоверность различий между показателями:

v – в течение года.

Динамика коэффициента Na/K показала его снижение ко второму макроциклу ( $P < 0,05$ ). Мы расцениваем это как свидетельство напряжения регуляторных систем. Более высокие показатели электролитов в начале года, по всей видимости, объясняются большими физическими нагрузками из-за проходящих в это время соревнований.

По свидетельству A.R. Vilge и E. Jobin (1998), более высокий тонус симпатического отдела ВНС играет существенную роль в регуляции водно-солевого обмена. Симпатические нервы подходят к канальцам почки, сосудам, клеткам юкстагломерулярного аппарата и

влияют на ряд ее функций. Импульсы, поступающие по волокнам симпатических нервов, влияют на кровоток почки, скорость клубочковой фильтрации, реабсорбцию воды и ионов, а также секрецию в ней гормонов. Высокое содержание ионов  $\text{Na}^+$  в начале года может быть вызвано повышением концентрации мочевины в крови, свидетельствующим о напряжении регуляторных механизмов в период активизации ростовых процессов [21].

Активация центрального контура регуляции вызывает повышение активности центрального звена эндокринной системы, что приводит к изменению элементного состава смешанной слюны, на что указывает в своих работах Н.А. Агаджанян (2001, 2004) [2,3].

Снижение количества калия к концу исследования, по всей видимости, объясняется эндокринными перестройками, вызывающими задержку этого катиона и фиксацию его в растущих клетках в результате процессов синтеза белка и гликогена [20].

У школьников 10–12 лет хронотропная деятельность сердца преимущественно регулируется со стороны симпато-адреналовой системы с вовлечением центрального контура. На фоне тренировочных нагрузок происходят физиологические адаптационные сдвиги в механизмах регуляции сердечного ритма и биохимических показателей, в том числе коэффициент  $\text{Na}/\text{K}$  у юных спортсменов.

Таким образом, адаптация юных спортсменов 10–12 лет к тренировочным режимам требует проведения регулярного мониторинга за состоянием здоровья, а также тщательного планирования тренировочного процесса.

### Список литературы

1. Абзалов Р.А., Зиятдинова А.И., Абзалов Н.И. Регуляция насосной функции сердца в развивающемся организме // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, № 8. – С. 174.
2. Агаджанян, Н.А. Учение о здоровье и проблемы адаптации / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2000. – 204 с.
3. Агаджанян, Н.А. Десинхроноз: механизмы развития от молекулярно-генетического до организменного уровня / Н.А. Агаджанян, Д.Г. Губин // Физиология человека. – 2004. – Т. 35, № 2. – С. 57-72.
4. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. – С. 5-61.
5. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 295 с.
6. Баевский Р.М. Принципы прогнозирования состояния здоровья космонавтов и

результаты прогностических исследований во время длительных космических экспедиций // Физиологические исследования в космосе. – М.: Наука, 1983. – С. 200-228.

7. Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е. Ритм сердца у спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 144 с.

8. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.

9. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – С. 106-127.

10. Ванюшин Ю.С., Федоров Н.А. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов к нагрузке повышающейся мощности // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 3-2. – С. 41-43.

11. Денисов А.Б. Слюнные железы. Слюна. – М.: Изд-во РАИН, 2003. – 131 с.

12. Иорданская Ф.А. Электрокардиограмма и уровень электролитов крови в мониторинге функционального состояния студентов // Теория и практика физической культуры. – 2006. – С. 27.

13. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р. В. Рост и развитие скелетных мышц: периоды онтогенеза // Физиология развития человека: материалы междунар. конф., посвящ. 35-летию Института возрастной физиологии РАО. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 232-234.

14. Корниенко И.А., Сонькин В.Д. Онтогенез энергетического метаболизма // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 142-148.

15. Маслова Г.М., Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Онтогенез мышечной работоспособности: причины и следствия // Физиология развития человека: материалы междунар. конф. – М.: Вердана, 2009. – С. 61-62.

16. Радыш И.В., Орджоникидзе Г.З. [и др.]. Элементный состав временных зубов и смешанной слюны у детей // Вестник ОГУ. – 2006. – № 12. – С. 204-207.

17. Ревякин М.Ю. Комплексная оценка функционального состояния организма студентов института физической культуры с различным типом функциональных особенностей и спортивной специализации: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Томск, 2001. – 20 с.

18. Соломина Т.В., Вовченко Л.И. Планирование тренировочного процесса пловцов на основе непрерывного контроля сердечного ритма // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 4. – С. 28-30.

19. Шлык Н.И. Сердечный ритм, и центральная гемодинамика при физической активности у детей. – Ижевск, 1991. – 196 с.
20. Яковлев Н.Н. Биохимия спорта. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 288 с.
21. Circadian variation of autonomic tone assessed by heart rate variability analysis in healthy subjects and in patients with chronic heart failure / A.R. Bilge, E. Jobin [et al.] // Eur. Heart J. 1998. 19 (Suppl.). P. 369.
22. Malliani A., Pagani M., Lombardi F., Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain // Circulation 84. 1994. P. 482-492.