

РОЛЬ ВЕГЕТАТИВНО-РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ В ФОРМИРОВАНИИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ПУБЕРТАТНОГО ПЕРИОДА У ДЕТЕЙ

Л. К. Антонова, С. М. Кушнир

*Кафедра поликлинической педиатрии и неонатологии
 ФГБОУ ВО Тверской государственной медицинской университет Минздрава России, Тверь*

Аннотация. В статье представлены данные о функциональных особенностях управляющих механизмов вегетативной регуляции у детей на этапах постнатального онтогенеза и их роли в формировании морфофункциональной перестройки периода полового созревания.

Ключевые слова: дети, вегетативная регуляция, механизмы управления.

THE ROLE OF AUTONOMIC-REGULATORY MECHANISMS IN FORMATION OF MORPHOFUNCTIONAL RESTRUCTURING OF THE PUBERTAL PERIOD IN CHILDREN

L. K. Antonova, S. M. Kushnir

Tver State Medical University

Abstract. The article presents data on the functional features of the controlling mechanisms of autonomic regulation in children at the stages of postnatal ontogenesis and their role in the formation of morphofunctional restructuring of puberty.

Key words: children, autonomic regulation, control mechanisms.

Введение

Несмотря на научные достижения в понимании деятельности регуляторных систем, функциональная модель вегетативной регуляции (ВР) со времен В. В. Парина и Р. М. Баевского [1] не претерпела значительных изменений. Представления о регуляторных механизмах у детей построены на «взрослых» аналогиях: без учета возрастных особенностей, носят разноречивый характер и не дают целостного представления [2, 3]. Следует констатировать, что вопросы, касающиеся подготовки и формирования морфофункциональной перестройки периода полового созревания у детей со стороны управляющих регуляторных систем, в литературе освещены весьма противоречиво и не нашли системного изложения [4, 5]. В то же время закономерности становления репродуктивной функции, детерминированные механизмами вегетативной регуляции, продолжают волновать и требуют пристального их изучения [6, 7].

Цель исследования: дать научное обоснование роли управляющих вегетативно-регуляторных механизмов в подготовке и формировании морфофункциональных преобразований пубертатного периода у здоровых детей на этапах постнатального онтогенеза.

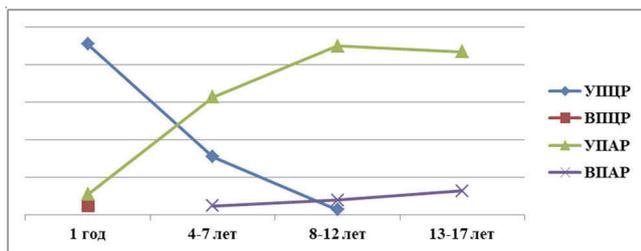
Материал и методы исследования

Обследованы дети в возрастных группах: 1-го года жизни, 4–7 лет, 8–12 лет и подростки 13–17 лет. Число детей во всех группах в каждом возрастном периоде было сопоставимо. Соотношение мальчиков и девочек в группах обследования достоверно не различалось. Фоновые и ортостатические параметры ВР исследовались методом анализа вариабельности сер-

дечного ритма (ВСП) [8–10]. Использовался вегетотестер «ВНС-Микро» — 2000 Гц. Запись проводилась на коротких участках (не менее 500 кардиоциклов) с последующей обработкой с помощью программы «Поли-Спектр» «Нейрософт» (Россия). Статистический анализ проводился с помощью программы «Statistica» и включал методы Манна — Уитни и Краскела — Уоллиса.

Результаты исследования и обсуждение

Механизм межконтурной трансформации (МКТ). Выявленный в процессе многолетних исследований (2008–2022) механизм МКТ, по нашему представлению, является унитарным морфофункциональным преобразовательным процессом перехода от энергетически затратной централизации ВР в управлении функциональными системами, доминирующей у детей до 6–8-летнего возраста, к оптимальному, с точки зрения адаптологии, энергосберегающему режиму регуляторной автономии, свойственный детям подросткового возраста. Именно процессы, ассоциированные с механизмом МКТ, определяют возрастной уровень функционирования ВР, лежат в основе биологического детерминизма подготовки к морфофункциональной перестройке пубертатного периода и формирования репродуктивной функции. Ниже, на рисунке 1, приведены данные типологических особенностей ВР в зависимости от возраста ребенка, наглядно раскрывающие суть МКТ.

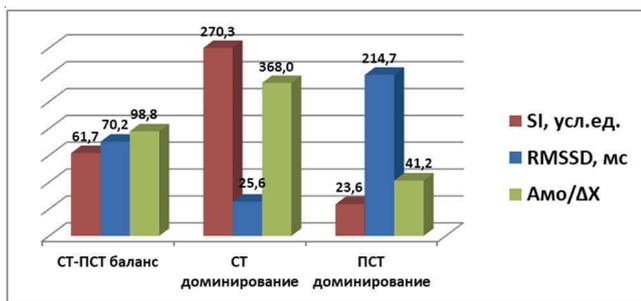


Примечание:

УПЦР — умеренное преобладание центральной регуляции, ВПЦР — выраженное преобладание центральной регуляции, УПАР — умеренное преобладание автономной регуляции, ВПАР — выраженное преобладание автономной регуляции

Рис. 1. Возрастная динамика типологических особенностей вегетативной регуляции в различные периоды детства, %

Компенсаторный механизм. Раскрывая суть управляющих процессов вегетативного гомеостаза (ВГС), прежде всего, следует обратиться к компенсаторному механизму, регулируемому уровнем межконтурной, центральной и автономной, сбалансированности, определяющей возрастную компетентность управления функциональными системами. К этому следует добавить, что с помощью компенсаторного механизма регулируется адекватно допустимый уровень симпатической (СТ) и парасимпатической (ПСТ) активности, упрещающий за пределы ее отклонения, обеспечивая тем самым гомеостатическую сохранность функциональных систем в целом (рис. 2).



Примечание:

SI, усл. ед. — интегральный показатель СТ напряженности, RMSSD, мс — репрезентативный показатель ПСТ активности, АМо/ΔX — индекс вегетативного баланса

Рис. 2. Роль компенсаторного механизма в формировании СТ и ПСТ доминирования в системе ВР у детей (по данным временного анализа ВСР)

На рисунке 2 показаны сдвиги в системе межконтурного взаимодействия, детерминированные компенсаторным механизмом ВГС. Показано, что снижение ПСТ стимуляции (RMSSD, мс) на 63,6 % индуцировало подъем СТ активности (SI, усл. ед.) в 3,4 раза, что подтверждалось приростом индекса вегетативного баланса (АМо/ΔX) в 2,7 раза (все $p < 0,05$). В то же время, согласно функционированию компенсаторного механизма, ремиссия СТ напряженности на 61,8 % сгенерировала ПСТ активацию в 3,0 раза (все $p < 0,05$). Изменения, приведенные на рисунке 2, отражают типичные варианты межконтурного взаимодействия на этапах постнатального онтогенеза.

Фазовый механизм. Анализируя возрастную динамику, было замечено, что ВР процессы у детей носят фазовый характер, периодичность которого ассоциирована с возрастом. На рисунке 3 приведены данные о различиях фазовых детерминант СТ (SI, усл. ед.) и ПСТ (RMSSD, мс) у здоровых детей в различные периоды детства.

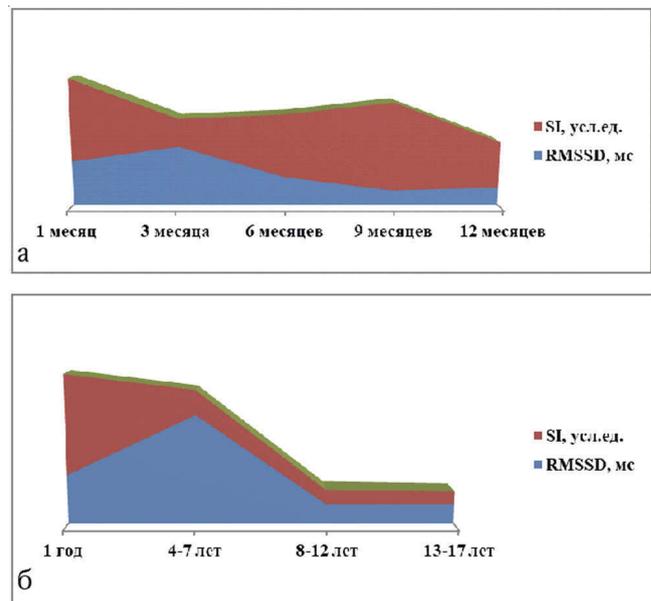


Рис. 3. Фазовый характер вегетативно-регуляторных процессов у здоровых детей:

а — первого года жизни
б — различные периоды детства

Прерогатива периодизации наиболее значимых возрастных эпизодов регуляторного континуума у детей реализуется посредством фазового механизма ВГС и в отношении функциональных систем организма обеспечивает управляющую адекватность.

Вариативный механизм. Как известно, вариативность — есть особое качество, присущее регуляторным процессам [11, 12] в зависимости от регуляторной направленности ВГС, ассоциированной с возрастом ребенка. В этом аспекте вариативность параметров ВР приобретает особую значимость, причем не только в адаптационном аспекте. Результаты исследования позволяют считать, что природа регуляторной вариативности управляема и контролируема вариативным механизмом, определяющим частотные характеристики вариативности управляющих параметров ВГС. Подтверждением сказанного могут служить, так называемые, классы ритмограмм [9] (рис. 4).

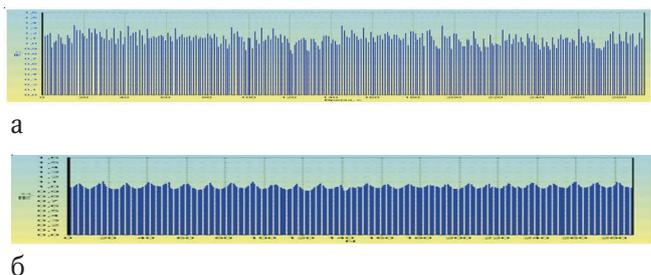


Рис. 4. Вариативность частотных характеристик суммарной мощности волн спектра ВР:
а — симпатической; б — парасимпатической активности

Следует утверждать, что, как и компенсаторный, и фазовый механизмы ВГС, так и вариативный механизм создает регуляторную матрицу адаптационной функции, ее механизмов исходного уровня и гипердаптации.

Основой адаптационного механизма исходного уровня следует считать закон Дж. Уайлдера (1962), согласно которому, чем выше напряженность исходного уровня, тем меньший ответ на воздействие возмущающих стимулов. Речь идет о механизме предотвращения риска перенапряжения регуляторных систем. В противном случае, высокая исходная эрготропия, усиленная антистрессорной симпатoadrenalовой реакцией до критического уровня перенапряжения, неизменно привела бы к существенным энергометаболическим затратам, истощению энергометаболического резерва ВР и адаптационному полому.

Что касается механизма гипердаптации, то его действие заключается в способности удержания антистрессорной (эрготропной) активации на максимально безопасном для функциональных систем уровне, не превышающем удельную мощность энергометаболического диапазона очень низких частот (VLF) в спектре ВСР — более 30,0 % [10]. Гипердаптация несет в себе защитную функцию, позволяя длительное время сохранять довольно высокий антистрессорный потенциал в пределах энергометаболического бюджета вегетативной регуляции.

Следует полагать, что формирование регуляторных процессов, направленных на управление морфофункциональными преобразовательными процессами пубертатного периода, берет начало уже в периоде раннего детства. Вначале — это высокая эрготропная активность, как защита от средовых стресс-факторов, затем под воздействием механизма МКТ осуществляется переход от высокозатратной управляющей централизации к экономизированному режиму управляющей автономии в периоде полового созревания.

С позиций математического моделирования сердечного ритма, управляющие механизмы ВР у детей следует рассматривать как перманентно развивающийся мультифакторный колебательный ритм, определяемый уровнем межконтурного взаимодействия, постоянно изменяющийся, синергично или антагонистически, в зависимости от возрастных вызовов.

Результаты исследования представляются важными для практикующего врача как в качестве объективизации оценки уровня и группы здоровья, так и проведении дифференциальной диагностики с часто встречающейся в подростковом возрасте вегетативной дисфункцией.

Заключение

Вегетативная регуляция у детей представляет собой систему управляющих механизмов, определяющих как возрастную компетентность, так и адаптивные реакции. Следует полагать, что в основе вегетативно-регуляторных механизмов лежат биологически детерминированные процессы управления морфофункциональными преобразованиями пубертатного периода на этапах постнатального онтогенеза. Систематизированные аспекты регуляторных ме-

ханизмов ВР у детей позволяют судить о глубинных вегетативно-регуляторных процессах, определяющих уровень функционирования органов и систем растущего организма.

Список источников /References

1. Парин В.В., Баевский Р.М. Введение в медицинскую кибернетику. Москва: Медицина. 1966: 206.
2. Неудахин Е. В., Морено И. Г. Углубление представлений о некоторых механизмах формирования хронического стресса. Вопросы практической педиатрии. 2016; 5: 28–37.
3. Алферова О.П., Осин А.Я. Особенности вегетативной регуляции и интегрированных показателей адаптированности сердечно-сосудистой системы у подростков. Современные проблемы науки и образования. 2012; 2: 113.
4. Пушкарев Ю.П., Герасимов А.П. Возрастные особенности сомато-вегетативного взаимодействия. Воронцовские чтения: матер. V рег. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург. 2012: 178–179.
5. Пшеничная Е.В. Оценка вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы мальчиков-подростков предпризывного возраста. Врач. 2018; 1: 57–59. doi: 10.29296/25877305-2018-01-17
6. Антонова Л.К., Кушнир С.М. Вегетативная регуляция у детей в постнатальном онтогенезе. Тверь: ред.-изд. центр Тверского ГМУ. 2018: 186.
7. Ушаков И.Б., Орлов О.И., Баевский Р.М., Берсенева Е.Ю., Черникова А.Г. Новые технологии оценки здоровья у практически здоровых людей. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2013; 99 (3): 313–319.
8. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. Москва: Слово. 2008: 176.
9. Жемайтис Д.И. Ритмограмма как отражение особенностей регуляции сердечного ритма. Ритм сердца в норме и патологии. Вильнюс. 1970: 99–111.
10. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». 2009: 255.
11. Калюжный Е.А., Кузмичев Ю.Г., Крылов Виктор Николаевич, Михайлова С.В., Жулин Н.В. Вегетативная регуляция функциональной адаптации школьников. Современные научные исследования и инновации. 2014; 4 : 1. — URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/04/33298> (дата обращения: 30.03.2023).
12. Киселев А.Р., Гриднев В.И. Колебательные процессы в вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал. 2011; 7 (1): 34–39.

Антонова Людмила Кузьминична (контактное лицо) — д. м. н., профессор; профессор кафедры поликлинической педиатрии и неонатологии ФГБОУ ВО Тверской государственной медицинской университет Минздрава России; 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4; Тел. 8-920-693-46-82; e-mail: antonova.lk@yandex.ru

Поступила 22.01.2023.