

© Сабирьянов А.Р., Сабирьянова Е.С., 2004

А.Р. Сабирьянов, Е.С. Сабирьянова

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАбельНОСТИ СОСУДИСТОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО И СРЕДНЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Челябинская государственная медицинская академия, г. Челябинск, РФ

Авторы изучали вариабельность сосудистого кровообращения детей младшего и среднего школьного возрастов. Выявлены особенности влияния факторов регуляции на амплитуду пульсации аорты, артериальное давление и кровообращение в терминальных сосудах.

Authors studied variability of circulation in junior and senior schoolchildren. They showed influence of regulatory factors upon amplitude of aorta pulsation, on blood pressure and on circulation in terminal vessels.

Колебания в природе — широко распространенный процесс. Они имеют различное происхождение и свойства. По мнению Ю.А. Романова [1], ритмичность функционирования структур организма является системообразующим свойством, которое обеспечивает согласование физиологических процессов. При этом характерной чертой временной организации биосистем служит одновременное присутствие колебаний разных частот в рамках одного из них [2].

По данным многих авторов [3—5], вариабельность функции органов и систем является одним из достоверных маркеров работы уровней регуляции. Учитывая это, изучение колебательных процессов, в частности гемодинамики детей, предоставляет возможность исследовать неинвазивным путем онтогенетические процессы системы регуляции.

Несомненный интерес в этом смысле вызывает период начала полового созревания, характеризующийся напряжением деятельности многих нейрогуморальных и гормональных механизмов, который ведет к перестройке функционирования всех систем и ограничению возможности адаптации к изменениям внешних и внутренних факторов [6].

Целью данного исследования явилось изучение вариабельности сосудистого кровообращения детей младшего и среднего школьного возрастов.

Материалы и методы исследования

В исследованиях участвовали дети младшего (163 девочки и 158 мальчиков) и среднего (17 девочек и 143 мальчика) школьного возрастов первой медицинской группы, не посещающие спортивные секции.

Исследования проводили при помощи биоимпедансной тетраполярной реополиграфии на базе компьютерной системы «Кентавр II РС» фирмы «Микролюкс» (рекомендована к производству и применению в медицинской практике протоколом № РОСС.RU.АЮ 45.В00211 от 28.11.2002).

В системе «Кентавр» амплитуда пульсации аорты (АПА, мОм) регистрируется при помощи трансторакальной реограммы; амплитуда пульсации пальца кисти (АППК, мОм) — при помощи пульсоксиметрического датчика; систолическое артериальное давление (САД, мм рт.ст.) рассчитывается по скорости распространения пульсовой волны между зубцом R электрокардиограммы и пиком первой производной пульсовой волны микрососудов пальца.

Спектральный анализ полученных за 500 кардиоинтервалов показателей сосудистого кровообращения проводили компьютерной программой, использующей метод быстрого преобразования Фурье. Изучали общую мощность спектра (ОМС, усл. ед.), середину спектра колебаний (Fm, Гц), моду спектра (Mo, Гц), распределение мощности по 4 диапазонам (усл. ед. и %).

Учитывая психомоторные особенности детей данного возраста, все результаты спектрального анализа подвергали 60% фильтрации, что позволило устранить помехи и погрешности в процессе регистрации показателя.

Для определения статистической достоверности различий абсолютных показателей использовали критерий Стьюдента, относительных — Фишера.

При интерпретации результатов спектрального анализа считалось, что самые низкочастотные колебания связаны с активностью метаболитов (UVLF 0—0,025 Гц); очень низкочастотные колебания (VLF 0,025—0,075 Гц) — с гуморальной регуляцией; низкочастотные колебания (LF 0,075—0,15 Гц) — с активностью симпатической нервной системы; высокочастотные (HF 0,15—0,5 Гц) — с воздействиями блуждающего нерва [3, 7].

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 приводятся результаты спектрального анализа колебаний АПА обследованных детей. Как видно из табл. 1, к среднему школьному возрасту, несмотря на увеличение ударного объема, у детей наблюдается снижение АПА. Это может быть связано с некоторым повышением упругости аорты в данном возрасте и снижением сопротивления аортальному кровотоку за счет увеличения сосудис-

Таблица 1

**Результаты спектрального анализа variability амплитуды
пульсации аорты детей младшего и среднего школьного возраста**

Показатели	Девочки		Мальчики	
	младший школьный возраст	средний школьный возраст	младший школьный возраст	средний школьный возраст
АПА, мОм	281,54±4,53	259,68±3,83	247,2±4,21	226,13±4,09
ОМС, усл. ед.	430,5±18,65	397,28±18,02	446,04±14,17	370,54±14,65
Fm, Гц	0,25±0,013	0,2±0,011	0,28±0,012	0,22±0,012
Mo, Гц	0,25±0,013	0,19±0,012	0,26±0,013	0,21±0,013
UVLF, усл. ед./%	42,75±5,5	38,67±5,32	15,9±3,46	22,61±4,25
	9,93%	9,73%	3,56%	6,1%
VLF, усл. ед./%	96,07±9,03	86,01±9,56	48,09±8,12	50,97±6,47
	22,31%	21,65%	10,78%	13,75%
LV, усл. ед./%	58,51±9,15	69,13±9,11	40,15±6,19	53,3±7,54
	13,59%	17,4%	9,0%	14,38%
HF, усл. ед./%	233,16±15,44	203,47±17,66	341,9±17,32	243,65±12,54
	54,16%	51,21%	76,65%	65,75%

того бассейна в результате ростовых процессов. При этом у мальчиков в среднем школьном возрасте наблюдается снижение ОМС колебаний АПА, что свидетельствует об уменьшении круга факторов, способствующих variability показателя [3].

Середина спектра колебаний АПА во всех возрастно-половых группах располагается в HF диапазоне, т.е. основные колебания показателя определяются дыхательными движениями. Это подтверждается тем, что частота наиболее выраженного пика (Mo) на спектрограмме пульсации аорты не отличается от частоты дыхания детей. Однако при анализе распределения мощности колебаний по 4 диапазонам спектра видно, что variability АПА связана и с другими факторами. Учитывая, что аорта — упруго-эластический орган с незначительной долей гладкой мускулатуры, можно полагать, что более низкочастотная variability определяется колебаниями ритма сердца, ударного объема и общего периферического сопротивления сосудов. При этом у девочек в среднем школьном возрасте, несмотря на снижение ОМС, распределение мощности в диапазонах не изменяется, а у мальчиков фиксируется снижение variability в HF и относительное снижение доли колебаний в LF, что может быть связано с изменениями variability кардиодинамики и более мелких сосудов, так как в данном возрасте мы не выявили детей, частота дыхания которых составляла менее 0,15 Гц.

Если variability АПА вызывается вполне очевидными причинами, то механизмы волновой активности артерий и терминальных сосудов сложны. Это, в первую очередь, связано с тем, что на

просвет сосудов регулирующее влияние оказывает широкий спектр нейрогуморальных факторов.

В табл. 2 представлены результаты спектрального анализа variability САД детей младшего и среднего школьного возрастов. Как видно из табл. 2, на фоне возрастного повышения САД практически не меняется количество и интенсивность регуляторных влияний (ОМС), определяющих variability показателя. Во всех возрастно-половых группах Fm и Mo волновой активности САД располагается в VLF диапазоне, где колебания показателя связаны с влиянием гуморальных факторов, которыми могут являться гуморальные катехоламины [8, 9], ренин-ангиотезиновая система [5] и нейросимпатические влияния, вызывающие колебания от 0,04 до 0,12 Гц [10]. Причем статистически достоверное снижение частоты колебаний САД может быть связано с тем, что к среднему школьному возрасту повышается роль более низкочастотных осцилляторов, таких, как норадреналин или симпатические холинергические волокна [8, 11].

При анализе распределения мощности колебаний по 4 диапазонам спектра выявлено преобладание VLF и, в меньшей степени, UVLF, что свидетельствует о ведущей роли гуморально-метаболических факторов в регуляции АД у детей.

В среднем школьном возрасте у девочек наблюдается значительное повышение мощности в LF и снижение относительного распределения ОМС в UVLF диапазоне. Следовательно, у девушек повышение САД сопровождается снижением активности метаболических факторов, имеющих, по-видимому, вазодилатирующие свойства, и повышением симпатических влияний.

Таблица 2

Результаты спектрального анализа вариабельности систолического артериального давления детей младшего и среднего школьного возраста

Показатели	Девочки		Мальчики	
	младший школьный возраст	средний школьный возраст	младший школьный возраст	средний школьный возраст
САД, мм рт. ст.	105,06±1,21	117,83±0,87	104,86±0,93	115,08±0,85
ОМС, усл. ед.	11,43±0,97	13,51±0,54	11,12±0,77	12,55±1,15
Fm, Гц	0,043±0,0028	0,032±0,001	0,034±0,0009	0,029±0,0004
Mo, Гц	0,042±0,0028	0,028±0,0011	0,03±0,0009	0,025±0,0004
UVLF, усл. ед./%	3,77±0,4	2,92±0,18	2,81±0,41	3,28±0,5
	32,98%	21,61%	25,27%	26,13%
VLF, усл. ед./%	6,28±0,61	7,49±0,38	6,5±1,01	7,86±1,78
	54,94%	55,44%	58,45%	62,63%
LV, усл. ед./%	1,33±0,21	3,06±0,18	1,75±0,21	1,42±0,19
	11,64%	22,65%	15,74%	11,31%
HF, усл. ед. /%	0,05±0,011	0,04±0,009	0,06±0,011	0±0
	0,44%	0,3%	0,54%	0%

У мальчиков среднего школьного возраста статистически достоверных изменений распределения мощности колебаний по диапазонам не наблюдается. Это может быть связано с тем, что у мальчиков выявляются только качественные изменения в системах регуляции, либо ведущую роль в возрастном повышении АД играют собственные, миогенные механизмы. С другой стороны, изменения в диапазонах спектра девушек могут быть обусловлены препубертатными нейроэндокринными изменениями, которые возникают раньше, чем у мальчиков.

Функционирование периферического звена кровообращения на уровне артериол, прекапиллярных сфинктеров, капилляров и венул лишь частично обеспечивается нейрогуморальными механизмами регуляции [12]. В большей степени в обеспечении адекватности периферического кровотока играют роль различные метаболические факторы. При этом под метаболическими факторами регуляции тонуса кровеносных сосудов подразумеваются химические вещества, накапливающиеся в межклеточной среде тканей и оказывающие влияние на гладкие мышцы близлежащих сосудов [13].

К метаболическим факторам, которые могут оказывать влияние на периферическое кровообращение, относятся двуокись углерода, молочная и другие кислоты цикла Кребса, аденозин и его предшественники, также различные ионы и биологически активные вещества, вырабатываемые во многих органах — гистамин, серотонин, брадикинин, оказывающие прямое воздействие, в первую очередь, на близлежащие сосуды. Однако в последнее время большое внимание уделяется секреторной активности самого эндотелия сосудов, который вырабатывает такие веще-

ства, как простагландины, тромбоксаны, лейкотриены, гидроксизэйкозаноиды, эндотелин, NO и др., которые также оказывают прямое сосудорасширяющее или сосудосуживающее влияние [14, 15].

По данным многих авторов, вариабельность периферического кровообращения в UVLF диапазоне определяется именно различными метаболическими факторами регуляции [4].

В табл. 3 представлены результаты спектрального анализа вариабельности пульсации пальца кисти детей младшего и среднего школьного возраста. Как видно из табл. 3, к среднему школьному возрасту наблюдается снижение АППК, что, в первую очередь, связано с повышением тонуса сосудов терминального русла. На фоне этого у девочек наблюдается статистически достоверное снижение ОМС колебаний показателя. По данным корреляционного анализа, величина пульсации пальца кисти и его ОМС связаны прямо пропорционально. Следовательно, чем шире круг регуляторных воздействий на периферическое кровообращение, тем выше кровоток в терминальных сосудах. По-видимому, большинство факторов, оказывающих влияние на мелкие сосуды, обладают сосудорасширяющими свойствами, с возрастом наблюдается их снижение, тем самым повышается роль вазоконстрикторов.

Динамика частотных характеристик вариабельности имеет некоторые различия, зависящие от пола обследуемых. В частности, у девушек наблюдается увеличение частоты колебаний АППК, а у мальчиков статистически достоверных изменений не наблюдается. Однако ведущий осциллятор (Mo спектра) смещается в диапазон метаболических влияний. Можно предположить, что снижение

Таблица 3

**Результаты спектрального анализа вариабельности амплитуды пульсации
пальца кисти детей младшего и среднего школьного возраста**

Показатели	Девочки		Мальчики	
	младший школьный возраст	средний школьный возраст	младший школьный возраст	средний школьный возраст
АППК, мОм	52,26±2,55	38,6±3,47	89,55±2,34	78,48±2,64
ОМС, усл. ед.	337,6±40,59	153,59±26,42	573,32±45,73	475,89±31,07
Fm, Гц	0,025±0,0007	0,031±0,0012	0,026±0,0008	0,027±0,0007
Mo, Гц	0,024±0,0007	0,028±0,0016	0,025±0,0008	0,023±0,0007
UVLF, усл. ед./%	142,52±19,21	51,78±11,39	222,4±20,67	171,34±18,35
	42,21%	33,71%	38,79%	36,0%
VLF, усл. ед./%	186,74±22,04	93,59±14,92	323,62±26,5	257,04±18,12
	55,33%	60,93%	56,45%	54,01%
LV, усл. ед./%	8,34±2,17	8,21±2,01	27,33±4,59	47,5±5,18
	2,47%	5,34%	4,77%	9,98%
HF, усл. ед.	0±0	0±0	0±0	0±0

АППК у девочек связано с повышением роли ренин-ангиотензиновой системы в регуляции периферического сосудистого тонуса [5], а у мальчиков — гуморального норадреналина [8]. Однако это только предположение и, несомненно, таковыми могут являться местные метаболические факторы.

По мощности колебаний в диапазонах спектра видно, что основная вариабельность АППК во всех возрастно-половых группах связана с гуморальными факторами регуляции. У девочек в среднем школьном возрасте снижение ОМС связано с уменьшением колебаний в UVLF и VLF диапазонах, однако относительное снижение мощности наблюдается только в самой низкочастотной части спектра. При этом наблюдается статистически достоверный рост относительной мощности LF колебаний, что свидетельствует о некотором повышении роли симпатических влияний на периферическое кровообращение.

У мальчиков в среднем школьном возрасте статистически достоверно мощность снижается только в VLF диапазоне, при этом относительное распределение не изменяется. Кроме того, наблюдается значимое увеличение вариабельности, связанной с нейросимпатическими влияниями (LF), что проявляется ростом абсолютной и относительной мощности колебаний в данном диапазоне. Следовательно, в возрастных изменениях периферического кровообращения определенную роль играет и вегетативная нервная система.

Заключение

Таким образом, проведенный спектральный анализ вариабельности показателей сосудистого кровообращения выявил, что колебания величины пуль-

сации аорты у детей младшего и среднего школьного возрастов тесно связаны с дыхательными движениями. При этом динамика частотных характеристик АПА определяется возрастными изменениями частоты дыхания.

Вариабельность АД обследованных детей связана с очень низкочастотным диапазоном, который определяется гуморальными факторами регуляции. При этом к среднему школьному возрасту наблюдается снижение частоты колебаний АД, что связано с качественными изменениями в уровнях регуляции показателя.

Величина кровообращения в терминальных сосудах у обследованных детей находится в прямой зависимости от совокупности регулирующих периферическое кровообращение факторов. При этом возрастные изменения колебаний пульсации пальца кисти у девочек проявляются снижением вариабельности в самых низкочастотных и очень низкочастотных диапазонах, связанных с гуморально-метаболической регуляцией, на фоне увеличения частоты медленноволновых колебаний показателя. У мальчиков в среднем школьном возрасте фиксируется снижение колебаний, связанных с гуморальными факторами.

В обеих возрастных группах с возрастом наблюдается умеренное увеличение нейросимпатических влияний на периферическое кровообращение.

Преимуществами биоимпедансного мониторинга сосудистого кровообращения у детей с использованием компьютерных технологий являются неинвазивность, простота проведения и возможность быстрой оценки вариабельности показателей, а следовательно, активности уровней регуляции. Спектральный анализ позволяет выявлять не только доно-

зологические изменения в системе регуляции сосудистого тонуса, но и дифференцировать уровень вегетативных влияний при возникновении сосудистых дистоний. В частности, исследования показывают, что для здоровых детей периода отрочества характерны очень низкочастотные колебания АД и плетизмографической кривой. Следовательно, рост низкочастотных колебаний будет свидетельствовать об увеличении нейросимпатических влияний, склонности к спастическим реакциям и повышению АД. При этом клинические прояв-

ления могут еще не выявляться. Рост самых низкочастотных колебаний будет свидетельствовать об увеличении активности высших центров вегетативной регуляции, в частности, системы «гипоталамус — гипофиз», которая через симпатикоадреналовые механизмы также будет способствовать повышению тонуса сосудов и АД. Таким образом, высокая мощность сверхнизкочастотных и/или низкочастотных медленноволновых колебаний является признаком дистонии разных уровней вегетативной регуляции сосудистого тонуса.

ЛИТЕРАТУРА

См. online-версию журнала <http://www.pediatrjournal.ru> № 2/2005, приложение № 4.

© Коллектив авторов, 2004

И.В. Плотникова, И.А. Ковалев, И.В. Трушкина, Г.П. Филиппов

СУТОЧНЫЙ РИТМ И ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ С СИНДРОМОМ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

ГУ НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН, г. Томск, РФ

Обследовано 107 подростков с синдромом артериальной гипертензии (АГ) в возрасте 12—18 лет. Дети с вторичными формами АГ в исследование не включались. Изучены особенности суточного профиля артериального давления (АД) по данным суточного мониторирования АД. Все подростки были разделены на 3 группы: 1-я — 37 детей с синдромом вегетативной дисфункции, 2-я — 43 — с лабильной АГ и 3-я — 27 детей с эссенциальной АГ. Выявлено, что у подростков по мере повышения АД снижается вариабельность АД и частоты сердечных сокращений. У пациентов с эссенциальной АГ изменения суточного ритма наиболее подвержено систолическое АД в виде недостаточного снижения в ночное время. Анализ вариабельности и показателей суточного индекса АД может быть использован при определении группы риска по развитию гипертонической болезни.

Authors examined 107 adolescents in the age 12—18 years old with arterial hypertension (AH), excluding secondary hypertension. Peculiarities of daily BP profile were studied by 24-hour BP monitoring. All the patients were divided on 3 groups: 1—37 children with syndrome of neurocirculatory dysfunction; 2—43 children with labile AH and 3—27 children with stable AH. Authors showed that AD and BPM variability were decreased correspondingly to degree of hypertension. Patients with essential AH had changes in systolic AD daily variability («non-dippers» in night time). Analysis of BP parameters and variability can be used in determination of with high risk of AH development.

В настоящее время существует обоснованное мнение о том, что значительная часть взрослого контингента больных гипертонической болезнью формируется из детей и подростков с повышенным артериальным давлением (АД) [1]. По данным разных авторов, распространенность АГ в детском и подростковом возрасте составляет от 4,8 до 18% [2]. В г. Томск повышенные цифры АД выявлены у 11% подростков [3]. Диагностика артериальной гипертензии (АГ) у детей и подростков представляет определенные сложности, так как величина АД зависит от физического развития, особенностей течения пубертатного периода, которому свойственны

изменение гормонального статуса и появление новых нейрогуморальных соотношений [2, 4, 5]. Многие проблемы диагностики изменения АД на ранних этапах могут быть решены с использованием суточного мониторирования АД (СМАД). У детей и подростков роль данной методики изучена недостаточно, сведения о нормативах СМАД у подростков противоречивы, не оценена практическая значимость этой методики в диагностике и дифференциальной диагностике АГ у подростков.

Целью исследования являлась оценка суточного ритма и вариабельности АД у подростков с синдромом АГ.

1. Романов Ю.А. // Вест. РАМН. — 2000. — № 8. — С. 8—11.
2. Агулова Л.П. // Биофизика. — 1998. — Т. 43, № 4. — С. 571—574.
3. Астахов А.А. // 2-й Всерос. симп. и 3-я Всерос. научно-практическая конференция с международным участием. «Инжиниринг в медицине. Колебательные процессы гемодинамики. Пульсация и флюктуация сердечно-сосудистой системы». — Челябинск, 2002. — С. 217—227.
4. Баевский Р.М., Чернышов М.К. // Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. — М., 1976. — С. 174—186.
5. Akselrod S., Gordon D., Madwed J.B. et al. // Am. J. Physiol. — 1985. — Vol. 249. — H867—H875.
6. Фарбер Д.А., Семенова Л.К., Алферова В.В. Физиология подростка. — М., 1988. — 205 с.
7. Di Rienzo M., Parati G., Castiglioni P. et al. // Am. J. Physiol. — 1991. — Vol. 251, № 6. — Pt. 2. — H1811—H1818.
8. Навакатикян А.О., Крыжановская В.В. Возрастная работоспособность умственного труда. — Киев, 1979. — 207 с.
9. Cohen G.J., Silverman A. // Psychosom. Res. — 1959. — Vol. 3. — P. 185—210.
10. Pomeranz M., Macaulay R.J.B., Caudill M.A. et al. // Am. J. Physiol. 1985. Vol. 248. — H151—H153.
11. Кассиль Г.Н. Вегетативное регулирование гомеостаза внутренней среды. — Л., 1981. С. 536—572.
12. Иванов К.П. // Физиол. журн. им. Сеченова. — 1995. — Т. 81, № 6. — С. 2—18.
13. Демченко И.Т. // Физиология кровообращения: регуляция кровообращения. — Л., 1986. С. 67—90.
14. Марков Х.М. // Успехи физиологических наук. — 2001. — Т. 32, № 3. — С. 49—65.
15. Cines D.B., Pollak E.S., Buck C.A. et al. // Blood. — 1998. — Vol. 15, № 10. — P. 3527— 3561.