

# ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.16:613.9

Оригинальная статья

## ПОЛОВЫЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АОРТАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ У ЗДОРОВЫХ ПОДРОСТКОВ

*А. М. Шевелева* — ФГБОУ ВО «Волгоградский ГМУ» Минздрава России, аспирант кафедры нормальной физиологии.

## GENDER AND AGE PECULIARITIES OF AORTIC PRESSURE IN HEALTHY ADOLESCENTS

*A. M. Sheveleva* — Volgograd State Medical University, Department of Normal Physiology, Post-graduate.

Дата поступления — 09.04.2018 г.

Дата принятия в печать — 17.05.2018 г.

*Шевелева А. М.* Половые и возрастные особенности аортального давления у здоровых подростков. Саратовский научно-медицинский журнал 2018; 14 (2): 197–200.

**Цель:** выявить гендерные и возрастные особенности суточной динамики систолического давления в аорте (САДао), диастолического давления в аорте (ДАДао), среднего гемодинамического давления в аорте (СрАДао), а также пульсового давления в аорте (ПАДао) у здоровых детей подросткового возраста. **Материал и методы.** Суточное мониторирование артериального давления проведено у 354 здоровых подростков (184 девушки, 170 юношей) 12–17 лет. **Результаты.** У девушек уровень САДао и ПАДао был достоверно ниже, чем у юношей, в течение дня, ночи и в целом за сутки. У юношей дневной и среднесуточный уровень ДАДао был достоверно ниже, чем у девушек. Ночной уровень СрАДао достоверно выше у юношей, чем у девушек. В общей возрастной группе у юношей рост положительно коррелирует с дневным, ночным и среднесуточным уровнем САДао ( $r=0,3$ ,  $r=0,4$  и  $r=0,4$  соответственно). У девушек между ростом и средним дневным, ночным и среднесуточным уровнем САДао определена слабая положительная связь ( $r=0,14$ ,  $r=0,2$  и  $r=0,14$  соответственно). **Заключение.** Различия между возрастными подгруппами могут быть связаны с разным темпом полового созревания у обследуемых подростков, а также с различной ролью гормональных и нейрорегуляторных механизмов в становлении уровня аортального давления и его суточной динамики.

**Ключевые слова:** подростки, аортальное давление.

*Sheveleva AM.* Gender and age peculiarities of aortic pressure in healthy adolescents. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2018; 14 (2): 197–200.

**Aim:** to reveal gender and age peculiarities of daily dynamics of systolic aortic pressure (SBPao), diastolic aortic pressure (DBPao), mean hemodynamic aortic pressure (MBPao) and pulse aortic pressure (PPao) in healthy adolescents. **Material and Methods.** Ambulatory blood pressure monitoring was performed in 354 healthy adolescents (184 girls, 170 boys) aged 12–17 years. **Results.** Daytime, nighttime and diurnal levels of SBPao and PPao were significantly lower in girls, than that of boys. Boys had significantly lower daytime and diurnal levels of DBPao than girls. Nighttime level of MBPao was significantly higher in boys than in girls. Growth positively correlated with daytime, nighttime and diurnal levels of SBPao ( $r=0.3$ ,  $r=0.4$  and  $r=0.4$  respectively) in boys 12–17 years old. Correlation analysis in girls 12–17 years showed a weak positive relationship between growth and nighttime, daytime and diurnal levels of SBPao ( $r=0.14$ ,  $r=0.2$  and  $r=0.14$  respectively). **Conclusion.** The observed differences between age subgroups could be associated with the different velocity of pubertal development in the examined adolescents, as well as with the different role of hormonal and neuronal regulation mechanisms in the formation of aortic pressure level and its diurnal dynamics.

**Key words:** adolescents, aortic pressure.

**Введение.** Традиционное аускультативное измерение артериального давления (АД) в области плечевой артерии уже много лет является обязательным компонентом первичного осмотра пациента и основным методом диагностики артериальной гипертензии (АГ). Активное развитие медицинской электроники и появление современных мониторов АД улучшают диагностику сердечно-сосудистых заболеваний

(ССЗ), а также открывают новые возможности для проведения фундаментальных биомедицинских исследований. Системы для суточного мониторирования регистрируют циркадный ритм АД, а использование функции преобразования периферической пульсовой волны в центральную позволяет оценить уровень центрального (аортального) давления и показатели ригидности сосудистой стенки. В последние годы анализ систолического давления в аорте (САДао), диастолического давления в аорте (ДАДао), среднего гемодинамического давления в аорте (СрАДао), а также пульсового давления в аорте (ПАДао)

Ответственный автор — Шевелева Анастасия Михайловна  
Тел.: +7(961)0818265  
E-mail: [ledyaevmikhail@gmail.com](mailto:ledyaevmikhail@gmail.com)

становится наиболее актуальным [1] в связи с тем, что магистральные сосуды при АГ не только являются органом-мишенью, но и играют самостоятельную роль в прогрессировании гипертензии, а возможно, и в развитии гипертонии. Разница между уровнями периферического и центрального АД связана с тем, что форма пульсовой волны меняется на всем протяжении артериального русла. Диастолическое и среднее гемодинамическое давление имеют относительно одинаковую величину в артериях разного калибра, в то время как систолическое АД в аорте может быть на 20–40 мм рт.ст. ниже, чем в плечевой артерии. Аортальное давление зависит как от сердечного выброса и периферического сопротивления сосудов, так и от эластических свойств магистральных артерий. Увеличение САДао в плечевой артерии по сравнению с аортой называется амплификацией АД, которая связана с более высокой ригидностью сосудов на периферии [2]. Исследование McEniery C. M. et al., в котором проанализированы значения центрального и периферического САД у 10000 человек разных возрастов, показало достоверные различия между брахиальным и аортальным АД. По данным исследования, разница варьировалась в зависимости от возраста: максимальные различия зафиксированы в молодом возрасте (<20 лет): около 20 мм рт.ст. у здоровых мужчин и 15 мм рт.ст. у женщин [2]. В настоящее время имеются данные о том, что уровень центрального АД имеет более сильную связь с развитием ССЗ и их осложнений у здоровых людей, чем АД, измеренное на плечевой артерии [3]. Учитывая, что большинство ССЗ во взрослой популяции имеют свое начало в молодом возрасте [4], важную роль в своевременной профилактике приобретает раннее выявление нарушения суточного профиля АД, эпизодов повышения АД выше возрастной нормы, а также факторов риска развития АГ у детей и подростков. Это делает актуальным проведение фундаментальных исследований, направленных на обнаружение особенностей динамики как центрального, так и периферического АД в данной возрастной группе.

**Цель:** выявление гендерных и возрастных особенностей суточной динамики САДао, ДАДао и ПАДао у здоровых детей подросткового возраста.

**Материал и методы.** Для участия в исследовании отобрано 354 подростка, из них 184 девушки и 170 юношей, в возрасте 12–17 лет (средний возраст участников исследования 14,6 года). Критерии включения в исследование: уровень офисного АД от 5 до 95% и индекс массы тела (ИМТ) от 5 до 90% для соответствующего пола, возраста и роста [5]. Критерии исключения из исследования: ССЗ и заболевания почек в анамнезе, дети-сироты. Для выявления возрастных особенностей сформированы подгруппы: 12–13 лет (n=98), 14–15 лет (n=142), 16–17 лет (n=114).

Исследование одобрено Региональным исследовательским этическим комитетом. Обязательным условием участия в исследовании было подписание информированного согласия ребенком и/или его родителями после ознакомления с подробной информацией о предстоящем обследовании.

Для суточного мониторинга артериального давления (СМАД) использовался прибор МнСДП-2 ВРLab с технологией Vasotens (Декларация о соответствии № РОСС RU.РС52. Д00282 от 16 декабря 2015 года), регистрирующий не только периферическое, но и центральное АД в течение 24 часов. Измерение АД проводилось с интервалом в 15 минут днем

и 30 минут ночью. В рамках исследования оценивались следующие параметры СМАД: САДао-день, САДао-ночь, САДао-сутки, ДАДао-день, ДАДао-ночь, ДАДао-сутки, СрАДао-день, СрАДао-ночь, СрАД-сутки, ПАДао-день, ПАДао-ночь, ПАДао-сутки. Средний уровень АД в группе указан в формате  $M \pm SD$ . Для проверки нормальности распределения значений использовался критерий Шапиро — Уилка. Сравнимые параметры имели нормальное распределение, поэтому для статистического анализа использовались параметрические методы (пакет анализа данных Microsoft Excel 2016, Statistica 6.0, StatSoft): t-критерий Стьюдента и коэффициент корреляции Пирсона. Различия показателей между группами считались достоверными при  $p < 0,05$ .

Исследование проходило в 4 этапа. На первом этапе отобраны участники исследования и сформированы группы. Второй этап представлял собой проведение СМАД. На третьем этапе проанализированы результаты СМАД и сравнивались уровни САДао, ДАДао, СрАДао, ПАДао у юношей и девушек. На четвертом этапе производилось сравнение уровней центрального АД за день, ночь и сутки между возрастными группами.

**Результаты.** Результаты сравнительного анализа дневного, ночного, среднесуточного уровней САДао, ДАДао, СрАДао и ПАДао у юношей и девушек представлены в табл. 1.

У девушек уровень САДао и ПАДао был достоверно ниже, чем у юношей, в течение дня, ночи и в целом за сутки. У юношей дневной и среднесуточный уровень ДАДао был достоверно ниже, чем у девушек. Уровень СрАДао достоверно отличался между группами только в ночное время: у юношей он достоверно выше, чем у девушек.

После разделения подростков на возрастные подгруппы проведен анализ разных возрастных групп между собой. Между девушками 12–13 лет, 14–15 лет и 16–17 лет достоверных различий в суточной динамике центрального аортального давления выявлено не было. Между юношами 12–13 лет и 14–15 лет достоверные различия выявлены по следующим показателям: САДао-день, СрАДао-день, САДао-ночь, СрАДао-ночь, ПАДао-ночь, САДао-сутки, СрАДао-сутки, причем у юношей 14–15 лет данные показатели достоверно выше. В то же время у юношей 16–17 лет уровень САДао-день, СрАДао-день, ПАДао-день, САДао-ночь, СрАДао-ночь, ПАДао-ночь, САДао-сутки, СрАДао-сутки и ПАДао-сутки достоверно выше, чем у самой младшей возрастной подгруппы. Среди юношей 14–15 лет и 16–17 лет достоверно отличались только дневной и среднесуточный уровень ПАДао.

На следующем этапе проведено сравнение девушек и юношей внутри возрастных подгрупп (табл. 2).

В 12–13 лет выявлено наименьшее количество достоверных различий между подростками разных полов: уровень ДАДао-день и ДАДао-сутки у юношей достоверно ниже, а уровень ПАДао-день и ПАДао-сутки, напротив, достоверно выше. В 14–15 лет и в 16–17 лет уровень САДао-день, САДао-ночь, САДао-сутки, ПАДао-день, ПАДао-ночь и ПАДао-сутки достоверно выше у юношей по сравнению с девушками. Достоверные различия по уровню СрАДао-день, СрАДао-ночь и СрАДао-сутки зафиксированы в возрасте 14–15 лет. В 16–17 лет по ДАДао различия выявлены только в дневное время: у юношей данный показатель достоверно ниже, чем у девушек.

Таблица 1

## Гендерные особенности суточной динамики центрального аортального давления у подростков 12–17 лет

Параметр СМАД	Общая группа (n=354)	Девушки (n=184)	Юноши (n=170)
День			
САДао-день, мм рт.ст.	105,3±5,4	104,1±5,2	106,6±5,3**
ДАДао-день, мм рт.ст.	72,5±5,4	73,2±5,1	71,8±5,6*
СрАДао-день, мм рт.ст.	86,3±4,8	85,9±4,8	86,7±4,8
ПАДао-день, мм рт.ст.	32,8±4,8	30,9±3,9	34,8±5,0**
Ночь			
САДао-ночь, мм рт.ст.	93,5±5,5	92,0±5,1	94,5±5,7**
ДАДао-ночь, мм рт.ст.	58,5±5,4	59,0±5,1	58,0±5,6
СрАДао-ночь, мм рт.ст.	72,9±5,1	72,3±4,9	73,4±5,3*
ПАДао-ночь, мм рт.ст.	34,8±5,3	33,2±5,1	36,5±4,9**
Сутки			
САДао-сутки, мм рт.ст.	102,2±5,1	101,0±4,8	103,4±5,0**
ДАДао-сутки, мм рт.ст.	69,2±5,7	69,8±5,2	68,5±6,0*
СрАДао-сутки, мм рт.ст.	82,7±4,8	82,4±4,6	83,0±5,0
ПАДао-сутки, мм рт.ст.	33,2±4,6	31,4±3,7	35,2±4,7**

Примечание: САДао — систолическое давление в аорте; ДАДао — диастолическое давление в аорте; ПАДао — пульсовое давление в аорте; СрАДао — среднее гемодинамическое давление в аорте; \* — различие показателей между группами юношей и девушек достоверно ( $p \leq 0,05$ ); \*\* — различие показателей между группами юношей и девушек достоверно ( $p \leq 0,01$ ).

Таблица 2

## Гендерные особенности суточной динамики центрального аортального давления у подростков разных возрастных групп

Параметр	12–13 лет (n=98)		14–15 лет (n=142)		16–17 лет (n=114)	
	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши
Суточная динамика САДао						
САДао-день, мм рт.ст.	104,2±5,3	104,5±4,7	103,4±4,7	106,9±6,1**	104,8±5,7	107,9±4,2***
САДао-ночь, мм рт.ст.	91,7±5,2	91,5±5,5	91,4±4,6	95,1±5,9**	92,8±5,5	96,4±4,6***
САДао-сутки, мм рт.ст.	101,1±4,9	101,0±4,4	100,4±4,3	103,9±5,8**	101,6±5,2	104,7±3,9***
Суточная динамика ДАДао						
ДАД-день, мм рт.ст.	73,5±4,7	71,5±4,7*	72,6±4,7	72,5±6,4	73,8±5,8	71,2±5,4***
ДАД-ночь, мм рт.ст.	58,2±4,6	57,0±5,6	58,9±4,8	58,3±6,1	59,9±5,7	58,4±4,9
ДАД-сутки, мм рт.ст.	69,7±4,6	67,7±4,3*	69,5±5,5	69,4±6,7	70,2±5,5	68,2±6,3
Суточная динамика СрАДао						
СрАДао-день, мм рт.ст.	85,9±4,6	85,2±4,0	85,4±4,6	87,4±5,6**	86,4±5,0	87,1±4,3
СрАДао-ночь, мм рт.ст.	71,9±4,8	71,2±5,0	72,1±4,4	74,1±5,6**	73,0±5,5	74,4±4,7
СрАДао-сутки, мм рт.ст.	82,3±4,5	81,1±4,3	81,9±4,2	83,8±5,7**	83,0±5,1	83,7±4,1
Суточная динамика ПАДао						
ПАДао-день, мм рт.ст.	30,7±4,2	32,9±4,6*	30,9±3,3	34,5±5,1**	31,1±4,2	36,6±4,5***
ПАДао-ночь, мм рт.ст.	34,3±7,4	34,5±5,2	32,6±3,7	36,7±4,7**	32,8±4,0	37,9±4,5***
ПАДао-сутки, мм рт.ст.	31,4±4,1	33,5±4,6*	31,3±3,2	34,9±4,6**	31,5±3,9	37,0±4,3***

Примечание: САДао — систолическое давление в аорте; ДАДао — диастолическое давление в аорте; ПАДао — пульсовое давление в аорте; СрАДао — среднее гемодинамическое давление в аорте; \* — различие показателей между группами юношей и девушек 12–13 лет достоверно ( $p \leq 0,05$ ); \*\* — различие показателей между группами юношей и девушек 14–15 лет достоверно ( $p \leq 0,05$ ); \*\*\* — различие показателей между группами юношей и девушек 16–17 лет достоверно ( $p \leq 0,05$ ).

Учитывая, что пубертат сопровождается увеличением темпа роста, а ростовой скачок (его момент начала и величина) имеет половые различия: у мальчиков он наблюдается между 12 и 17 годами (через год после начала увеличения яичек), а у девочек между

9 и 14 годами, на следующем этапе исследования проведен поиск корреляционной зависимости между систолическим аортальным давлением и ростом у юношей и у девушек [6, 7]. В общей возрастной группе у юношей значение роста положительно коррелирует

лирует с уровнем САДао-день ( $r=0,3$ ), САДао-ночь ( $r=0,4$ ) и САДа-сутки ( $r=0,4$ ). В общей возрастной группе девушек между ростом и средним уровнем САДао-день, САДао-ночь и САДао-сутки определена слабая корреляционная связь ( $r=0,14$ ,  $r=0,2$  и  $r=0,14$  соответственно).

**Обсуждение.** Описанные половые различия уровней АД могут быть связаны с разным темпом полового развития девушек и юношей. Полученные нами данные согласуются с ранее проведенным исследованием, направленным на поиск половых особенностей суточной динамики периферического АД у подростков, а также с исследованиями других авторов [7]. Например, по данным Васильевой Р.М. (2015), у юношей и девушек перестройки центральной гемодинамики происходят асинхронно, что подтверждается максимально выраженными половыми различиями в 14 лет [8]. Ранее нами опубликованы результаты анализа роста у подростков, которые входят в группу данного исследования: юноши 14–15 лет были в среднем на 10 см выше, чем мальчики 12–13 лет, и на 6 см ниже 16–17-летних юношей, а девочки 12–13 лет были в среднем всего на 5 см ниже, чем девушки 14–15 лет, в то время как последние были примерно того же роста, что и 16–17-летние девушки [7]. Разная выраженность ростового скачка у подростков обоих полов может объяснить найденные различия в суточной динамике артериального давления у юношей трех возрастных подгрупп и отсутствие таковых у девочек.

Что касается суточной динамики АД, то существуют как внешние, так и внутренние факторы, влияющие на его циркадный ритм: тонус блуждающего нерва, активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, колебания концентрации адреналина, предсердного натрийуретического фактора, оксида азота и эндотелина-1 в плазме крови [9]. Повышение уровня АД во время пубертатного периода ряд авторов связывает с увеличением концентрации половых гормонов и соматотропина, которые непосредственно связаны с активацией прессорных систем [10], что, в свою очередь, может объяснить полученные нами результаты.

**Заключение.** Половые различия значений центрального артериального систолического давления, которые начинают проявляться с 14–15 лет, могут быть связаны с ростовым скачком у мальчиков в этот период. Различия между возрастными подгруппами подтверждают разный темп полового созревания у обследуемых подростков, а также, вероятно, роль

гормональных и нейрорегуляторных механизмов в регуляции уровня центрального артериального давления и его суточной динамики у девушек и юношей.

**Конфликт интересов** не заявляется.

**Авторский вклад:** концепция и дизайн исследования, получение данных и обработка данных, анализ и интерпретация результатов, написание статьи, утверждение рукописи для публикации — А. М. Шевелева.

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, программа УМНИК в рамках научного проекта №12251ГУ/2017.

#### References (Литература)

1. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K, et al. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2013; 34 (28): 2159–219.
2. McEnery CM, Cockcroft JR, Roman MJ, et al. Central blood pressure: Current evidence and clinical importance. *Eur Heart J* 2014; 35 (26): 1719–25.
3. Roman MJ, Devereux RB, Kizer J, et al. Central pressure more strongly relates to vascular disease and outcome than does brachial pressure: The strong heart study. *Hypertension* 2007; 50 (1): 197–203.
4. Ford ES, Greenlund KJ, Hong Y. Ideal cardiovascular health and mortality from all causes and diseases of the circulatory system among adults in the United States. *Circulation* 2012; 125 (8): 987–95.
5. Flynn JT, Kaelber DC B-SC, et al. Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Am Acad Pediatr* 2017; 140 (3).
6. Rogol AD, Roemmich JN, Clark PA. Growth at puberty. *J Adolesc Heal* 2002; 31 (6): 192–200.
7. Sheveleva AM, Klauchek SV. Gender and age features of daily dynamic of arterial blood pressure in healthy adolescents 12–17 years old. *Vestnik VolgGMU* 2017; 4 (64): 2–5. Russian (Шевелева А. М., Клаучек С. В. Гендерные и возрастные особенности суточной динамики артериального давления у здоровых подростков 12–17 лет. *Вестник ВолГМУ* 2017; 4 (64): 2–5).
8. Vasilieva RM. Functional changes in central hemodynamics in children during puberty. *Novye issledovaniya* 2015; 2 (43): 41–55. Russian (Васильева Р. М. Функциональные перестройки центральной гемодинамики у детей в процессе полового созревания. *Новые исследования* 2015; 2 (43): 41–55).
9. Smolensky MH, Hermida RC, Portaluppi F. Circadian mechanisms of 24-hour blood pressure regulation and patterning. *Sleep Med Rev* 2017; 33: 4–16.
10. Shankar RR, Eckert GJ, Saha C, Tu W, Pratt JH. The change in blood pressure during pubertal growth. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90 (1): 163–7.