

УДК 612.15-612.215.4

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЛОСТИ НОСА ЧЕЛОВЕКА

Петров В. В.

*Южно-Российский гуманитарный институт, Астрахань, e-mail: glavlordmn@rambler.ru*

Сосудистое русло полости носа имеет сложную структурную организацию, отличается высокой лабильностью и широким диапазоном функциональных возможностей. Эндоназальная гемодинамика определяет такой важнейший показатель полости носа, как ее резистентность. В данной работе представлены результаты исследования основных параметров гемодинамики полости носа в детском, подростковом, юношеском и зрелом возрасте, их связь с состоянием вегетативной нервной системы, краниометрическими и ростовыми критериями. Представлена динамика и специфика гемодинамических показателей полости носа методом ринографии в возрастном аспекте, а также с учетом гендерных и конституционных особенностей. Определены критические периоды функциональных изменений кровотока полости носа: второй период детства (прирост гемодинамической функции), пубертатный этап (критическое нарастание функции), юношеский возраст (переход к дифинитивному состоянию эндоназальной гемодинамики), определена их возрастная специфика.

Ключевые слова: полость носа, эндоназальный кровоток, ринография, гемодинамический потенциал, гендерные особенности, постнатальный онтогенез.

## FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF HEMODYNAMICS POTENTIAL OF THE NASAL CAVITY OF A HUMAN

Petrov V. V.

*South-Russian humanitarian Institute, Astrakhan, e-mail: glavlordmn@rambler.ru*

Vascular bed of the nasal cavity has a complex structural organization, characterized by high lability and a wide range of functionality. Endonasal hemodynamics determines such a key indicator of the nasal cavity as its resistance. This article presents the results of a study of basic hemodynamic parameters of nasal cavity in child, adolescent, youth and adult life, their relationship with the autonomic nervous system, physique, structure of the skull and criteria growth. Presents the dynamics and specificity of the hemodynamic parameters of the nasal cavity by the method of rheography in respect of age and gender and constitutional features. Defined critical periods functional changes of blood flow of the nasal cavity: the second period of childhood (increase in hemodynamic function), pubertal stage (critical growth functions), youth age (transition to definitively as endonasal hemodynamics), determined by their age specificity.

Keywords: nasal cavity, endonasal blood flow, rheography, hemodynamic potential gender differences, postnatal ontogenesis.

Важнейшим функциональным показателем полости носа, определяющим ее резистентность, является гемодинамический потенциал ее мукоперихондрия [1,6,8]. Имеющиеся научные данные свидетельствуют о высокой гемодинамической нагрузке, лабильности и сложной, многоуровневой организации сосудистого русла полости носа [4,3,7]. До настоящего времени наиболее глубоко изучены структурные, морфометрические и зональные анатомические особенности сосудистой системы полости носа [1,2,5,8], но комплексная функциональная характеристика эндоназальных гемодинамических показателей с позиции возрастных, конституциональных и гендерных особенностей отсутствует. Отдельные, не систематизированные сведения о функциональных особенностях кровотока полости носа малочисленны [5] и не позволяют вести речь о наличии единой

теоретической базы тех результатов, которые имеются в современной биологии и медицине по данной проблеме. Это определило цель и методологию нашего исследования.

**Цель** исследования – комплексная оценка и систематизация данных о гемодинамическом потенциале полости носа с учетом возрастных, гендерных конституциональных и краниометрических критериев.

### **Материал и методы исследования**

Исследования проведены в период 2007–2015 гг. в рамках плановых медицинских осмотров жителей г. Астрахани. Комплексная оценка гемодинамики полости носа выполнена методом экстраназальной ринореографии на аппарате Reanpoly (USA). Учитывали показатели: диастолический, диастолический и систолический индекс, индекс венозного оттока и периферическое сопротивление сосудов, а также объемную и линейную скорость кровотока в полости носа. Исследования проводили в правой и левой половине полости носа в покое, при нагрузке (10–20 приседаний в зависимости от возраста), а также при вазоконстрикторном тесте (проба со смазыванием слизистой оболочки полости носа 0.1 % раствором оксиметазолина). Исследование (n=130) выполнено в детском, подростковом и юношеском возрасте. Группу сравнения составили лица зрелого возраста (n=30). В группы исследования включены лица без сопутствующей патологии полости носа и системы кровообращения. Статистическая обработка данных (среднее значение и отклонение признака, критерий Стьюдента, коэффициент корреляции) проведена с использованием современного программного обеспечения. Исследования выполнены в соответствии с положениями Хельсинской декларации.

### **Результаты собственных исследований и их обсуждение**

У детей показатели ринодоплерограммы (РДГ) в 1-м и 2-м периодах детства характеризовались гармоничным линейным нарастанием показателей, несколько более выраженных во 2-м периоде детства ( $p < 0.05$ ). При этом параметры РДГ у мальчиков во 2 периоде детства были более выражены, чем у девочек, однако, данная тенденция в этой группе прослеживалась только при достижении верхней границы возрастного периода 10–12 лет ( $p < 0.05$ ). Асимметрии гемодинамического потенциала (ГДП) правой и левой половин полости носа в обеих гендерных категориях не выявлено, однако в возрастном интервале от 10 до 12 лет мы регистрировали появление слабой асимметрии кровотока в сосудах мукоперихондрия полости носа, с преобладание показателей справа ( $p < 0.05$ ). Это проявлялось некоторым увеличением показателей ДКИ (диастолического индекса), отражающего тонус артерий и артериол мукоперихондрия, а также ДСИ (дисистолического индекса), характеризующего венозный тонус. Появление слабой правосторонней асимметрии

венозно-артериального компонента мукоперихондрия, по нашему мнению, объясняется «первым ростовым скачком».

Проведение вазоконстрикторной пробы (с 0.05 % раствором оксиметазолина) и теста с физической нагрузкой (10 приседаний в минуту у детей 1 периода детства и 20 приседаний в минуту у детей от 7 до 12 лет) было зарегистрировано достоверное гармоничное увеличение всех параметров РДГ ( $p < 0.01$ ). При этом показатели были больше во 2-м периоде детства, незначительно преобладая у мальчиков. Параметры ГДП повышались равномерно, дисфункциональные признаки (наличие артериальной и венозной *рео*-волны) отсутствовали. Достоверное линейное увеличение ( $p < 0.01$ ) показателей РДГ после нагрузочных тестов свидетельствует, по нашему мнению, о состоятельности адаптивных возможностей гемодинамической функции полости носа и гармоничной нейро-гуморальной регуляции венозного и артериального компонента в 1-м и 2-м периодах детства. Изменения ГДП носили эукинетический (нормотонический) тип. Достоверных различий по гендерному признаку, конституционным и краниометрическим критериям у детей нами не выявлено ( $p > 0.05$ ).

В **подростковом** возрасте отмечен значительный функциональный прирост гемодинамических параметров сосудистой системы полости носа ( $p < 0.001$ ). При этом увеличение значений РДГ носило скачкообразный характер, но статистически значимых гендерных и конституционных различий в показателях не наблюдалось ( $p > 0.05$ ). Изменения приходились на период «второго ростового скачка». Четко прослеживались признаки правосторонней асимметрии гемодинамических параметров по всем критериям РДГ в правой и левой половинах полости носа ( $p < 0.05$ ). Динамика изменений РДГ в подростковом возрасте показала достоверное, линейное увеличение показателей ГДП полости носа по сравнению с 2-м периодом детства ( $p < 0.01$ ), при этом различия ( $p < 0.001$ ) с 1-м детским периодом можно оценить как «гемодинамический скачок» в функционировании сосудистой системы полости носа с максимальным приростом показателей.

Проведение вазоконстрикторной пробы и теста с физической нагрузкой (20 приседаний в минуту) нами зарегистрировано достоверное увеличение всех параметров РДГ ( $p < 0.01$ ). При этом гемодинамические показатели выявили разнонаправленные типы изменения сосудистого тонуса у большинства исследованных лиц подросткового возраста в целом и по гендерному признаку. Качественные изменения РДГ были более выражены у девушек ( $p < 0.05$ ) во всех звеньях сосудов мукоперихондрия и сочетались с появлением типичных функциональных волн на реограмме. Нами отмечена определенная связь различных типов реагирования ГДП после тестовых проб от конституционного статуса исследованных, в связи с чем мы выделили 3 варианта гемодинамического ответа (ГДО), которые были определены нами в зависимости от заинтересованности конкретного звена сосудистого русла

мукоперихондрия в ответ на провокационный тест. Вид нагрузочного теста не влиял на тип гемодинамического ответа.

1. Эукинетический тип ГДО преобладал в обеих половых группах не зависимо от типа конституции, но наибольшей выраженности он достигал у нормостеников. У мальчиков с гипостеническим и гиперстеническим телосложением нормотоническая реакция встречалась в равной пропорции, а у девочек эукинетический ответ сосудистого русла полости носа был диспропорционален у лиц с гиперстеническим и гипостеническим телосложением, т.е. в данной категории имела место асимметрия эукинетического ответа по гендерному типу среди гипер- и гипостеников ( $p < 0.05$ ).

2. Симпатотонический (гиперкинетический) тип ГДО преобладал у мальчиков и девочек нормостеников. Среди мальчиков и девочек нормо- и гиперстеников симпатический тип сосудистой реакции был распределен равномерно, а у лиц с гипостенической конституцией был практически не выражен среди обоих полов. Таким образом, в данной категории имела место гендерная симметрия по типу ответа у нормо- и гиперстеников, и асимметрия гиперкинетической сосудистой реакции по отношению к гипостеникам ( $p < 0.05$ ).

3. Ваготонический тип сосудистого ответа отмечен у обоих полов. При этом гипокинетическая реакция сосудов полости носа у мальчиков отмечена только у нормостеников, в то время как у девочек сосудистая ваготония зарегистрирована у всех типов конституции в равных пропорциях. У мальчиков гипер- и гипостеников данный тип сосудистого ответа практически отсутствовал. Это свидетельствует об асимметрии ваготонического ГДО по гендерному признаку ( $p < 0.05$ ).

Достоверное, дисгармоничное, разнонаправленное изменение показателей ГДП полости носа в подростковом возрасте после нагрузочных тестов свидетельствует, по нашему мнению, о дисбалансе (не достаточной зрелости) нейрогуморальных механизмов регуляции сосудистого тонуса артериального, венозного и микроциркуляторного звеньев мукоперихондрия полости носа при относительной состоятельности компенсаторных (адаптационных) возможностей ГДО. Максимальной выраженности эти особенности достигали на пике пубертатного этапа развития – 15–17 лет ( $p < 0.01$ ), как в мужской, так и в женской категории. При этом прослеживались четкие гендерные различия ГДО ( $p < 0.05$ ). Важной особенностью при исследовании ГДП и типов ГДО у подростков обоих полов и исследованных конституциональных категорий было полное сглаживание явлений функциональной (правосторонней) асимметрии после любого нагрузочного теста.

В **юношеском** возрасте существенного прироста функциональных гемодинамических показателей сосудов мукоперихондрия полости носа нами не зарегистрировано. Изменения показателей носили менее выраженный ( $p < 0.05$ ), чем у подростков, но гармоничный

характер. При этом в юношеском периоде онтогенеза показатели ГДП хотя и продолжили свой прирост, но, существенного увеличения параметров РДГ в подростковом возрасте нами не отмечено. Исключением являлись лишь изменения в интервале от 17 до 19 лет у 52 % исследованных лиц ( $p < 0.05$ ), где еще прослеживалась динамика ГДП и специфика ГДО, сходная по своим количественно-качественным характеристикам (но менее выраженная) с аналогичными изменениями параметров у подростков. Однако, в целом, у лиц юношеского возраста изменения на РДГ характеризовались линейным нарастанием гемодинамической функции. С позиции ростовых тенденций это вполне объяснимо тем, что в конце подросткового периода и начале юношеского возраста еще продолжается рост организма – «истинный ростовой скачок» (включая изменения сосудов), а ближе к концу юношеского возраста эти тенденции заканчиваются и начинается переход к дифинитивному их состоянию. Правомочно предположить, что аналогичным образом завершаются и количественно-качественные изменения ГДП сосудов полости носа.

При анализе показателей РДГ у исследованных лиц в покое с учетом их конституционального типа (нормо-, гипо-, гиперстеники) достоверных количественно-качественных различий нами не зарегистрировано. В юношеском возрасте отмечена тенденция к сглаживанию различий ГДП сосудов полости носа по гендерному признаку (отличия были недостоверны,  $p > 0.05$ ), но признаки функциональной правосторонней асимметрии гемодинамических параметров полости носа сохранялись ( $p < 0.05$ ). Полученные нами данные согласуются с более ранними исследованиями [3,5], в которых при изучении морфометрических особенностей слизистой оболочки носа описана билатеральная асимметрия диаметров сосудов и толщины их стенок, с преобладанием показателей в правой половине носа. На основании этого правомочна позиция о наличии в подростковом и юношеском возрасте не только структурной, но и четко выраженной функциональной (гемодинамической) правосторонней асимметрии сосудистой системы полости носа человека. Различий по краниометрическим показателям среди исследованных лиц нами не выявлено ( $p = 0.05$ ).

Проведение провокационных тестов показало достоверное увеличение параметров РДГ ( $p < 0.05$ ), но значимых количественных различий по гендерному признаку нами не зарегистрировано ( $p = 0.05$ ). Так же как в подростковом возрасте, после нагрузочных тестов, мы наблюдали сглаживание гемодинамической асимметрии правой и левой половин полости носа, что можно расценивать, с нашей точки зрения, как высокую адаптационную способность сосудов полости носа в данном возрасте.

Более детальный анализ РДГ показал преобладание эукинетического типа гемодинамического ответа у лиц нормостенической конституции после нагрузочных тестов

( $p < 0.01$ ), в равном отношении у юношей и девушек (38.8 и 42.1 %). У гиперстеников нормотонический тип ГДО был распределен также равномерно по гендерному признаку (5.26 % у мужчин, 5.55 % у женщин). У гипостеников нормотоническая реакция была мало выраженной, и только у девушек в том же проценте наблюдений. Таким образом, эукинетический тип ГДО являлся преобладающим видом реакции сосудов полости носа на провокационные тесты в зрелом возрасте.

Гиперкинетический ответ сосудистого русла мукоперихондрия носа в ответ на вазоконстрикторную и физическую нагрузку был выражен меньше, но в равной степени у юношей (21 %) и девушек (22.2 %) нормостенического телосложения. В остальных конституционных категориях имела место «ре-инверсия ГДО»: отсутствие симпатонической реакции у юношей гиперстеников и девушек гипостеников, а ее наличие у 5.26 % юношей гипостеников и 5,55 % девушек гиперстеников.

Ваготонический ответ был получен также в относительно равной пропорции между юношами (21 %) и (16,6 %) девушками нормостенического типа, но регистрировался гораздо реже, чем эукинетический и симпатотонический. В других конституционных типах также наблюдалась «ре-инверсия ГДО», обратно пропорциональная таковой у симпатотоников: отсутствие гипокинетической реакции сосудов у юношей гипостеников и девушек гиперстеников, а ее наличие у 5.2 % юношей гиперстеников и девушек гипостеников (5.5 %).

Данные тенденции, равновесные у представителей обеих половых категорий, в отличие от типов ГДО у подростков, в юношеском возрасте вполне объяснимы, с нашей точки зрения, функциональной зрелостью вегетативной нервной системы и началом перехода ее регуляторной деятельности в дифинитивное состояние, а также формированием возрастного диапазона ее адаптационных (компенсаторных) возможностей.

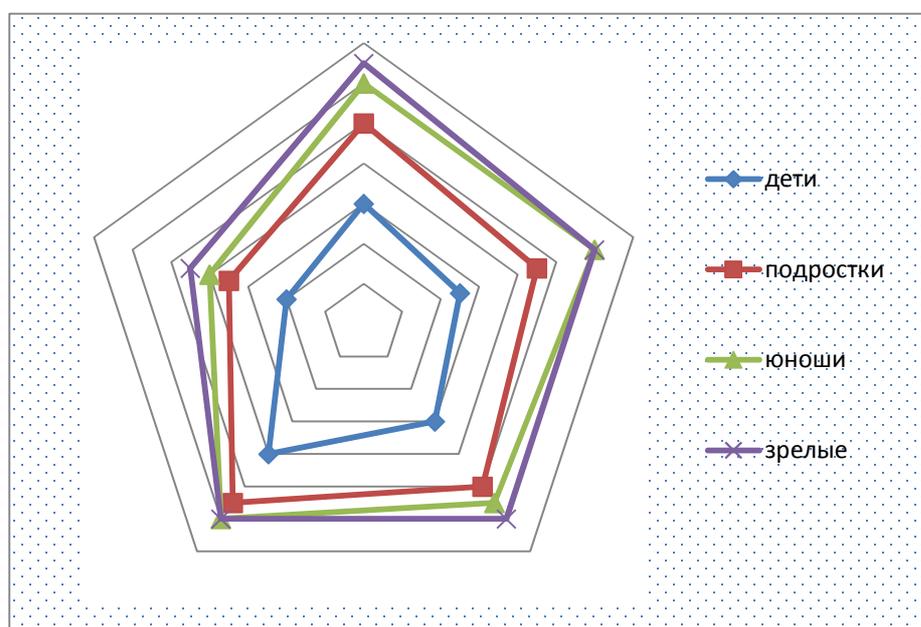
**В зрелом** возрасте гемодинамические показатели полости носа находятся в дифинитивном состоянии. Показатели РДГ характеризовались признаками правосторонней (функциональной) асимметрии ГДП правой и левой половин полости носа в 1-ми 2-м в зрелом возрасте ( $p < 0.05$ ). При анализе данных ГДП по конституциональному признаку и краниометрическим критериям, нами не зарегистрировано каких-либо достоверных различий в показателях РДГ у нормо-, гипо-, и гиперстеников в 1-м и 2-м зрелом возрасте ( $p > 0.05$ ).

При проведении в зрелом возрасте нагрузочных тестов имело место достоверное увеличение ( $p < 0.01$ ) параметров ГДП полости носа, при этом значимых различий в показателях РДГ по половому признаку нами не зарегистрировано ( $p = 0.05$ ). Признаки гемодинамической асимметрии правой и левой половин полости носа после нагрузочных

тестов нивелировались, что, с нашей точки зрения, свидетельствует о широких адаптационных способностях сосудистого русла полости носа в зрелом возрасте.

При сравнительной оценке критериев РДГ в зависимости от типа телосложения (конституции), в обоих периодах зрелого возраста прослеживалась тенденция к дифференцированному ГДО с преимущественным преобладанием нормотонической реакции. Максимальные показатели ГДО по эукинетическому типу ( $p < 0.01$ ) были зафиксированы у нормостеников.

Сводные показатели градиента изменения гемодинамического потенциала полости носа в исследуемых периодах онтогенеза представлен на рисунке.



*Градиенты изменения гемодинамического потенциала  
полости носа человека в онтогенезе*

### **Заключение**

Сосудистое русло полости носа человека отличается высокой лабильностью и значительными адаптационными способностями на всех этапах постнатального онтогенеза, с преобладанием нормотонического типа реагирования эндоназальных сосудов. Максимальные изменения ГДП происходят в подростковом возрасте, совпадая с процессами истинного роста, функциональной перестройкой системы кровообращения и вегетативной нервной системы. Сходные, но менее выраженные изменения происходят в детском возрасте, совпадая с первым ростовым скачком. Специфика изменений ГДП в исследуемых возрастных периодах свидетельствует о явных гендерных отличиях ГДО на нагрузку. Это позволило выделить 2 критических периода гемодинамической функции полости носа:

период 2-го детства и подростковый период. Начало перехода к дифинитивному состоянию ГДП полости носа – в конце юношеского периода онтогенеза, когда прирост показателей завершается.

При рассмотрении ГДП полости носа, нами сделана попытка выявить закономерности ее функциональных преобразований от периода детства до дифинитивного состояния (зрелый возраст) с позиции теории функциональных систем. От периода детства до юношеского периода изменение гемодинамических показателей полости носа динамично и характеризуется циклическими колебаниями, т.е. оно нелинейно (одно из общих закономерностей развития биосистемы). Максимальная выраженность их нелинейности – в пубертатном периоде. Затем отмечается приближение ГДП полости носа к определенному оптимуму (юношеский возраст), полная стабилизация которого завершается в зрелом возрасте (оптимум). Функциональный оптимум системы определяется стремлением к устойчивости. В нашем случае – это обеспечение адаптации сосудистого русла полости носа к определенным условиям. Провокационные тесты (вазоконстрикция, нагрузка) показали на всех этапах формирования функциональных особенностей эндоназального кровотока его способность к отклонению показателей. Без отклонения нет процесса возвращения к норме, нет процесса адаптации, нет развития системы. В нашем случае отклонения ГДП и специфика ГДО – постоянно возникающая разница между необходимым и реальным уровнем адаптации сосудистого русла полости носа на этапах онтогенеза. «Отклонение от нормы служит стимулом возвращения в норму» (П. К. Анохин, 1973). В конечном счете, все выявленные нами закономерности и особенности гемодинамики полости носа на этапах онтогенеза – это стремление к самосохранению и оптимальному выполнению сосудистым руслом своих функций и обеспечение максимально адекватной резистентности полости носа.

### Список литературы

1. Бреслав И. С. Физиология дыхания. – СПб.: Наука, 2004. – 680 с.
2. Лазько М. В. Организация системы адаптации человека в онтогенезе // Журнал «Успехи современного естествознания». – Москва, 2003. – № 11. – С. 65-67.
3. Михайлов Ю. Х. Некоторые теоретические и методологические проблемы современной ринологии // Военно-медицинский журнал. – 2013. – № 6. – С. 52-56.
4. Пискунов С. З. Физиология и патофизиология носа и околоносовых пазух // Российская ринология. – 2006. – № 3. – С.19– 39.

5. Петров В. В. Особенности организации слизистой оболочки полости носа (морфофункциональные и клинические аспекты) // Журнал «Морфологические ведомости». – 2005. – № 6. – С. 45–48.
6. Федин А. Н. Физиология респираторной системы. – Изд-во СПб, 2007. – 188 с.
7. Graets K.W. Anatomy of medface: naso-orbito-etmoidal // J.-R-Coll-Surg-Edind. – 2000. – P.359–362.
8. Holt G. R. Nasal region // Otolaryngol-Clin. – North-Am. – 2009. – P. 615–619.