

## **КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ И АДАПТИВНОСТИ ФУНКЦИЙ ПОЛОСТИ НОСА ЧЕЛОВЕКА С ПОЗИЦИИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА**

**Петров В.В.**

*ЧУ ВО «Южно-Российский гуманитарный институт», Ростов-на-Дону, e-mail: glavlor@rambler.ru*

Изучение функционального состояния и адаптивности органов и систем организма человека на этапах постнатального онтогенеза является важнейшей проблемой возрастной физиологии. Наиболее полная и комплексная оценка возрастной динамики процессов, происходящих в различных системах организма человека, возможно только на основе системного подхода. С этих позиций актуальным остается исследование функциональных параметров системы дыхания человека, в частности, такого важного отдела респираторного тракта как полость носа. Она является наиболее сложноорганизованным и многофункциональным блоком системы дыхания. С учетом разнообразия ее функций, широкого диапазона рефлекторных связей, наличия различных анатомических зон и областей, важное научное и практическое значение приобретает изучение закономерностей и особенностей возрастных преобразований функций полости носа на этапах развития, инволюции и в дефинитивном состоянии. На основе полученных нами сведений удалось дать системную характеристику функциональных параметров полости носа с учетом их пластичности, особенностей возрастной динамики и закономерностей адаптивных возможностей, а также определить хронологические инварианты этих преобразований.

Ключевые слова: полость носа, функции носа, адаптация, развитие, инволюция, онтогенез, системный подход, хронологическая инварианта.

## **THE COMPLEX CHARACTERISTIC OF AGE DYNAMICS AND ADAPTABILITY FUNCTIONS OF THE NASAL CAVITY OF THE HUMAN FROM THE POSITION OF SYSTEM APPROACH**

**Petrov V.V.**

*South-Russian humanitarian Institute, Rostov-on-Don, e-mail: glavlor@rambler.ru*

To study the functional state and adaptive organs and systems of the human organism at the stages of postnatal ontogenesis is an important issue of developmental physiology. The most complete and comprehensive assessment of the age dynamics of processes occurring in various systems of the human body, is possible only on the basis of a systematic approach. With these positions there remains the study of the functional parameters of the respiratory system of a person, in particular, such an important part of respiratory tract such as the nasal cavity. It is the most difficult organized, functional unit of the respiratory system. Given the diversity of its functions, wide range of reflex relations of the different anatomical zones and areas of great scientific and practical importance is the study of regularities and peculiarities of the age of transformation functions of the nasal cavity on the stages of development, involution and in definitive condition. Based on the information we received was able to give a systematic characterization of functional parameters of the nasal cavity, taking into account their plasticity, peculiarities of age dynamics and patterns of adaptive capacity, and to determine the chronological invariants of these transformations.

Keywords: nasal cavity, nasal function, adaptation, development, involution, ontogenesis, system approach, time-invariant.

Полость носа – важнейший «функциональный блок» системы дыхания человека. Сложность структурной организации различных областей, несущих специфическую функциональную нагрузку и многообразие выполняемых полостью носа функций, обуславливают важность исследования этой части респираторного тракта в возрастном аспекте [1,2]. На современном этапе развития биологии и медицины (ринологии), полость носа рассматривается как сложноорганизованное парное анатомическое образование и

«многоуровневая подсистема» органов дыхания человека [2,3]. Комплексный системный анализ возрастных преобразований функциональных параметров полости носа остается важнейшим разделом современной возрастной физиологии человека [4,5]. Разнообразие и функциональный полиморфизм эндоназальных образований, их многочисленные рефлекторные связи с нижележащими отделами органов дыхания и другими функциональными системами организма человека, с учетом их взаимного влияния друг на друга и взаимодействия между собой, а также вариабельность этих связей, обоснованно подтверждают концепцию о полости носа как важнейшем морфофункциональном образовании системы органов дыхания человека [5-7]. Многогранность данной проблемы, ее специфика, разнообразие функциональных зон и областей полости носа, широкий диапазон их функциональной активности со свойственными им гендерным и конституциональным разнообразием [8,9], несмотря на достаточную широту научных исследований, не позволяют говорить о единой теоретической научной базе тех результатов, которые достигнуты сегодня в современной физиологии, медицине (ринологии). Это определило тему и цель нашего исследования.

**Цель исследования** – на основе анализа собственных исследований и сравнительного анализа их с научными данными изучить закономерности возрастной динамики функциональных параметров и адаптивности полости носа человека с позиции системного подхода.

**Материал и методы исследования.** Исследования функциональных показателей полости носа выполнены в период 2012–2016 гг. на здоровых добровольцах детского, подросткового, юношеского, зрелого, пожилого и старческого возраста, у которых была исключена фоновая патология полости носа и органов дыхания. Исследованные лица распределены следующим образом:

- детский возраст – от 5 до 12 лет (n= 40, из них мальчиков 21, девочек 19);
- подростковый возраст – 12–16 лет (n= 40, из них мальчиков 20, девочек 20);
- юношеский возраст – от 17 лет до 21 года (n= 40, из них 19 юношей, 21 девушка);
- зрелый возраст – от 22 до 60 лет (n= 40, из них 20 мужчин, 20 женщин);
- пожилой возраст – от 60 до 74 лет (n= 40, из них 22 мужчины, 18 женщин);
- старческий возраст – от 75 до 80 лет (n= 40, из них 19 мужчины, 21 женщина).

Изучали всасывательную и секреторную способность полости носа (атропиновый тест по Сагаловичу), калориферную функцию (эндоназальная термометрия), pH носовой слизи (по тест-полоскам «Mediatest»), мукоцилиарный транспорт (по движению ресничек эпителия), эндоназальную гемодинамику (ринодоплерография), эндоназальный гомеостаз (клетки эпителия, лейкоциты, фагоцитарный индекс, иммуноглобулины), обоняние (методом

одориметрии и ольфактометрии), респираторную функцию (по данным объема полости носа, скорости и объему воздушного потока).

Статистическую обработку показателей проводили с помощью программы «MSExcel» в компьютерной обработке.

При анализе данных использованы принципы математической физиологии. Полученные данные сравнивали с более ранними научными данными по теме исследования. В работе проведен анализ результатов собственных исследований, опубликованных в рецензируемых научных журналах.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализируя данные о возрастной динамике функциональных параметров полости носа, мы выявили закономерность: если структурные преобразования полости носа на этапах постнатального онтогенеза в определенной степени упорядочены и последовательны, то согласно нашим данным, функции полости носа отличаются более широким диапазоном физиологической активности и адаптивности, более специфичны и многообразны. В то же время выявленная сопряженность функциональных изменений и структурных преобразований эндоназальных компонентов, с нашей точки зрения, может представлять собой хронологическую инварианту возрастной динамики морфофункциональных параметров полости носа. С позиции современной анатомии и медицины (ринологии) сформировано представление о полости носа как «парном органном образовании». С позиции наших исследований, принцип «парности» полости носа находит свое отражение в динамике респираторной, секреторной, всасывательной и мукотранспортной функций, а также в специфике функционирования сосудистого русла слизистой оболочки полости носа. Эта «парность» проявляется явлениями билатеральной функциональной асимметрии (или относительной симметрии) эндоназальных параметров. Однако в отношении калориферной и обонятельной функции, а также параметров эндоназального гомеостаза, принцип «парности» не характерен. Такой диссонанс в распределении функций полости носа, по нашему мнению, допускает возможность рассмотрения полости носа как многоуровневой функциональной «подсистемы». По нашим данным, функции полости носа испытывают определенные циклические колебания своих параметров на всех этапах постнатального онтогенеза, при этом часть функциональных параметров (мукоцилиарная система, эндоназальный кровоток, инкреторно-секреторная способность, обонятельная функция) отличается высокой динамичностью, другие (респираторная и защитная) менее пластичны, а калориферная функция является более статичной. Однако те и другие функции, по сути, нелинейны, что является одной из важнейших закономерностей развития любой биосистемы.

Анализ функциональных особенностей полости носа показал, что начало прироста любой его функции начинается во 2-м детском периоде и приходится на период 1-го ростового скачка, а максимальный пик функциональных показателей приходится на подростковый период развития. Большинство функций полости носа (обонятельная, всасывательная, секреторная, респираторная, мукоперихондральная и гемодинамический потенциал слизистой оболочки), отличаются резким «функциональным скачком», при этом все перечисленные функции полости носа (кроме респираторной) отличаются максимально широким диапазоном компенсаторных возможностей. Респираторная функция в сравнительном аспекте менее нелинейна, а наибольшего значения достигает гемодинамический потенциал мукоперихондрия полости носа, что подтверждается высокой реактивностью и адаптивностью эндоназального сосудистого русла на фоне нагрузочных и вазоконстрикторных проб. Именно в пубертатном периоде отмечается наибольшая нелинейность всех перечисленных функциональных параметров полости носа. Специфична сопряженность этой динамики со 2-м («истинным») ростовым скачком, «кризисными» гормональными изменениями организма.

На основе принципов математической физиологии, использованного в наших исследованиях, можно прийти к заключению, что: «динамические функции» полости носа имеют «конвергирующий тип» развития, со специфичным для них стремлением к максимально интенсивному (кризисному) достижению функционального оптимума, т.е. реализуется принцип «сходимости и достижения результата». «Статические функции», по нашим данным, имеют дивергентный тип динамики, с более пластичным достижением оптимума через малый, дифференцированный диапазон прироста функции или, чаще, по типу качественного изменения состояния, с реализацией принципа «диморфизма» при достижении целевого результата. Кроме этого, согласно нашим данным, при достижении максимального функционального прироста параметров полости носа в пубертатном возрасте, в полной мере реализуется принцип их суперпозиции, по сравнению с аналогичными показателями других периодов постнатального онтогенеза.

Важной особенностью пубертатного этапа развития является наибольшие проявления гендерных и конституциональных отличий функциональных показателей полости носа, а также наличие их функциональной билатеральной специфичности: симметрии параметров для одних и асимметрии показателей для других. Мы считаем это проявлением «внутри-функциональной» нелинейности. Такие проявления наиболее четко прослеживаются при исследовании гемодинамического потенциала, обонятельной функции и мукоцилиарной системы полости носа, и менее выражены в других функциях. В этом аспекте минимальный уровень нелинейности характерен для калориферной, буферной и защитной функции. Тем не

менее, по сравнению с другими возрастными периодами, для этих функций полости носа характерен максимальный функциональный прирост. Таким образом, на этапах развития (преимущественно в подростковом возрасте) характерна значительная нелинейность большинства функциональных показателей полости носа, т.е. колебания наиболее цикличны.

Относительный оптимум функционального состояния «подсистемы полость носа» в раннем постнатальном онтогенезе направлен на достижение определенной цели – максимальное обеспечение адаптивности полости носа к условиям окружающей среды, с одной стороны, и стремление к устойчивости, с другой, что повышает эффективность ее взаимодействия со средой. Как известно, без этих условий развитие системы невозможно. В наших исследованиях динамика функциональных показателей полости носа с максимальной нелинейностью в раннем постнатальном развитии, по-видимому, онтогенетически необходимое условие существования между необходимым и реальным уровнем адаптивности дыхательной системы в целом. Наиболее четко это проявляется в конце пубертатного периода, когда большинство функциональных параметров полости носа и системы дыхания человека проявляют начальные признаки формирования их относительно дефинитивного состояния. В этом проявляются признаки стремления функциональных показателей полости носа к определенному оптимуму, которого, как показали наши исследования, они достигают на юношеском этапе. Такое состояние подсистемы «полость носа» на стадиях развития, в итоге, приводит к совершенствованию самой системы.

В «стационарной стадии» онтогенеза (зрелый возраст) нелинейность большинства функциональных показателей полости носа сохраняла достигнутый уровень оптимума. Градиенты динамики функциональных параметров, в отличие от критического пубертатного периода (*с кризисным типом прироста функций*), имели линейный тип. В нашей работе уровень функциональной энтропии в дефинитивном состоянии максимально близок к минимальному, т.е. морфофункциональная «подсистема полость носа» – была устойчива. Таким образом, нами был выявлен оптимум функционального состояния полости носа на фоне ее критического периода. С нашей точки зрения, в этом заключается принципиальное отличие «функциональной» энтропии от энтропии «морфометрической», при которой наибольшая неустойчивость системы отмечается в критические периоды морфогенеза.

Формирование стационарного состояния функций полости носа наблюдалось в наших исследованиях в конце юношеского и зрелом периодах постнатального онтогенеза. В юношеском возрасте интенсивность функциональных колебаний уменьшалась, но не прекращалась. Лишь отдельные функции (обонятельная, мукотранспортная, гемодинамическая) отличались продолжающимся приростом своих функциональных параметров. Большинство других физиологических параметров характеризовались

минимальным увеличением показателей. На этом этапе онтогенеза имело место сглаживание большинства гендерных и типологических различий физиологических свойств полости носа. Стационарность функциональных показателей полости носа наблюдалась в зрелом возрасте. На этих этапах функциональное состояние подсистемы «полость носа» было наиболее адаптивно к меняющимся факторам среды и максимально возрастающим потребностям организма. Фактически, с точки зрения сохранения устойчивости, подсистема «полость носа» приобретала наибольшую способность к переходам из исходного вероятностно-детерминированного состояния в вероятностное и обратно, к относительно устойчивой вероятностной детерминации.

Состояние максимальной адаптивности и активности функций полости носа было не одинаково в течение всего стационарного состояния. По нашим данным, при переходе к пожилому возрасту изменения функционального состояния полости носа носят относительный характер и узкоспецифичны. Наиболее показательна в этом отношении выявленная нами реакция сосудов слизистой оболочки полости носа в ответ на тестовые пробы (вазоконстрикторный, нагрузочный) в виде начальных признаков уменьшения реактивности и дифференцированности гемодинамических ответов на действие стимула. На завершающей стадии пожилого периода и при переходе к старческому возрасту проявляются достоверные признаки относительной слабости уровня интегративных процессов в системе. Именно на стадии инволюционных преобразований наблюдаются достоверные признаки снижения функциональной активности и адаптивности всех функциональных параметров системы «полость носа». Наибольшие изменения отмечены нами в гемодинамике полости носа (в виде снижения реактивности сосудов и изменение специфичности гемодинамического ответа), при исследовании инкреторно-секреторной функции (в виде уменьшения ее активности), в динамике обонятельной способности (по типу снижения восприятия и распознавания одорантов, удлинения времени адаптации и восстановления обонятельной способности, развития гипосмий), а также в мукоцилиарной системе (со снижением двигательной активности ресничного эпителия и удлинением времени цилиарного транспорта). Сходные, но значительно менее выраженные, изменения происходят в показателях эндоназального гомеостаза, респираторной и калориферной функции.

Как показали наши исследования, на этапах инволюции уровень отклонений функций полости носа постепенно возрастает. При этом, если в пожилом возрасте адаптивные возможности подсистемы «полость носа» более или менее компенсированы, то в старческом возрасте проявляется максимальная убыль этого параметра. В этом случае правомочно говорить о формирующейся нестабильности адаптивных возможностей

морфофункциональной «подсистемы полость носа», при которой максимальная убыль морфофункциональных показателей полости носа на этапах инволюции – это дальнейшая динамика с постепенно усиливающимися колебаниями. Значение энтропии на этом этапе находятся на самом высоком уровне, что свидетельствует о переходе из дефинитивного состояния гармоничного динамического равновесия функций к их критическому инволюционному этапу. С нашей точки зрения, это инволюционно обусловленное, но несостоятельное поддержание полостью носа (как подсистемы) своего оптимального уровня, регресс механизмов ее адаптации.

**Заключение.** При анализе функционального состояния полости носа с позиции «системного подхода» интересной представляется характеристика эндоназальных функций с позиции «критических периодов» и смежных с ними состояний. Согласно нашим данным, 2-е детство, пубертатный период и старческий возраст являются критическими этапам, т.к. функциональные сдвиги большинства физиологических показателей полости носа приобретают необратимый характер, переходя на новый качественный уровень и достигая определенного функционального оптимума. Особенно это правомочно для гемодинамического потенциала, инкреторно-секреторной активности, обонятельной функции и мукоцилиарного транспорта. Корреляция этих изменений с критическим типом структурных преобразований способствует приобретению структурой и функциями законченной формы, не чувствительных к модифицирующим воздействиям в более позднем возрасте. Это является важнейшим условием дальнейшего полноценного развития подсистемы «полость носа», представляя собой хронологическую инварианту развития.

Смежное состояние – сензитивный период, характеризующий временной период, в который определенный комплекс стимулов оказывает большее влияние на развитие функции, характерен для «пограничных» (переходных) этапов онтогенетических преобразований функций полости носа. Такими этапами наших исследований являются возрастные интервалы при переходе от 1-го периода детства во 2-е детство, в начале юношеского возраста, при переходе от зрелого периода к пожилому возрасту и от пожилого этапа онтогенеза к старческому. Это такие периоды, для которых характерны продолжающиеся («следовые») процессы повышенной пластичности, обуславливающие способность структурно-функциональных параметров к сохранению определенного оптимума модификационной изменчивости, в соответствии со спецификой средовых воздействий. Мы считаем, что этот период правомочно рассматривать как наиболее оптимальный для формирования механизмов адаптивности вышеуказанных функций полости носа человека при воздействии средовых факторов.

## Список литературы

1. Бреслав И.С. Физиология дыхания / И.С. Бреслав. – СПб.: Наука, 2014. – 680 с.
2. Пискунов С.З. Физиология и патофизиология носа и околоносовых пазух /С.З. Пискунов // Российская ринология. – 2012. – № 3. – С.19–39.
3. Михайлов Ю.Х. Некоторые теоретические и методологические проблемы современной ринологии /Ю.Х. Михайлов // Военно-медицинский журнал. – 2013. – Т. XXVII, № 6. – С. 52-56.
4. Федин А.Н. Физиология респираторной системы: учебное пособие /А.Н. Федин. – СПб.: Изд-во СПб., 2010. – 188 с.
5. Ошикер Т.М. Структурные преобразования систем человека при старении «Экология и здоровье населения» /Т.М. Ошикер // Материалы международной научной конференции. – Астрахань, 2011. – С. 95.
6. Молдавская А.А., Петров В.В. Особенности организации слизистой оболочки полости носа (морфофункциональные и клинические аспекты) /А.А. Молдавская, В.В. Петров // Журнал «Морфология». – 2010. – № 6. – С. 45–48.
7. Теплый Д.Л., Петров В.В. Возрастная динамика секреторной, всасывательной, буферной и калориферной способности слизистой оболочки полости носа человека /Д.Л. Теплый, В.В. Петров // Успехи геронтологии. – 2017. – Т.30, № 3. – С. 410–414.
8. Graets K.W. Anatomy of medface: naso-orbito-etmoidal // J.-R-Coll-Surg-Edind. 2015. Des. P.359–362.
9. Holt G.R. Nasal region / G.R. Holt. Otolaryngol-Clin- North-Am. 2016, pp. 615 -619.