УДК 612:612.019

РОСТОВАЯ ДИНАМИКА, АДАПТИВНОСТЬ И ЭНТРОПИЯ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛОСТИ НОСА ЧЕЛОВЕКА

Петров В.В.

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

Полость носа – начальный и важнейший отдел системы дыхания человека, «первая линия ее защиты». Структурные образования полости носа сложно организованы в соответствии с выполняемыми разнообразными функциями. На современном этапе сложилось представление о полости носа как о парном органном образовании, а специфика организации сосудистого русла носовой полости и ее сопряженность с церебральной гемодинамикой положила началом учению о «носовом сосудистом клапане». Иннервация сосудистых компонентов и железистых образований мукоперихондрия полости носа специфична и многоуровнева. Широкий медиаторный профиль слизистой оболочки и разнообразие рефлекторных связей полости носа с другими отделами органов дыхания и физиологическими системами обеспечивают высокую адаптивную способность полости носа к постоянно меняющимся условиям внутренней и внешней среды. На этапах постнатального развития полость носа претерпевает значительные морфофункциональные изменения, включая критические периоды, коррелирующие с общими ростовыми тенденциями организма в целом. На этапах инволюции морфофункциональные показатели полости носа изменяются в соответствие с закономерностями «отрицательного роста», а их адаптивные возможности истощаются. В статье проведена попытка рассмотреть морфофункциональные показатели полости носа с позиции ростовых тенденций, учения об энтропии и теории систем в биологии.

Ключевые слова: полость носа, функции носа, адаптация, энтропия, развитие, инволюция, онтогенез, функциональная система, морфофункциональные параметры.

GROWTH DYNAMICS, ADAPTABILITY AND ENTROPY MORPHOFUNCTIONAL PARAMETERS OF THE NASAL CAVITYOF HUMEN

Petrov V.V.

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

The nasal cavity is the initial and most important division of the respiratory system of a man, "the first line of its defence. The structures of the nasal complex according to the purpose of various functions. At the present stage has developed the idea of the nasal cavity as of a paired organ formation and the specific organization of the vascular bed of the nasal cavity and its Association with cerebral hemodynamics marked the beginning of the doctrine of "nasal vascular valve". Innervation of components and glandular structures of mucoperiosteum of the nasal cavity-specific and multilevel. Wide mediator profile of the mucous membrane and a variety of reflex connections of the nasal cavity to other parts of the respiratory and physiological systems provide a high adaptive capacity of the nasal cavity of the ever-changing internal and external environment. At the stages of postnatal development, the nasal cavity undergoes significant morphological and functional changes, including critical periods that correlate with the General growth tendencies of the organism as a whole. On the stages of involution of the morphofunctional indices of the nasal cavity are changed in accordance with the laws of the "negative growth", and their adaptive capabilities are exhausted. In the article the attempt to consider the morphological and functional indicators of the nasal cavity from the position of the growth trends of the theory of entropy and systems theory in biology.

Keywords: nasal cavity, nasal function, adaptation, entropy, development, involution, ontogeny, functional system, morphofunctional parameters.

Функциональное значение полости носа в системе органов дыхания человека огромно, что обусловлено анатомической спецификой внутриносовых структур, особенностями морфогенеза, гистологии и функциональных свойств их слизистой оболочки. Многочисленные физиологические связи полости носа с другими системами организма (нервной, сердечно-сосудистой, репродуктивной), дают основание рассматривать полость

носа как единую систему с широким диапазоном рефлекторных возможностей. Определенный этап в развитии морфологии и современной ринологии позволил сформироваться концепции, согласно которой полость носа структурно рассматривается как парное органное образование, что предусматривает наличие механизмов координации функционирования его частей [8,9,13].

Респираторная (дыхательная) функция полости носа является основной. Характер прохождения воздуха в полости носа имеет свои особенности и зависит от строения внутриносовых образований. Особенностью респираторной функции полости носа является ее связь с системой воздухоносных полостей – лобных, решетчатых, верхнечелюстных и клиновидных пазух и голосообразованием. Резонаторная функция носа обеспечивается неодинаковым размером внутриносовых полостей и особенностями их геометрии. Носовое дыхание физиологично, а его нарушение отражается на различных функциях организма, чему способствуют специфика иннервации носа и околоносовых пазух, разносторонность и многообразие их рефлекторных связей. Нарушение функции различных органов при затруднении носового дыхания связано с изменением окислительных процессов в организме. При этом наблюдаются нарушения функции сердечно-сосудистой системы (преимущественно кровяного давления, особенно венозного), дыхательные нарушения сердечного ритма, лимфо- и кровообращения в полости черепа, повышается внутриглазное и внутричерепное давление, изменяется морфологический состав крови и биохимические свойства лимфы [4,10,14].

В процессе постнатального развития респираторная функция полости носа претерпевает ряд морфофункциональных изменений, связанных с увеличением морфометрических и функциональных показателей [3,7,8]. Важнейшими этапами нарастания этих показателей являются период новорожденности, 2-е детство (прирост респираторной функции, рост внутриносовых структур) и пубертатный возраст (подростковый период с его гормональными и ростовыми «всплесками»). Переход морфофункциональных показателей в дефинитивное состояние начинается в конце юношеского периода и наблюдается в 1-м и 2-м зрелом периодах. На инволюционных этапах (пожилой, старческий возраст) все параметры полости носа претерпевают обратное развитие, наиболее кризисно – в старческом возрасте (таблица 1).

Таблица 1

Качественные изменения респираторной функции полости носа
в аспекте общеростовых тенденций и адаптивности

Возрастные периоды:	Прибавка роста:	Динамика респираторных показателей носа:	Прироста дыхательных показателей в целом:
1-е детство	Первый ростовой скачок	постепенное увеличение ОПН, ОПВ и СВП с приростом от 4 до 6 % Достаточная адаптивность	Увеличение параметров верхних и нижних дыхательных путей и их функциональных показателей
2-е детство	Продолжение ростового скачка	значительное увеличение ОПН, ОПВ и СВП с приростом от 6 до 9 % *1-й функциональный критический период*.	Прирост морфофункциональных показателей верхних и нижних дыхательных путей (ЖЕЛ и др). Достаточная адаптивность
подростки	Второй (истинный) ростовой скачок, пубертат	резкое увеличение ОПН, ОПВ и СВП от 13 до 17 % *2-й функциональный критический период*. Высокая адаптивность	Значительный структурный рост всех отделов дыхательной системы, максимальный прирост показателей дыхания и ППН
юниоры	Завершение роста	завершение увеличения ОПН, ОПВ и СВП от 7 до 10 %Формирование дефинитивного состояния, стабильная адаптивность	Завершение морфофунк-циональных преобразований системы дыхания, остаточный прирост функциональных показателей внешнего дыхания.
1-й зрелый	н е т	Дефинитивность показателей ОПН, ОПВ и СВП. Прироста функции нет. Достаточная адаптивность	Дефинитивность системы органов дыхания
2-й зрелый	н е т	Дефинитивность показателей ОПН, ОПВ и СВП. Прироста функции нет. Достаточная адаптивность	Дефинитивность системы органов дыхания
Пожилой	«Истинный» отрицательный рост	Начало инволюции показателей ОПВ и СВП (убыль 5 - 7 %). Снижение адаптивности	Начало дисбаланса функциональных показателей органов дыхания при относительном постоянстве структурных параметров
Старческий	Прогресс инволюционн ых изменений	Выраженные инолюционные изменения) ОПВ и СВП на 10 – 15%. Низкая адаптивность. *3-й функциональный критический период*	Инволюционные изменения органов дыхания, значимое уменьшение функциональных параметров, структурные изменения органов дыхания, дезадаптация функций

Таблица составлена по данным НИИ морфологии РАМН и собственных данных
ОПН – объем полости носа, ОПВ – объем проходящего воздуха,
СВП – сопротивление (эндоназальных структур) воздушному потоку.

Важнейшими функциями носа являются прогрев и увлажнение вдыхаемого воздуха. Это обеспечивается калориферной и секреторной функцией слизистой оболочки носа. В обеспечении калориферной функции определяющую роль играет гемодинамический потенциал полости носа и высокий уровень обменных процессов в мукоперихондрии. Секреторная активность обусловлена хорошо развитым железистым аппаратом и сложноорганизованной нейрогуморальной регуляцией его активности. Данная функция

полости носа обеспечивается такими процессами, как мукоцилиарный транспорт, и секрецией бактерицидных компонентов в слизи. На этапах постнатального развития калориферная функция остается практически неизменной, за исключением старческого возраста, когда данный параметр проявляет относительную «отрицательную динамику» и обусловлен развитием атрофии мукоперихондрия [2,4,8,12,14].

Защитная функция полости носа осуществляется различными механизмами и непосредственно связана с респираторной функцией и секреторной активностью. Важнейшую роль в обеспечении защитной функции носа играет мукоцилиарный транспорт, обеспечивающий выведение частиц вдыхаемого воздуха из полости носа и ее калориферные свойства, а также наличие в носовой слизи лизоцима, муцина, инхибина, иммуноглобулинов, лимфоцитов и лейкоцитов. Ростовые изменения защитной функции носа, прежде всего ее основного механизма очищения – мукоцилиарного транспорта – подвержены значительным динамическим процессам. Наивысшие показатели такой активности наблюдаются в период новорожденности, 2-го детства, и особенно в подростковом возрасте, когда все морфометрические показатели слизистой оболочки полости носа максимально выражены. Наиболее значимое угнетение функции мукоцилиарной системы отмечены в старческом возрасте и обусловлены необратимыми дегенеративными изменениями эпителиальной выстилки слизистой оболочки и ее ворсинок, истощением их энергетического потенциала [3,4,8,11,13].

Обонятельная функция полости носа обеспечивается благодаря наличию специфического обонятельного эпителия и обонятельной зоны полости носа. Особенностью обоняния у человека является способность к адаптации. Она проявляется в условиях относительно длительного воздействия пахучих веществ на рецепторы полости носа, а также зависит от концентрации вещества во вдыхаемом воздухе. Это свидетельствует об избирательной способности рецепторного аппарат обонятельной зоны носа. Ростовая динамика обонятельной способности полости носа связана с высоким уровнем организации ассоциативных связей в коре головного мозга и других отделах ЦНС в подростковом и юношеском возрасте. При этом важную роль играет изменение гормонального фона и наиболее интенсивный рост и развитие структур обонятельной области носа. Обратное развитие функции наиболее выражено в старческом возрасте и обусловлено инволюцией рефлекторных связей в коре мозга и дегенеративными изменениями респираторного эпителия, вплоть до развития гипосмии [2,4,8,9,10].

Особыми функциональными свойствами обладает сосудистое русло полости носа [5,8]. Наличие замыкательных артерий, кавернозных структур, артериоло-венулярных

анастомозов, интимальных клапано- и сфинктероподобных структур у венозных сосудов, снабженных нервным аппаратом с широким медиаторным профилем, обеспечивает тонкую приспособляемость полости носа к условиям дыхания. Специфика гемодинамики полости носа, многоуровневый тип ее организации послужили основой для формирования концепции о «носовом сосудистом клапане». Возрастные динамические процессы сосудистого русла полости носа обусловлены общеростовыми тенденциями организма и его сосудистой системы в частности [5,8]. Это проявляется увеличением морфометрических показателей артериального и венозного звена, увеличением удельных площадей резистивных и емкостных сосудов слизистой оболочки полости носа, совершенствованием и усложнением их иннервации, увеличением объемной и линейной скорости кровотока, нарастанием гемодинамического потенциала и его адаптивных возможностей. Максимального значения эти тенденции приобретают в пубертатном периоде, а убыль морфофункциональных показателей эндоназальной гемодинамики наиболее выражена в старческом возрасте, что обусловлено явлениями редукции сосудистого русла [8] (таблица 2).

Таблица 2

Ростовая динамика гемодинамики полости носа человека, системы кровообращения и функционального состояния вегетативной нервной системы

Периоды онтогенеза, и ростовые тенденции	Динамика ГДП полости носа в онтогенезе	Изменения системы кровообращения в онтогенезе	Изменения вегетативной нервной системы (ВНС) в онтогенезе
1-й период детства Первый ростовой скачок	Гармоничное увеличение показателей ГДП, тип ГДО нормотонический. (тест нагрузкой)	Прирост показателей гемодинамики. Относительный разброс показателей ЧСС и АД	Неустойчивая вегетативная регуляция, формирование функциональных связей в НС, недостаточная зрелость функций ВНС
2-й период Детства завершение 1-го ростового скачка	Прирост показателей ГДП (1-й функциональный критический период). Тип ГДО – нормотонический (тест с нагрузкой)	1-я стадия «сосудистого роста». Нарастание параметров ССС и изменение АД и ЧСС. Увеличение площади и объема сосудистой сети, сердца.	ВНС не подготовлена к различным изменениям функционального состояния сосудов, на систему сосудов воздействует импульсно - «тренировка вегетатики»

Подростки Второй (истинный) ростовой скачок. Крупнейшие сдвиги всех систем орга-низма. Пубертатные изменения	Резкое нарастание показателей ГДП, дифференцированны е типы ГДО по гендерному признаку. 2-й критический период. Дисбаланс регуляции сосудов носа при нагрузочных пробах с сохранением их адаптивных возможностей	2 стадия «сосудистого роста». Завершение основных изменений сосудов при продолжении их диспропорционального роста. Колебания ЧСС, АД на фоне гормональной вегето-сосудистой дисфункции. Выраженная дыхательная аритмия. Увеличение объема сердца, сети кровеносных сосудов	Интенсивные изменения вегетативной иннервации органов и тканей при сохраненной неподготовленности ВНС к изменениям функционального состояния сосудов. Преимущественно импульсный тип влияния ВНС. Чувствительность ВНС к резким ростовым изменениям, эмоционально гормональным изменениям
Юниоры Завершение интенсивного роста. Переход к дефинитивному состоянию систем	Завершение прироста ГДП и их переход к дефинитивному состоянию (3 функциональный период). Дифференцированны е типы ГДО. Гармоничная регуляция сосудов носа с широким диапазоном компенсации	Завершение структурно-функциональных преобразований системы кровообращения (роста сосудов и сердца), переход к ее дефинитивному статусу. Стабильность АД и ЧСС, отсутствие функциональной аритмии	Завершение функционального созревания вегетативной нервной системы, установление стойких функциональных связей, переход ВНС в дефинитивное состояние
1-й зрелый период Дефинитивно е состояние систем организма	Стабильность показателей ГДП, Преобладание нормотонического типа ГДО при нагрузке с признаками функциональной асимметрии показателей	Стабильность показателей гемоди-намики: ЧСС и АД, хорошая адаптивность сосудов и сердца	Устойчивая, гармоничная вегетативная регуляция, хорошо развитые функциональные связи в НС, зрелость и хорошая адаптивность вегетативных функций
2-й зрелый период Дефинитивно е состояние систем организма	Стабильность ГДП. Преобладание нормотонического типа ГДО на фоне дифференцированног о его ответа и асимметрии показателей	Стабильность показателей гемоди-намики: ЧСС и АД, удовлетворительная адаптивность системы кровообращения	Устойчивая, гармоничная вегетативная регуляция, хорошо развитые функциональные связи в НС, зрелость и относительная адаптивность вегетативных функций
Пожилые Выход из дефинитивног о состояния, начало инволюции органов и систем	Уменьшение ГДП, снижение адаптации сосудов, признаки начального дисбаланса нейрогуморальной регуляции сосудов носа. Сглаживание функциональной асимметрии сосудов	Начало отрицательного «сосудистого роста». Начальные изменения сосудов, их тонуса и регуляции, колебания ЧСС, АД. Инициация инволюционных изменений	Относительно устойчивая вегетативная регуляция и состоятельность функциональных связей в ЦНС, начало формирования вегетативной дисфункции, снижение адаптивных возможностей нервной системы

Старческий возраст Отрицательный рост. Инволюция органов и систем организма	Убыль показателей ГДП. Дистонус и дисбаланс сосудов. Смешанный тип ГДО. Исчезновение асимметрии сосудистых показателей в условиях «возрастной нормы»	Редукция «сосудистого русла». Глубокие изменения сосудов, их тонуса и регуляции. Колебания ЧСС, АД. Атеросклероз. Признаки недостаточности кровотока	Сформированная вегето-сосудистая дистония. Значительное снижение компенсаторных возможностей вегетативной нервной системы. Уменьшение функциональных связей в ЦНС и дегенерация ее компонентов

ГДО и ГДП – гемодинамический ответ/потенциал, ВНС- вегетативная нервная система.
Таблица составлена на основании собственных исследований, анализа научной литературы и данных НИИ морфологии человека РАМН (2008).

Наши исследования [8] подтвердили, что развитие структур и физиологических параметров полости носа в ходе онтогенеза происходит неравномерно и вызывает формирование критических периодов. На этапах постнатального развития, мы считаем возможным выделить 4 функциональных периода: 2-е детство (прирост функции), пубертатный возраст (функциональный скачок параметров, высокая дифференцировка структур и свойств полости носа), зрелый возраст (дефинитивного состояния функции), старческий возраст (дисфункция и морфофункциональная инволюция). Каждый этап развития функций полости, с нашей точки зрения, идет через явления неустойчивости в точках экстремумов онтогенеза (критических функциональных периодах). Максимальный прирост морфофункциональных показателей приходиться на пубертатный период. Согласно нашим исследованиям [8], дальнейшая функциональная динамика полости носа, от юношеского до зрелого возраста, имеет характер постепенно затухающих колебаний, а значения энтропии структурно-функциональных параметров находятся на самых низких уровнях. Это свидетельствует о переходе от критического этапа развития в состояние гармоничного динамического равновесия функций (дефинитивное состояние). С точки зрения теории функциональных систем – это биологически обусловленная необходимость поддержания такой «малой системы», как полость носа на оптимальном уровне, особенно в периоды ее интенсивного развития и адаптации [7]. В пожилом и старческом возрасте (включая долгожителей) инволюция системы «полость носа» в целом совпадает с процессами «отрицательного роста» всего организма [6]. Максимальная убыль морфофункциональных показателей полости носа на этапах инволюции – это дальнейшая динамика с постепенно усиливающимися колебаниями. Значение энтропии на этом этапе находится 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 морфофункциональной системы) своего оптимального уровня, регресс механизмов ее адаптации, что вполне обосновано с позиции учения об организации системы адаптации человека в онтогенезе [6].

Список литературы

1. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980. – 196 с.
2. Бонашевская Т.И., Кумпан Н.Б. Защитно-приспособительные реакции воздухоносных и респираторных отделов дыхательной системы человека. // Архив АГЭ. – 2006. – № 4. – С. 41-48.
3. Косарев В.В., Лотков В.С., Жестков А.В. Возрастные особенности респираторного тракта человека // Пульмонология. – 2006. – № 3. – С.70-74.
4. Буков В.А., Фельбербаум Р.А. Рефлекторные влияния с верхних дыхательных путей. – Москва: Медицина, 2007. – 272с.
5. Егоров В.Н. Сосудистые реакции слизистой оболочки полости носа и их регуляторные механизмы // Вестник оториноларингологии. – 2009. – № 3. – С. 55-60.
6. Лазько М.В., Асфандияров Р.И., Лазько А.Е. Критические периоды онтогенеза биологических систем и организация системы адаптации человека в онтогенезе // Гигиена окружающей среды и экология человека. – Саратов, 2009. – 47 с.
7. Ошикер Т.М., Клишевич В.А. Критические периоды морфогенеза респираторного тракта человека в пожилом и старческом возрасте. – Астрахань, 2006. – 71 с.
8. Петров В.В. Комплексная характеристика функциональных особенностей полости носа человека в норме и на этапахинволюции //Астраханский госпитальный вестник. – 2016. № 1. – С. 5-12.
9. Baumann I., Peinkert P. Nasal cavity: function parameters // MMW-Fortsch-Med. 2010. May., pp. 37– 40.
10. Casteel R., Mc Mahon J. Human nasal resistance /| J. Rhynology/. 2007. Vol. 13. P. 19-23.
11. Dintenfas L. Respiratories of nasal and paranasal sinus. Boston, 2013. 64 p.
12. Graets K.W., Sailer H.F., Eyrich G.K. Anatomy of medface: naso-orbito-etmoidal. /J.-R-Coll-Surg-Edind. 2007. Des. P.359–362.
13. Reilly B.I., Simpson D.C. Nose and paranasalssinusis // Clinikal.-Otola-rungol. 2009. Feb., 24 p
14. Rogan W.J. The respiratory tract of human // Otolaryngol-Clin-North-Am. 2010. № 1, pp.61–69.