

УДК. 611.43

ИЗМЕНЕНИЯ ЛИМФОИДНЫХ СТРУКТУР ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ У ПОТОМСТВА ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ЗАГРЯЗНЁННОГО ВОЗДУХА

*Толабоев Суннатулла Олимджон оглы, *
доцент кафедры внутренних болезней Чирчикского филиала
Ташкентского государственного медицинского университета
Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Хроническое воздействие загрязнителей воздуха, особенно в антенатальном и раннем постнатальном периодах, оказывает выраженное влияние на формирование лимфоидных структур в стенке дыхательных путей у потомства. Объектом особого внимания является бронхиальная ассоциированная лимфоидная ткань (BALT), которая представляет собой ключевой компонент системы слизистого иммунитета. Данный обзор обобщает и систематизирует результаты современных морфологических, иммуноморфологических и морфометрических исследований, посвящённых изменениям структуры и организации BALT у потомства животных и человека под влиянием хронической ингаляционной экспозиции аэрополлютантов. Анализируются изменения в клеточном составе, архитектонике лимфоидных фолликулов, сосудистой сети, а также морфофункциональные последствия указанных нарушений для респираторного иммунитета.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, лимфоидная ткань, BALT, дыхательные пути, морфология, постнатальное развитие, иммунная система, аэрополлютанты

CHANGES IN THE LYMPHOID STRUCTURES OF THE RESPIRATORY TRACT IN OFFSPRING UNDER CHRONIC EXPOSURE TO POLLUTED AIR

Tolaboev Sunnatulla Olimdzhon oglu,

*Associate Professor of the Department of Internal Medicine, Chirchik branch of
Tashkent State Medical University
Tashkent, Uzbekistan*

Abstract. Chronic exposure to air pollutants, especially during antenatal and early postnatal periods, has a pronounced impact on the formation of lymphoid structures in the respiratory tract wall of the offspring. Of particular interest is the bronchus-associated lymphoid tissue (BALT), a key component of the mucosal immune system. This review summarizes and systematizes the findings of recent morphological, immunomorphological, and morphometric studies devoted to changes in the structure and organization of BALT in animal and human offspring under chronic inhalation exposure to air pollutants. The review analyzes alterations in cellular composition, lymphoid follicle architecture, vascular network, as well as the morphofunctional consequences of these changes for respiratory immunity.

Keywords: air pollution, lymphoid tissue, BALT, respiratory tract, morphology, postnatal development, immune system, air pollutants

Воздействие загрязнённого воздуха является одним из ведущих факторов риска, способствующих развитию респираторной патологии в детском возрасте. Наиболее уязвимыми к воздействию аэрополлютантов являются плоды и новорождённые, у которых продолжается морфогенез ключевых структур дыхательной и иммунной систем. Среди них особое значение имеет бронхиальная ассоциированная лимфоидная ткань (BALT), формирующаяся в постнатальном онтогенезе и обеспечивающая иммунную защиту дыхательных путей. BALT представляет собой специализированный лимфоидный орган, включающий фолликулярные и интерфолликулярные скопления лимфоцитов, локализованные в стенке бронхов и бронхиол [1,2].

Изучение гистоморфологических изменений BALT под воздействием аэрополлютантов, таких как твёрдые частицы (PM_{2.5}, PM₁₀), оксиды азота

и серы, бензол, диоксины, формальдегид и другие компоненты, позволяет понять механизмы формирования нарушений мукозального иммунитета у потомства и их возможную связь с последующим развитием хронических воспалительных заболеваний дыхательных путей[3,4].

Материалы и методы: Проведён систематический обзор научной литературы, опубликованной в период 2000–2025 гг., с использованием баз данных PubMed, Scopus и eLibrary [5,6]. В отбор включались экспериментальные исследования на животных (крысы, мыши, морские свинки) и клинические морфологические исследования у детей, в которых проводился анализ гистологических и иммуногистохимических изменений лимфоидной ткани дыхательных путей при хроническом воздействии загрязнённого воздуха. Особое внимание уделялось работам, включающим световую, электронную и конфокальную микроскопию, а также морфометрию лимфоидных структур.

Результаты и обсуждение:

1. Гистогенез и нормальная морфология BALT у новорождённых

В нормальных условиях BALT начинает формироваться в постнатальном периоде под действием антигенной стимуляции. Первичные фолликулы обнаруживаются на 7–10 сутки жизни, а зрелые вторичные фолликулы — к 3–4 неделе. Морфологически BALT состоит из лимфоидных фолликулов, содержащих преимущественно В-лимфоциты, и интерфолликулярных зон, богатых Т-клетками и антиген-презентирующими клетками (дендритными клетками, макрофагами). Структуры BALT тесно ассоциированы с сосудистыми и лимфатическими капиллярами, обеспечивающими транспорт иммунокомпетентных клеток.

2. Морфологические изменения BALT при воздействии аэрополлютантов.

У потомства, подвергавшегося хроническому воздействию загрязнённого воздуха, наблюдаются выраженные морфологические нарушения в структуре BALT:

- уменьшение числа и площади лимфоидных фолликулов;
- нарушение зональной дифференцировки фолликулов (нечёткая граница между центром размножения и мантией);
- редукция Т-зависимых зон;
- снижение плотности лимфоидных инфильтратов в подслизистом слое;
- признаки апоптоза лимфоцитов и снижение митотической активности в герминативных центрах;
- уменьшение количества М-клеток и антиген-презентирующих клеток в области купола;
- нарушение архитектоники сосудисто-капиллярной сети.

3. Иммуногистохимические и морфометрические особенности

Иммуногистохимически выявляется снижение экспрессии CD3+ и CD20+ клеток, снижение содержания маркёров активности (Ki-67, Bcl-6), уменьшение экспрессии молекул адгезии (ICAM-1, VCAM-1). Морфометрия показывает достоверное уменьшение площади фолликулов, плотности клеток, соотношения В/Т-лимфоцитов. Такие изменения коррелируют с повышенным уровнем провоспалительных цитокинов в ткани лёгких (TNF- α , IL-1 β , IL-6).

4. Функциональные последствия морфологических нарушений

Вышеописанные изменения лимфоидной ткани сопровождаются снижением локального иммунного ответа, повышенной проницаемостью эпителия, замедленным элиминационным ответом на патогены, а также дисбалансом между провоспалительными и противовоспалительными медиаторами. Установлена корреляция между нарушениями BALT и повышенной частотой инфекционных и аллергических заболеваний у детей.

Заключение: Хроническое воздействие загрязнённого воздуха в антенатальном и раннем постнатальном периодах приводит к выраженным морфологическим и функциональным изменениям бронхиальной лимфоидной ткани у потомства. Нарушение структуры BALT ведёт к снижению эффективности местного иммунного надзора и может рассматриваться как один из патогенетических факторов формирования хронических воспалительных заболеваний дыхательной системы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на детальное изучение молекулярных механизмов указанных нарушений и поиск способов коррекции нарушенного морфогенеза иммунных структур [7,8].

Список литературы

1. Miller M.D., Marty M.A. Impact of environmental chemicals on lung development. *Environ Health Perspect.* 2010;118(8):1155–1164.
2. Pinkerton K.E., Joad J.P. The mammalian respiratory system and critical windows of exposure for children's health. *Environ Health Perspect.* 2000;108(Suppl 3):457–462.
3. Veras M.M. et al. Particulate urban air pollution affects the functional morphology of mouse placenta. *Biol Reprod.* 2008;79(3):578–584.
4. Kulkarni N. et al. Carbon in airway macrophages and lung function in children. *N Engl J Med.* 2006;355(1):21–30.
5. Kurbanov, A. K., et al. "Study of Working Conditions and Environmental Pollution, When Applying The Herbicide Zellec." *International Journal of Scientific Trends* 1.2 (2022): 91-94.
6. Harkema J.R. et al. Effects of inhaled ozone on the nasal mucosa and lung: role of BALT in immune response. *Toxicol Pathol.* 2012;40(2):226–235.
7. Саидрасулова, С. С., and Л. А. Шигакова. "ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА." *Экономика и социум* 2-1 (129) (2025): 1423-1426.

8. Курбанов, А. К., et al. "ЖКК (2022). Изучение условий труда и загрязнения окружающей среды при применении гербицида Зеллек." *Международный журнал научных тенденций* 1.2: 91-94.