

М.М. Горбунов¹, С.С. Целуйко¹,
А.Н. Одириев², К.Ф. Килимиченко²,
Д.А. Григорьев¹, А.С. Шикунский¹,
П.А. Михайлова¹, Т.С. Нестеренко¹,
М.Е. Кропотова¹

ФГБОУ ВО Амурская ГМА
Минздрава России¹
г. Благовещенск

ФГБНУ «Дальневосточный
научный центр физиологии и
патологии дыхания» СО РАН²
г. Благовещенск

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ТРАХЕИ КРЫС ПРИ ОРТОСТАТИЧЕСКОМ ВЫВЕШИВАНИИ С ХОЛОДОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Мукоцилиарная недостаточность - один из ведущих механизмов формирования и прогрессирующего течения хронических болезней органов дыхания.[7] Она может формироваться под влиянием различных факторов: воспалительные заболевания дыхательных путей (БА, ХОБЛ), наследственная патология (синдром Картагенера), воздействие токсических веществ и др. Условия микрогравитации создают дополнительный механизм повреждения мукоцилиарного клиренса - застойные явления верхних дыхательных путей, сочетающееся с холодовым воздействием. [2, 6]

В норме температура слизистой оболочки трахеи колеблется от 35 до 36° С. [1, 3] Согласно данным экспериментальных исследований, частота биения ресничек (ЧБР) в слизистой оболочке трахеи изменяется в зависимости от температуры среды: при 37° С она на 1–2 Гц выше, чем при 22° С, что означает снижение механической и барьерной функций цилиарного эпителия и, следовательно, снижение местного иммунитета. [5, 9] Патологические реакции в слизистой оболочке трахеи, возникающие в невесомости в условиях

низких температур, мало изучены.

В результате воздействия гипогравитации, жидкостные среды организма перемещаются из каудального в краниальный конец тела. Поэтому пребывание космонавтов на планетах с пониженной гравитацией может вызывать застойные явления в легких, что негативно влияет на дренажную функцию бронхов и способствует переходу условно-патогенной микрофлоры в патогенную. [3, 4, 8]

Эффективное очищение органов дыхания от накопившегося секрета и, тем самым, снижение влияния патогенных факторов, заставляет исследователей разрабатывать методы, направленные на сохранение мукоцилиарного транспорта.

Цель исследования: изучить влияние сочетанного действия гипогравитации и холодового воздействия на мукоцилиарный клиренс самцов крыс.

Материалы и методы

Условия гипогравитации моделировались в устройстве-клиностате для моделирования эффектов пониженной гравитации на лабораторных особях (№ патента на полезную модель: 183861), благодаря возможности вывешивать животное с поднятием каудальной части над краниальной на 15 градусов. Охлаждение проводили в климатической камере (тип 3001 ILKA, Германия) при температуре -15° С по 3 часа ежедневно. Исследование проводилось на 20 крысах-самцах возрастом 8-10 недель и массой тела 150 – 200 г. Все животные содержались в условиях вивария ФГБОУ ВО Амурской ГМА Минздрава России на стандартном пищевом рационе. Особи были разделены на 2 группы (контрольную и экспериментальную) по 10 особей в каждой. Крысы, входящие в экспериментальную группу, вывешивались в камеры гипогравитации (по одной особи в камере) с подъёмом каудальной части на 15 градусов в течение 28 суток и в течение 3-х часов помещались в климатическую камеру

Резюме Космической медициной, основной задачей которой является изучение влияния микрогравитации на физиологию человека, активно разрабатываются профилактические меры, направленные на предотвращение влияния отрицательных факторов воздействия при длительном нахождении в космосе. В организме человека находится условно патогенная флора, которая при снижении иммунного статуса и застойных явлениях в верхних дыхательных путях (в условиях микрогравитации), может воздействовать на слизистую оболочку дыхательных путей как патогенная. Одним из важнейших врожденных защитных механизмов респираторного тракта от повреждающего действия поллютантов, аллергенов и патогенных микроорганизмов является мукоцилиарный клиренс. Это естественный процесс очищения дыхательных путей. В результате транспорта слизи мукоцилиарной системой происходит удаление различных биологически активных и неактивных агентов. Мукоцилиарный клиренс обеспечивается эффективным колебанием ворсинок реснитчатого эпителия. Воздействие неблагоприятных факторов внешней среды деструктивно влияет на морфофункциональную структуру слизистой оболочки трахеи и, следовательно, на мукоцилиарный аппарат.

Ключевые слова: невесомость, микрогравитация, мукоцилиарный клиренс, мукоцилиарная недостаточность.

для охлаждения ежедневно. Контрольная группа не подвергалась воздействию. Для прижизненного исследования функциональной активности ресничек мерцательного эпителия биоптат помещался в специальную камеру со средой (раствор Хенкса). Регистрацию колебательной активности ресничек проводили с помощью компьютерной системы. В качестве основных методов контроля использовались: частота биения ресничек (ЧБР) - это количество циклов, совершаемых ресничками в секунду времени, измеряемое в герцах (Гц), а также гистологический анализ тканей трахеи. Забор тканей и органов на гистологический анализ осуществлялся при выведения особей из эксперимента.

Результаты исследования

Исследование функциональной способности ресничек мерцательного эпителия трахеи у контрольных и экспериментальных особей выявило, что среднее значение частоты колебаний ресничек на 1000 точек составило у контрольной группы животных $24,07 \pm 1,95$ Гц, у экспериментальных особей равняется $4,66 \pm 1,08$ Гц ($p < 0,001$ -уровень статистической значимости различий показателей по сравнению с группой интактных животных. Различия между измеренными показателями рассчитаны непарным критерием Стьюдента). При микроскопировании слизистой оболочки трахеи контрольной группы мы видим, что все клетки соприкасаются своими базальными полюсами с базальной мембраной. Они обычной цилиндрической формы, ядра овальные, расположены ближе к базальному полюсу клетки, реснички находятся в апикальной части клеток без выраженных

деформаций. Базальная мембрана ровная без видимых утолщений распространяется по всему эпителию трахеи. В экспериментальной группе реснички мерцательного эпителия дезориентированы. Наблюдается деформация реснитчатого эпителия (реснички мерцательного эпителия дезориентированы), округление и уменьшение размеров ядер и клеток эпителиального пласта, за счет этого происходит снижение высоты эпителия. Соединительная ткань отечна с незначительными очагами инфильтрации. Так же наблюдается слущивание эпителия с оголением базальных клеток.

Обсуждение полученных данных

Результаты исследования показали, что дистрофические процессы, происходящие в эпителии, влияют на функциональную активность реснитчатых клеток, которая проявляется в значительном понижении колебательных движений ресничек по сравнению с нормой. Это объясняется сочетанным воздействием двух патогенных факторов, к которым относятся холодовой стресс и ортостатическое вывешивание, значительно изменившие тканевую структуру слизистой оболочки трахеи и негативно повлиявшие на мукоцилиарный клиренс.

Заключение

Все это указывает на то, что действие сочетанного воздействия ортостатического вывешивания и холодового стресса отрицательно влияет на двигательную активность ресничек мерцательного эпителия крыс, которая в дальнейшем может привести к застойным явлениям на поверхности

MORPHO-FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE TRACHEA OF RATS UNDER ORTHOSTATIC HANGING WITH COLD EXPOSURE IN THE EXPERIMENT

M.M. Gorbunov¹, S.S. Tseluyko¹, A.N. Odireev², K.F. Kilimichenko², D.A. Grigoryev¹, A.S. Shikulsky¹, P.A. Mikhailova¹, T.S. Nesterenko¹, M.E. Kropotova¹

FSBEI HE the Amur State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia¹ Blagoveshchensk; Federal State Budgetary Institution "Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration" RAS², Blagoveshchensk

Abstract Space medicine, the main task of which is to study the effect of microgravity on the human physiology, is actively developing preventive measures aimed at preventing the influence of negative impact factors during prolonged stay in space. In the human body there is a conditionally pathogenic flora, which, with a decrease in immune status and stagnation in the upper respiratory tract (under microgravity conditions), can affect the mucous membrane of the respiratory tract as pathogenic. One of the most important innate protective mechanisms of the respiratory tract from the damaging effects of pollutants, allergens and pathogenic microorganisms is mucociliary clearance. This is a natural process of cleansing the airways. As a result of mucus transport by the mucociliary system, various biologically active and inactive agents are removed. Mucociliary clearance is provided by an effective vibration of the villi of the ciliary epithelium. The impact of adverse environmental factors destructively affects the morphofunctional structure of the mucous membrane of the trachea and, therefore, the mucociliary apparatus.

Key words: weightlessness, microgravity, mucociliary clearance, mucociliary insufficiency.

DOI 10.22448/AMJ.2019.4.35-37

эпителия трахеи и негативно влиять на развитие патологического процесса активации окислительного стресса.

Литература

1. Гавриленко И.С. Мокрота. Исследование трахеобронхиального содержимого (ТБС) / Военно-медицинская академия. СПб., 1999. С. 1–10.

2. Доровских В.А., Бородин Е.А., Целуйко С.С. Антиоксиданты в профилактике и коррекции холодового стресса. Благовещенск: Изд-во Амурской ГМА, 2001. 183. С. 3.

3. Доровских В.А., Красавина Н.П., Целуйко С.С. Мукоцилиарный клиренс органов дыхания на фоне действия недокромила натрия и лазерного облучения в клинике и эксперименте // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2009. Вып.32. С. 7–11.

4. Камышников В.С., Колб В.Г., Ломако М.Н. Липидный обмен при неспецифических заболеваниях лёгких // Сов. медицина. 1984. №10. С. 3–7.

5. Красавина Н.П., Целуйко С.С. Тучные клетки органов дыхания и перспективы их изучения (обзор литературы) // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2004. Вып.19. С. 74–79.

6. Респираторная медицина / под ред. А.Г. Чучалина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. Т.1. С. 23–338.

7. Целуйко С.С., Горбунов М.М., Одиреев А.Н. Влияние ортостатического вывешивания крыс на морфофункциональную структуру трахеи крыс в эксперименте // Амурский медицинский журнал. 2018. Вып. 4(24). С. 47–50.

8. Нестеренко Т.С., Григорьев Д.А., Шиккульский А.С. Способы моделирования физиологических эффектов гипогравитации в эксперименте // Проблемы медицины и биологии. 2019. С. 48–52.

9. Luft I.H. Ruthenim red and violet (1966). В кн. Г. Гайер. Электронная микроскопия. М.: Мир, 1974. С.264.

Статья поступила в редакцию 11.09.2019

Координаты для связи

Горбунов Михаил Михайлович, к. б. н., м. н. с. ЦНИЛ ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России.

Целуйко Сергей Семенович, д. м. н., профессор, проректор по научной работе, зав. кафедрой гистологии с биологией ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России.

Одиреев Андрей Николаевич, д. м. н., руководитель лаборатории профилактики неспеци-

фических заболеваний легких, заведующий эндоскопическим отделением клиники ФГБНУ ДВНЦ ФПД СО РАН.

Килимиченко Ксения Федоровна, аспирант, врач-пульмонолог ФГБНУ ДВНЦ ФПД СО РАН. E-mail: kolemuálnaya@mail.ru

Михайлова Полина Андреевна, студент ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России. E-mail: lenami1971@mail.ru

Шиккульский Антон Сергеевич, студент ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России. E-mail: mr.shikulskiy@mail.ru

Нестеренко Тимофей Сергеевич, студент ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России. E-mail: nesterenko1613@bk.ru

Григорьев Дмитрий Алексеевич, студент ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России. E-mail: Grigoryev.Dmitry.GrD@yandex.ru

Кропотова Марина Евгеньевна, студент ФГБОУ Амурская ГМА Минздрава России. E-mail: marinda1997255@gmail.com

Почтовый адрес ФГБОУ ВО Амурская ГМА Минздрава России: 67501100, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Горького, 95. E-mail: AmurSMA@AmurSMA.su, science.dep@AmurSMA.su

Почтовый адрес ФГБНУ ФГБНУ ДВНЦ ФПД СО РАН.: 675011 г. Благовещенск, ул. Калинина, 22