

**МЕТОД ПРИЖИЗНЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЛИМФОТОКА ЛЕГКИХ ВЗРОСЛОГО КРОЛИКА****THE METHOD OF INTRAVITAL EXPERIMENTAL STUDY OF LUNG LYMPH FLOW IN ADULT RABBIT**

**Ключевые слова:** лимфатическая система, легкие, кролик, прижизненный лимфоток, эксперимент, индикатор, аэрозольное введение.

Целью исследования было разработать и апробировать метод прижизненного исследования лимфатического русла легких для взрослого кролика. Объектом для исследований послужили регионарные лимфатические узлы и легкие от 56 взрослых клинически здоровых кроликов, содержащихся в идентичных условиях вивария. Методы исследований: прижизненное аэрозольное введение индикатора с последующей эутаназией, патологоанатомическим вскрытием, инъекцией цветными массами, изготовлением гистологических препаратов с морфометрией и статистикой. За основу взяли идею о прижизненном (аэрозольном) введении порошкообразного индикатора, который, попадая в легкие не меняет своих физико-химических свойств и может проникнуть в лимфатическую систему легких. За экспериментальную модель был взят вид животных «кролик». В результате, разработанный нами метод позволил выявить, что движение частиц имеет четко выраженную периодичность: накопление индикатора – его движение – стабилизация – движение. В течение первого часа (после ингаляции) индикатор проникает в мелкие лимфососуды паренхимы легких в средней и высокой концентрации, а часть индикатора подвергалась фагоцитозу; другая часть по лимфотoku попадала в синусы интраорганых лимфатических узлов (где процесс накопления продолжался), а третья двигалась в регионарные лимфатические узлы. Через 1 мес. после введения отмечали частицы в низкой концентрации в лимфатических и кровеносных сосудах паренхимы легких и в фагоцитирующих свободных альвеолярных макрофагах; в регионарных лимфатических узлах легких. Таким образом, разработанный нами метод аэрозольного введения мелкодисперсного порошкообразного индикатора позволил оценить при-

жизненный лимфоток легких взрослого кролика во временном аспекте.

**Keywords:** lymphatic system, lungs, rabbit, intravital lymph flow, experiment, indicator, aerosol introduction.

The research goal was to develop and test a method of intravital study of lung lymphatic bed of adult rabbit. The research targets were regional lymph nodes and lungs of 56 adult apparently healthy rabbits housed under the same conditions in the vivarium. The following research methods were used: intravital aerosol introduction of the indicator with subsequent euthanasia, post-mortem examination, staining, making histologic specimen, morphometry and statistical processing of the obtained data. As a basis we took the idea of the intravital (aerosol) introduction of a powdered indicator which would not change its physical and chemical properties when entering the lungs and might penetrate the lung lymphatic system. The rabbit as an animal species was used as an experimental model. As a result, our method made it possible to reveal that particle movement had a clearly defined periodicity: indicator accumulation – its movement – stabilization – movement. During the first hour (after inhalation), the indicator enters the small lymphatic vessels of the lung parenchyma in medium and high concentrations, some part of the indicator underwent phagocytosis; the other part of the indicator with the lymph flow entered the sinuses of the intraorgan lymph nodes (where the accumulation continued), and the third part moved to the regional lymph nodes. In 1 month after the introduction, low concentrations of particles were found in the lymphatic and blood vessels of the lung parenchyma and in phagocytising free alveolar macrophages, and in regional lymph nodes of the lungs. Thus, our method of aerosol introduction of finely dispersed indicator made it possible to evaluate the intravital lymph flow in lungs of an adult rabbit in time aspect.

**Малофеев Юрий Михайлович**, д.в.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: rabota36@bk.ru

**Ткаченко Лия Викторовна**, д.б.н., доцент, каф. анатомии и гистологии, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: rabota36@bk.ru.

**Malofeyev Yuriy Mikhaylovich**, Dr. Vet. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. E-mail: rabota36@bk.ru.

**Tkachenko Liya Viktorovna**, Dr. Bio. Sci., Assoc. Prof., Chair of Anatomy and Histology, Altai State Agricultural University. E-mail: rabota36@bk.ru.

### Введение

Лимфатическую систему открыл итальянский врач Gasparo Asellius в 1622 г. Основы топографии лимфатических сосудов заложил анатом Mascagni (1752-1815) [1].

Одно из емких современных определений лимфатической системы дали В.И. Коненков и др. [2]. Перефразировав, оно звучит так: лимфатическая система – три синергетически действующих гомеостатических системы (лимфатическое сосудистое русло, лимфоидная (иммунная) система и рыхлая соединительная ткань). Их совокупность обеспечивает лимфодренаж, лимфодетоксикацию, образуя при этом дренажно-детоксикационный комплекс или функциональную протективную систему.

Исходя из целей исследований, лимфоток можно изучать разными способами. Например, введением подкожно меченого радионуклидом альбумина сыворотки человека в верхнюю треть плеча и нижнюю треть голени [3]. Другой пример, исследование микроциркуляции кровотока и лимфотока в коже век методом лазерной доплеровской флоуметрии [4] или при подкожном введении радиофармпрепарата в проекции расположения поверхностных лимфатических сосудов и лимфатических узлов бедра [5].

Наиболее близки нашим исследованиям работы В.К. Коновалова и др. [6], А.А. Криштафович [7], которые вводили контрастные вещества и по скорости их распространения определяли состояние лимфотока.

Необходимо сказать об общепринятых методах, с помощью которых также можно изучать состояние лимфатической системы, например, магнито-резонансная и компьютерная томография, рентгенологические исследования, УЗИ-диагностика, биопсия, гистологические исследования [8].

**Цель и задачи** – разработать и апробировать метод прижизненного исследования лимфатического русла легких для взрослого кролика.

### Объекты и методы исследований

Работа проведена в период 2005-2016 гг. на базе кафедры анатомии и гистологии ФГБОУ ВО

Алтайский ГАУ; кафедры лучевой диагностики и курса военно-полевой терапии ГБОУ ВПО «Алтайский ГМУ» Министерства здравоохранения РФ; отделения магнитно-резонансной томографии КГУЗ «Диагностический центр Алтайского края»; Центральной лаборатории Алтайского шинного комбината.

Объектом для исследований послужили региональные лимфатические узлы и легкие от 56 взрослых клинически здоровых кроликов, содержащихся в идентичных условиях вивария Алтайского ГМУ.

### Методы исследований

Прижизненное аэрозольное введение индикатора [9] с последующей эутаназией [10], патологоанатомическим вскрытием по методу Шора [11], инъекцией цветными массами [12], изготовлением гистологических препаратов с дальнейшей морфометрией и статистикой [13].

### Результаты исследований и их обсуждение

Трудность в прижизненном исследовании такой многогранной системы, как лимфатическая состоит в том, что оно должно охватывать каждый ее элемент.

За основу взяли идею о прижизненном (аэрозольном) введении порошкообразного индикатора, который, попадая в легкие, не меняет своих физико-химических свойств и может проникнуть в лимфатическую систему легких. За экспериментальную модель взят вид животных «кролик».

Для аэрозольного введения мы сконструировали устройство [9], с помощью которого в течение 60 мин. в дозе 1,0 г вводили порошок угля активированного, с размером частиц 5 мкм и менее. Индикатор (уголь) вводили с временным промежутком 1, 2, ..., 72 ч, 1 мес. Полученные результаты подтверждали гистологически.

В результате, разработанный нами метод прижизненного экспериментального исследования лимфотока легких взрослого кролика позволил выявить следующие закономерности:

1) движение частиц имело четко выраженную периодичность: накопление индикатора – его движение – стабилизация – движение;

2) в течение первого часа (после ингаляции) индикатор проникал в мелкие лимфососуды паренхимы легких в средней и высокой концентрации. При этом часть индикатора осаждалась в паренхиме с дальнейшим фагоцитозом, другая часть по лимфотоку попадала в синусы интраорганных лимфатических узлов (где процесс накопления продолжался), а третья двигалась в регионарные лимфатические узлы;

3) через 30 дней после введения частицы в низкой концентрации отмечали в лимфатических и кровеносных сосудах паренхимы легких и в фагоцитирующих свободных альвеолярных макрофагах, в регионарных лимфатических узлах легких.

### Заключение

Разработанный нами метод аэрозольного введения мелкодисперсного порошкообразного индикатора позволил оценить прижизненный лимфоток легких взрослого кролика во временном аспекте.

### Библиографический список

1. Современное представление о физиологии лимфотока и методы его изучения [Электронный ресурс] / Н. Ерофеев. – СПбГУ. – Режим доступа: <https://ppt-online.org/189456>.

2. Коненков В.И., Бородин Ю.И., Любарский М.С. Лимфология. – Новосибирск: Изд-кий дом «Манскрипт», 2012. – С. 3-29, 48-58, 208, 326, 329, 344-412.

3. Способ исследования лимфотока [Электронный ресурс] / В.В. Жидков. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/167/1675779.html>.

4. Сафонова Т.Н. и др. Исследование микроциркуляции кровотока и лимфотока в коже век методом лазерной доплеровской флоуметрии // Вестник офтальмологии. – 2017. – № 133 (3). – С. 16-21.

5. Способ динамической визуализации лимфатических коллекторов нижних конечностей [Электронный ресурс] / М.С. Любарский и др. – 2017. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2304925>.

6. Коновалов В.К. и др. Непрямая аэрозольная лимфография внутригрудных лимфатических узлов в эксперименте // Морфология. – 2002. – № 6. – С. 71-73.

7. Криштафович А.А., Колешко Л.Е. Трахеобронхография порошком тантала // Грудная хирургия. – 1981. – № 2. – С. 57-61.

8. Ваден Ш., Нолл Д., Смит Ф., Тиллей Л. Полное руководство по лабораторным и инструментальным исследованиям у собак и кошек. – М.: Аквариум, 2013. – 1120 с.

9. Ткаченко Л.В., Коновалов В.К., Тютюнников С.В. Устройство для введения порошкообразных препаратов в дыхательную систему лабораторных животных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 8. – С. 69-74.

10. Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных // Приказ Министерства здравоохранения СССР № 755 от 12 августа 1977 г.

11. Патологическая анатомия животных: учебник / В.С. Прудников, Б.Л. Белкин, А.И. Жуков; под ред. В. С. Прудникова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 552 с.: ил.

12. Чумаков В.Ю. Лимфатическое русло сердца некоторых млекопитающих: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 3100800 «Ветеринария». – Абакан: Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 1997. – С. 130-131, 148-152, 178-179.

13. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия: руководство. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.

### References

1. Sovremennoe predstavlenie o fiziologii limfotoka i metody ego izucheniya [Elektronnyy resurs] / N. Yerofeev. – SPbGU. – Rezhim dostupa: <https://ppt-online.org/189456>.

2. Konenkov V.I., Borodin Yu.I., Lyubarskiy M.S. Limfologiya. – Novosibirsk: Izdatelskiy dom «Manskript», 2012. – S. 3-29, 48-58, 208, 326, 329, 344-412.

3. Sposob issledovaniya limfotoka [Elektronnyy resurs] / V.V. Zhidkov. – Rezhim dostupa: <http://www.findpatent.ru/patent/167/1675779.html>.

4. Safonova T.N. i dr. Issledovanie mikrotsirkulyatsii krovotoka i limfotoka v kozhe vek metodom lazernoy dopplerovskoy floumetrii // Vestnik oftalmologii. – 2017. – No. 133 (3). – S. 16-21.

5. Sposob dinamicheskoy vizualizatsii limfaticeskikh kollektorov nizhnikh konechnostey [Elektronnyy resurs] / M.S. Lyubarskiy i dr. – 2017. – Rezhim dostupa: <http://www.freepatent.ru/patents/2304925>.
6. Konovalov V.K. i dr. Nepryamaya aerezolnaya limfografiya vnutrigrudnykh limfaticeskikh uzlov v eksperimente // Morfologiya. – 2002. – No. 6. – S. 71-73.
7. Krishtafovich A.A., Koleshko L.Ye. Trakheobronkhografiya poroshkom tantala // Grudnaya khirurgiya. – 1981. – No. 2. – S. 57-61.
8. Vaden Sh., Noll D., Smit F., Tilley L. Polnoe rukovodstvo po laboratornym i instrumentalnym issledovaniyam u sobak i koshek. – M.: Akvarium, 2013. – 1120 s.
9. Tkachenko L.V., Konovalov V.K., Tyutyunnikov S.V. Ustroystvo dlya vvedeniya poroshkoobraznykh preparatov v dykhatelnuyu sistemu laboratornykh zivotnykh // Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. – 2009. – No. 8. – S. 69-74.
10. Pravila provedeniya работ s ispolzovaniem eksperimentalnykh zivotnykh // Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya SSSR No. 755 ot 12 avgusta 1977 g.
11. Patologicheskaya anatomiya zivotnykh / V.S. Prudnikov, B.L. Belkin, A.I. Zhukov; pod red. V.S. Prudnikova: uchebnik. – Minsk: IVTs Minfina, 2016. – 552 s.: il.
12. Chumakov V.Yu. Limfaticeskoe ruslo serdtsa nekotorykh mlekopitayushchikh: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy, obuchayushchikhsya po spetsialnosti 3100800 «Veterinariya». – Abakan: Khakasskiy gosudarstvennyy universitet im. N.F. Katanova, 1997. – S. 130-131, 148-152, 178-179.
13. Avtandilov G.G. Meditsinskaya morfometriya: rukovodstvo. – M.: Meditsina, 1990. – 384 s.



УДК 611.42

Л.В. Ткаченко  
L.V. Tkachenko

## МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛИМФАТИЧЕСКИХ КАПИЛЛЯРОВ ЛЕГКОГО КРОЛИКА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ АНТРАКОЗЕ

### MORPHOFUNCTIONAL SIGNIFICANCE OF RABBIT LUNG LYMPHATIC CAPILLARIES AT EXPERIMENTAL ANTHRACOSIS

**Ключевые слова:** лимфатический капилляр, интраорганное русло, лимфоток, легкие, индикатор, кролик, антракоз, эксперимент, антракоз.

История вопроса о морфологической, функциональной классификации лимфатических капилляров паренхимы органов обширна. Целью исследований – изучить морфофункциональное значение лимфатических капилляров легкого кролика при экспериментальном антракозе. Исследования выполнялись 2005-2016 гг. на базе кафедры анатомии и гистологии ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ. Объектом исследований послужили легкие от 56 взрослых клинически здоровых кроликов. Использовали методы исследований: аэрозольного введения мел-

кодисперсного порошкообразного индикатора; эвтаназии животного; патологоанатомического вскрытия; внутриканевой инъекции цветных масс; гистологического исследования, с изготовлением парафиновых срезов, просветлением в КОН и глицерине; анализом морфометрических и статистических данных. Экспериментальный антракоз воспроизводили по средствам аэрозольного введения мелкодисперсного порошка угля активированного. К корневым лимфатическим сосудам или лимфатическим капиллярам относятся сосуды с диаметром до 0,001 (малые) – 0,004 мм (средние); в форме трубочек, которые формируют извилистую сеть по всей паренхиме органа; на их долю приходится до 80-90% интраорганного лимфатического русла легкого взрослого кролика. Не-