

НЕТУБЕРКУЛЕЗНЫЕ МИКОБАКТЕРИИ В «НЕЖИВОЙ И ЖИВОЙ ПРИРОДЕ», ЗАРАЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

В.И. Литвинов

ГКУЗ «Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения города Москвы»

Многие годы и десятилетия считалось, что нетуберкулезные микобактерии (НТМБ) – свободно живущие природные сапрофиты. Их постоянно выделяют из различных источников, включая пресную и соленую воду, почву и биологические пленки, практически во всех регионах мира [14, 21, 23, 27].

Однако сегодня не осталось сомнений, что целый ряд НТМБ являются потенциальными патогенами. В организм человека они чаще всего попадают через вдыхаемый воздух, содержащий аэрозоли, образующиеся над почвой (поверхностные слои), болотами, естественными водоемами, их выделяют из искусственных «водных резервуаров» – водопроводной, питьевой воды, бассейнов, рыбных танков [2, 3, 4, 5, 20, 22, 23, 27, 54].

Основными методами обнаружения НТМБ в окружающей среде многие годы были микробиологические, однако сегодня для этих целей широко используют и молекулярно-генетические тесты [20, 23, 25, 52].

Воздействие человека на экологию часто имеет своим следствием увеличение количества НТМБ во внешней среде (в воде и почве) [2, 20, 23].

Одним из основных мест обитания НТМБ в окружающей среде является вода. При этом некоторые их виды (*M. xenopi*, *M. smegmatis*, *M. simiae* и МАС) термофильны, то есть выживают и растут при температуре 45 °С (эти виды способны расти в воде и при температуре 55 °С). Другие виды, в том числе *M. kansasii*, *M. goodii*, *M. fortuitum*, *M. chelonae*, *M. abscessus* и *M. mucogenicum*, не переносят температуру выше 45 °С и обычно содержатся только в холодной воде [4, 10, 20, 21, 23, 27].

МАС, а также быстрорастущие НТМБ, такие как *M. abscessus*, *M. chelonae*, *M. mucogenicum*, *M. fortuitum*, часто обнаруживают в биопленке (водопроводной воде). «Биопленка» в водопроводах (и других источниках) является очень важным компонентом «естественного культивирования» НТМБ [7, 9, 20, 23, 33, 59].

Биопленка – тонкий слой твердой (трубы) и жидкой (вода) поверхностей. Непроницаемые стенки микобактерий, содержащие жирные кислоты и воск, обуславливают гидрофобную поверхность, способствующую склеиванию с твердыми субстратами (например, трубы) в водной среде, что приводит

к персистенции микобактерий и их устойчивости к смыву струей воды. Такая пленка присутствует почти во всех системах сбора воды и трубопроводах и, вероятно, обеспечивает «питательную поддержку» микроорганизмов [20, 23].

Поскольку НТМБ резистентны ко многим дезинфицирующим препаратам, их персистенция может быть связана с селекцией, обусловленной соответствующей обработкой воды [23, 48, 51].

J. Falkinham [20, 23] отметил, что дезинфицирующие средства, находящиеся в водопроводной воде, не убивают НТМБ. Так, МАС во много раз резистентнее к хлорированию воды, чем другие микроорганизмы, эта процедура даже способствует их селекции. Такая вода также содержит гидрокарбонаты и биоциды, которые являются субстратами для роста микобактерий.

По данным Т. Primm и соавт. [47], при хлорировании водопроводной воды преимущественно выживают микобактерии окружающей среды. Широкое применение хлорирования способствует селекции более устойчивых штаммов и, возможно, объясняет смену штаммов от *M. scrofulaceum* до *M. avium*, которые, например, являются основной причиной цервикальных лимфаденитов у детей.

Таким образом, «человеческая активность» (как уже было сказано выше) воздействует на экологию микобактерий.

Нетуберкулезные микобактерии вызывают различную патологию у животных. Наиболее «яркими» примерами заболеваний, вызванных НТМБ у животных, являются поражения крупного рогатого скота – *M. paratuberculosis* (болезнь Джонса) и кур (и других птиц) – *M. avium* [2, 3, 12, 20].

В многочисленных работах приведены данные об инфицировании разных диких и домашних животных НТМБ, во многих случаях с развитием патологии.

Так, болезнь Джонса у крупного рогатого скота – одно из наиболее распространенных заболеваний, оно приносит огромный экономический ущерб, поскольку инфицирование *M. paratuberculosis* существенно снижает длительность выведения и количественные параметры продукции молока [13, 19, 32, 53].

Распространение инфекции, вызванной *M. paratuberculosis*, в стадах и у диких животных было исследовано в Австрии [18]. В период с июля 2000 г. до сентября 2004 г. авторы изучали мезентериальные лимфатические узлы от 483 диких животных (живых и павших) и от 338 «забитых» коров. Изучали также образцы других органов, в первую очередь печени и легких, проводили и исследование плодов. Исследование включало использование ПЦР и бактериологических методов. Среди диких животных и птиц были обследованы красные олени (в том числе павшие), косули, серны, муфлоны, козероги, лисы, горные зайцы, дикие мыши, глухари – у всех этих видов были обнаружены *M. paratuberculosis*. В некоторых случаях была выявлена внутриутробная передача НТМБ. В большинстве случаев у диких животных этот вид микобактерий обнаруживали в легких, печени и подкожных гранулемах. При изучении 338 образцов мезентериальных лимфатических узлов от крупного рогатого скота из 333 хозяйств в 88 образцах из 77 хозяйств обнаружены признаки паратуберкулеза. Авторы подчеркивают, что увеличение частоты паратуберкулеза у диких животных заставляет быть «настороженным» в отношении того, что они могут явиться источником заражения крупного рогатого скота в домашних хозяйствах – это частично подтверждено при молекулярно-генетических исследованиях.

M. avium (как это понятно из их названия) являются возбудителем заболевания, подобного туберкулезу, у птиц (в первую очередь домашних – кур, гусей) [2, 3, 20, 23].

Заболевания, вызванные НТМБ, обнаруживаются и у рыб, в том числе аквариумных. У больных рыб наблюдают повреждения кожи, иногда – кератозный конъюнктивит. Болезнь длится от нескольких дней до нескольких месяцев, заканчивается гибелью рыб. При вскрытии отмечают главным образом поражения печени и почек. Заболевание из водоема заносится в аквариум вместе с рыбами, кормом, растениями и грунтом, если он не был прокипячен и прокален, а также вместе с рыбами, растениями, водой и инвентарем из другого зараженного аквариума. Рыбы и растения необходимо уничтожить, аквариум дезинфицировать 3% раствором хлорамина (возбудители устойчивы к растворам кислот и щелочей). Грунт и инвентарь необходимо кипятить не менее 30 минут [8, 11, 43, 45, 46].

М. Pate и соавт. [45] обследовали 35 аквариумных рыб (более 10 видов), от 23 из них были изолированы НТМБ (чаще всего *M. fortuitum*, *M. gordonae* и *M. marinum*, реже *M. chelonae* и *M. peregrinum*, в одном случае даже сочетание *M. marinum* и *M. fortuitum*). Установлено также, что *M. marinum* патогенны для лягушек [20].

Патологические изменения в тканях, «характерные» для заболеваний, вызванных микобактериями, были выявлены у королевского питона, инфицированного *M. haemophilum* и *M. marinum* (по данным молекулярно-генетических исследований) [33].

M. marinum также может вызывать гранулематозные поражения у морских ежей [17].

По данным L. Marsollier и соавт. [40], водяная улитка может быть «пассивным» хозяином *M. ulcerans*, она, вероятно, получает возбудителя от водяного жука. *M. ulcerans* обнаружены в слюнных железах «в головной капсуле» и «мезодермальной полости» водяного клопа [39].

О возможности заражения НТМБ свидетельствует ряд экспериментальных моделей, воспроизведенных на рыбах и других видах животных. Так, разработаны модели НТМБ-инфекций на мышах: *M. fortuitum* [44], *M. ulcerans* [41], *M. avium* [50], *M. abscessus* [42] и др. Инфекцию *M. ulcerans* удается воспроизвести на крысах, морских свинках, броненосцах, обезьянах [41, 58]. Описаны экспериментальные модели (*M. marinum*, *M. peregrinum*) на рыбах [29]. Нетуберкулезные микобактерии (*M. massiliensis*, *M. peregrinum*) удается культивировать в простейших (амебе) [20].

В рамках данного обзора нет возможности (да и необходимости) приводить множество примеров по проблеме патологии, вызываемой НТМБ у животных, птиц и др., для более детального изучения этой проблемы можно, например, обратиться к обзорной работе H. Bercovier и V. Vincent [12], которые проанализировали данные о распространении ряда НТМБ у домашних и диких животных, привели сведения о характере заболеваний, вызываемых этими возбудителями, их диагностике и лечении (на экспериментальных моделях) и чувствительности НТМБ, выделенных от животных, к антибактериальным препаратам.

Сложилось мнение, что большинство людей и животных заражаются НТМБ из окружающей среды, но как они поступают в организм точно неизвестно. Вполне вероятно, что НТМБ могут подвергаться «трансмиссии» между внешней средой, особями дикой природы, домашними животными и человеком. Вместе с тем считается, что передача НТМБ от человека к человеку происходит редко (или вообще не происходит) [12, 13, 20, 35, 47].

Естественно, что НТМБ, содержащиеся в аэрозолях, образующихся над водой и почвой, могут играть важную роль в возникновении респираторных заболеваний. Поражения кожи могут развиваться при непосредственном контакте с землей и водой, заражение НТМБ может происходить и через желудочно-кишечный тракт (и т.д.) [5, 20, 23, 31, 38]. Так, основными источниками развития диссеминированных микобактериозов являются органы дыхания и желудочно-кишечный тракт [56].

J. Falkinham и соавт. [20, 23] и многие другие авторы показали, что инфицирование лиц, подверженных риску развития вызванных НТМБ заболеваний легких, происходит через окружающую среду, в том числе через городское водоснабжение, почву и другие водные источники. Это было зафиксировано для случаев «легких горячей ванны» при инфицировании

M. avium и для других случаев вызванных НТМБ заболеваний при сравнении образцов из легких и водопроводной воды в домах/на работе.

Прямое инфицирование НТМБ из воды и других природных источников происходит у больных с повреждениями кожи и мягких тканей [20, 23].

Многие быстрорастущие микобактерии связаны с посттравматическими или послеоперационными инфекциями. Чаще всего при этом выявляют *M. fortuitum*, *M. chelonae* и *M. abscessus*, однако описывают и «новые виды», в том числе *M. goodii* [14] и *M. massiliense* [57].

Инфекции костей, суставов и других тканей и органов часто связаны с травмами или хирургическими (в частности, с помощью лазера) вмешательствами [15, 16, 36, 49, 56].

Инфекция НТМБ через катетер (перитонеальный, внутривенный, ЦНС) с бактериемией – сепсисом и поражениями разных органов, а в ряде случаев с генерализованным процессом – сегодня приобретает очень серьезное значение. Эти поражения развиваются у иммунокомпрометированных (но не только) лиц [14, 20, 23, 27].

Во всем мире все чаще имеют место вспышки кожных микобактериозов, как правило, вызванных быстрорастущими микобактериями. Возбудитель проникает в организм хозяина при инъекции (вакцины, местная анестезия) или при использовании инфицированных дезинфицирующих средств, чаще всего при косметических процедурах [56].

Вопрос о передаче НТМБ от животных человеку все-таки трактуется неоднозначно. Так, проведенные серологические исследования позволили предположить, что передачи НТМБ-инфекций от животных человеку не происходит [55]. Некоторые молекулярно-генетические исследования также показали, что штаммы одних и тех же видов НТМБ, вызывающие заболевания у животных, рыб и людей, разные [6, 28].

С другой стороны, ряд авторов считает, что «природным» источником *M. avium* (для человека) могут быть дикие и домашние птицы и животные (крупный рогатый скот, свиньи) [1, 23].

Было продемонстрировано значительное генетическое сходство штаммов *M. avium/paratuberculosis*, полученных от пациентов с болезнью Крона и от животных с болезнью Джонса [26, 30].

За последние десятилетия были описаны вспышки (множественные или повторные заболевания НТМБ инфекциями в рамках одного учреждения) и псевдовспышки (предполагаемые вспышки на основе ложноположительных посевов) заболеваний, связанные с медицинскими учреждениями. Исследования с использованием геномной дактилоскопии показали, что водопроводная вода, приготовленный из нее лед, вода для диализа и дистиллированная вода содержат НТМБ [27, 37].

Микобактериозы, источник которых находится в медицинских учреждениях, связаны в первую очередь с контаминацией водопроводной воды, которую, вопреки правилам, используют, например, для ополаскивания эндоскопов (естественно, не на конечном этапе их обработки), а также растворов, применяемых для инъекций и обработки ран. Это может происходить при операциях, инъекциях, в спа-салонах, при длительной катетеризации вен и др. [27].

Вспышки НТМБ инфекций в медицинских учреждениях включают заболевания, связанные с кардиохирургией (в первую очередь стернотомией), инъекциями, особенно в «альтернативной» медицине (в связи с контаминацией емкостей с биологическими растворами), пластической хирургией, липосакцией, диализом, длительными внутривенными катетерами, установкой тимпаностомических трубок в среднем ухе и различными другими хирургическими процедурами. Общим фактором при таких вспышках считается воздействие на восприимчивого пациента инфицированной жидкости [20, 23, 27].

Единичные случаи инфицирования в медицинских учреждениях наблюдались в тех же ситуациях, что и вспышки, и псевдовспышки. Наиболее распространены случаи сепсиса, связанные с длительной катетеризацией вен. При хирургических ранах инфекции часто наблюдают после операций на молочных железах (по увеличению или уменьшению размера груди, но редко после мастэктомии в связи с раком молочной железы). Случаи инфицирования были зарегистрированы и при установке протезов, в том числе искусственных сердечных клапанов, коленных и тазобедренных суставов, хрусталиков и металлических стержней в позвонки или длинные трубчатые кости при переломах [14, 24, 27].

Большинство вспышек и псевдовспышек микобактериальных инфекций в медицинских учреждениях были связаны с быстрорастущими НТМБ, особенно *M. fortuitum* и *M. abscessus*. Эти виды, как и другие микобактерии, обладают невероятной выносливостью и устойчивостью к органическим соединениям ртути, хлору, формальдегиду, глутаральдегиду и другим традиционным дезинфицирующим средствам [20, 23].

Имеются единичные факты, свидетельствующие о передаче НТМБ (в частности, *M. abscessus*) от пациента к пациенту у больных кистозным фиброзом [27].

В ряде работ (см. обзор D. Griffith и соавт. [27]) приведены рекомендации по профилактике вспышек и псевдовспышек НТМБ-инфекций в медицинских учреждениях:

1. Внутривенные катетеры:

– при использовании катетеров, особенно после пересадки костного мозга, следует избегать их соприкосновения с водопроводной водой.

2. Волоконно-оптический эндоскоп:

– при автоматической и ручной чистке эндоскопов не рекомендуется использовать водопроводную воду;

- при конечном ополаскивании следует использовать спирт;
- рекомендуется ознакомиться с «Руководством Профессиональной Ассоциации по профилактике и контролю инфекций по использованию гибких эндоскопов» (США) на www.apic.org, где подробно описаны очистка и дезинфекция эндоскопов.

3. Местные инъекции:

- не использовать хлорид бензалкония для дезинфекции кожи, так как он не препятствует росту *M. abscessus*;
- избегать использования многодозных флаконов.

4. Избегать альтернативных методов лечения, связанных с инъекциями неизвестных или незарегистрированных препаратов.

5. Хирургия:

- не использовать водопроводную воду и/или лед, приготовленный из водопроводной воды, в операционной, особенно во время кардиохирургических вмешательств или пластических операций по увеличению груди;
- не промывать открытые раны водопроводной водой;
- амбулаторные учреждения, предоставляющие услуги по пластической хирургии типа липосакции или маммопластики, должны строго соблюдать инструкции по стерилизации.

6. Сбор мокроты:

- пациенты не должны пить или полоскать рот водопроводной водой перед сбором образцов мокроты.

7. Действия при расследовании вспышки:

- ознакомиться с условиями работы медицинского учреж-

дения, в котором зарегистрированы вспышки и псевдовспышки, и микроорганизмами (обычно быстрорастущие микобактерии), вызывающими их;

- незамедлительно принимать меры по прекращению трансмиссии.

Таким образом, входными воротами инфекции НТМБ могут быть органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожа, мягкие ткани и кровь (при парентеральном лечении). Вызовут ли НТМБ поражения, зависит от их патогенности, вирулентности и массивности инфекции. Конечно, существенную роль при этом играет состояние макроорганизма, в первую очередь его иммунной системы.

Вспышки и псевдовспышки микобактериальных инфекций в медицинских учреждениях вызывают дополнительные проблемы по ряду причин: неадекватное лечение при подозрении на туберкулез, риск побочных реакций на препараты, психологический стресс больных, юридические осложнения. Ложноположительные посевы к тому же приводят к отсрочке анализов для диагностики фактического заболевания [20, 23, 27].

Таким образом, НТМБ широко распространены в окружающей среде, они по разным причинам занимают все более широкую нишу в «живой» и «неживой» природе и сегодня представляют значительную опасность в качестве патогена для разных видов, в том числе человека.

Литература

1. Зыков М.П., Ильина Т.Б. Потенциально патогенные микобактерии и лабораторная диагностика микобактериозов. – М.: Медицина, 1978. – 134 с.
2. Литвинов В.И., Макарова М.В., Краснова М.А. Нетуберкулезные микобактерии. – М.: МНПЦБТ, 2008. – 255 с.
3. Литвинов В.И., Макарова М.В., Краснова М.А. Нетуберкулезные микобактерии и микобактериозы // Эпидемиология и инфекц. болезни. – № 6. – 2011. – С. 4–10.
4. Макарова М.В. Нетуберкулезные микобактерии: классификация, эпидемиология, патология у людей и животных, лабораторная диагностика // Пробл. туберкулеза. – 2007. – № 10. – С. 7–17.
5. Отмен Т.Ф., Васильев А.В. Микобактериоз. – СПб.: Мед. пресса, 2005. – 224 с.
6. Ahrens P., Giese S., Klausen J., Inglis N. Two markers, IS901-IS902 and p40, identified by PCR and by using monoclonal antibodies in *Mycobacterium avium* strains // J. Clin. Microbiol. – 1995. – Vol. 33. – N. 5. – P. 1049–1053.
7. Al-Sulami A., Al-Tae A., Wida'a Q. Isolation and identification of *Mycobacterium avium* complex and other nontuberculosis mycobacteria from drinking water in Basra governorate, Iraq // East Mediterr. Health J. – 2012. – Vol. 18, N. 3. – P. 274–278.
8. Anderson E., Frasca S., Asakawa M. et al. Splenic mycobacteriosis in an Atlantic guitarfish, *Rhinobatos lentiginosus* Garman // J. Fish Dis. – 2012. – Vol. 35, N. 7. – P. 541–544.
9. Armbruster C., Forster T., Donlan R. et al. A biofilm model developed to investigate survival and disinfection of *Mycobacterium mucogenicum* in potable water // Biofouling. – 2012. – Vol. 28, N. 10. – P. 1129–1139.
10. Bahram N., Ensieh S., Shraresh M. et al. Isolation and phenotypic identification of nontuberculous mycobacteria existing in Isfahan different water samples // Adv. Biomed. Res. – 2012. – Vol. 1. – P. 18.
11. Beran V., Matlova L., Dvorska L. et al. Distribution of mycobacteria in clinically healthy ornamental fish and their aquarium environment // J. Fish Dis. – 2006. – Vol. 29. – P. 383–393.
12. Bercovier H., Vincent V. Mycobacterial infections in domestic and wild animals due to *Mycobacterium marinum*, *M. fortuitum*, *M. chelonae*, *M. porcinum*, *M. farcinogenes*, *M. smegmatis*, *M. scrofulaceum*, *M. xenopi*, *M. kansasii*, *M. simiae* and *M. genavense* // Rev. Sci. Tech. – 2001. – Vol. 20, N. 1. – P. 265–290.

13. Biet F., Boschirolti M., Thorel M. et al. Zoonotic aspects of *Mycobacterium bovis* and *Mycobacterium avium*-intracellulare complex (MAC) // *Vet. Res.* – 2005. – Vol. 36. – P. 411-436.
14. Brown-Elliott B., Wallace R. Infections caused by nontuberculous mycobacteria // *Principles and practice of infectious disease* / ed. G. Mandell. – 2005. – Vol. 2. – P. 2909–2916.
15. Chu H., Hu F. Non-tuberculous mycobacterial keratitis // *Clin. Microbiol. Infect.* – 2013. – Vol. 19, N. 3. – P. 221–226.
16. Culton D., Lachiewicz A., Miller B. Nontuberculous mycobacterial infection after fractionated CO₂ laser resurfacing // *Emerg. Infect. Dis.* – 2013. – Vol. 19, N. 3. – P. 365–370.
17. De la Torre C., Vega A., Carracedo A., Toribio J. Identification of *Mycobacterium marinum* in sea-urchin granulomas // *Br. J. Dermatol.* – 2001. – Vol. 145, N. 1. – P. 114–116.
18. Deutz A., Spengler J., Wagner P. et al. *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in wild animal species and cattle in Styria/Austria // *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* – 2005. – Vol. 118, N. 7-8. – P. 314–320.
19. Eda S., Elliott B., Scott M. et al. New method of serological testing for *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (Johne's disease) by flow cytometry // *Foodborne Pathog. Dis.* – 2005. – Vol. 2, N. 3. – P. 250–262.
20. Falkinham J. Ecology of nontuberculous mycobacteria – where do human infections come from? // *Semin. Resp. Crit. Care Med.* – 2013. – Vol. 34, N. 1. – P. 95–102.
21. Falkinham J., Norton C., Le Chevallier M. Factors influencing numbers of *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium intracellulare* and other mycobacteria in drinking water distribution systems // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2001. – Vol. 67. – P. 1225–1231.
22. Falkinham J. Mycobacterial aerosols and respiratory disease // *Emerg. Infect. Dis.* – 2003. – Vol. 9. – P. 763–767.
23. Falkinham J. Nontuberculous mycobacteria in the environment // *J. Clin. Chest Med.* – 2002. – Vol. 23. – P. 529–551.
24. Fernandez-Rendon E., Cerna-Cortes J., Ramirez-Medina M. et al. *Mycobacterium mucogenicum* and other nontuberculous mycobacteria in potable water of a trauma hospital: a potential source for human infection // *J. Hosp. Infect.* – 2012. – Vol. 80, N. 1. – P. 74–76.
25. Gamboa M., Kimbirauskas R., Merritt R., Monaghan M. A molecular approach to identifying the natural prey of the African creeping water bug *Naucoris*, a potential reservoir of *Mycobacterium ulcerans* // *J. Insect. Sci.* – 2012. – Vol. 12. – P. 2.
26. Ghadiali A., Strother M., Naser S., Manning E. *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* strains isolated from Crohn's disease patients and animal species exhibit similar polymorphic locus patterns // *J. Clin. Microbiol.* – 2004. – Vol. 42, N. 11. – P. 5345–5348.
27. Griffith D., Aksamit T., Brown-Elliott B. et al. An official ATS/IDSA statement: diagnosis, treatment, and prevention of nontuberculous mycobacterial diseases // *J. Resp. Crit. Care Med.* – 2007. – Vol. 175, N. 4. – P. 367–416.
28. Guerrero C., Bernasconi C., Burki D. et al. A novel insertion element from *Mycobacterium avium*, IS1245, is a specific target for analysis of strain relatedness // *J. Clin. Microbiol.* – 1995. – Vol. 33, N. 2. – P. 304–307.
29. Harriff M., Bermudez L., Kent M. Experimental exposure of zebrafish, *Danio rerio* (Hamilton), to *Mycobacterium marinum* and *Mycobacterium peregrinum* reveals the gastrointestinal tract as the primary route of infection: a potential model for environmental mycobacterial infection // *J. Fish Dis.* – 2007. – Vol. 30, N. 10. – P. 587–600.
30. Harris N., Barletta R. *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in veterinary medicine // *Clin. Microbiol. Rev.* – 2001. – Vol. 14, N. 3. – P. 489–512.
31. Heifets L. Mycobacterial infections caused by nontuberculous mycobacteria // *Semin. in Resp. Crit. Care Med.* – 2004. – Vol. 25, N. 3. – P. 283–295.
32. Hendrick S., Kelton D., Leslie K. et al. Effect of paratuberculosis on culling, milk production, and milk quality in dairy herds // *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* – 2005. – Vol. 227, N. 8. – P. 1302–1308.
33. Hernandez-Divers S., Shearer D. Pulmonary mycobacteriosis caused by *Mycobacterium haemophilum* and *M. marinum* in a royal python // *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* – 2002. – Vol. 220, N. 11. – P. 1661–1663, 1650.
34. Hernández-Garduño E., Elwood K. Nontuberculous mycobacteria in tap water // *Emerg. Infect. Dis.* – 2012. – Vol. 18, N. 2. – P. 353–361.
35. Kasperbauer S., Huitt G. Management of extrapulmonary nontuberculous mycobacterial infections // *Semin. Resp. Crit. Care Med.* – 2013. – Vol. 34, N. 1. – P. 143–150.
36. Lim J., Kim J., Yang H. Management of infections with rapidly growing mycobacteria after unexpected complications of skin and subcutaneous surgical procedures // *Arch. Plast. Surg.* – 2012. – Vol. 39, N. 1. – P. 18–24.
37. Maloney S., Welbel S., Daves B. et al. *Mycobacterium abscessus* pseudoinfection traced to an automated endoscope washer: utility of epidemiologic and laboratory investigation // *J. Infect. Dis.* – 1994. – Vol. 169, N. 5. – P. 1166–1169.
38. Marras T., Daley C. Epidemiology of human pulmonary infection with nontuberculous mycobacteria // *Clin. Chest. Med.* – 2002. – Vol. 23, N. 3. – P. 553–567.
39. Marsollier L., Aubry J., Milon G., Brodin P. Aquatic insects and transmission of *Mycobacterium ulcerans* // *Med. Sci. (Paris)*. – 2007. – Vol. 23, N. 6-7. – P. 572–575.
40. Marsollier L., Sévénin T., Aubry J. et al. Aquatic snails, passive hosts of *Mycobacterium ulcerans* // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2004. – Vol. 70, N. 10. – P. 6296–6298.
41. Oliveira M., Fraga A., Torrado E. et al. Infection with *Mycobacterium ulcerans* induces persistent inflammatory responses in mice // *Infect. Immun.* – 2005. – Vol. 73, N. 10. – P. 6299–6310.
42. Ordway D., Henao-Tamayo M., Smith E. et al. Animal model of *Mycobacterium abscessus* lung infection // *J. Leukoc. Biol.* – 2008. – Vol. 83, N. 6. – P. 1502–1511.
43. Parikka M., Hammarén M., Harjula S. et al. *Mycobacterium marinum* causes a latent infection that can be reactivated by gamma irradiation in adult zebrafish // *PLoS Pathog.* – 2012. – Vol. 8, N. 9. – e1002944.

44. Parti R., Srivastava S., Gachhui R., Srivastava K. Murine infection model for *Mycobacterium fortuitum* // *Microbes Infect.* – 2005. – Vol. 7, N. 3. – P. 349–355.
45. Pate M., Jencic V., Zolnir-Dovc M., Ocepek M. Detection of mycobacteria in aquarium fish in Slovenia by culture and molecular methods // *Dis. Aquat. Organ.* – 2005. – Vol. 64, N. 1. – P. 29–35.
46. Prearo M., Zanoni R., Campo Dall'Orto B. et al. Mycobacterioses: emerging pathologies in aquarium fish // *Vet. Res. Commun.* – 2004. – Vol. 28, Suppl. 1. – P. 315–317.
47. Primm T., Lucero C., Falkinham J. Health impact of environmental mycobacteria // *Clin. Microbiol. Rev.* – 2004. – Vol. 17. – P. 98–106.
48. Revetta R., Gomez-Alvarez V., Gerke T. Et al. Establishment and early succession of bacterial communities in monochloramine-treated drinking water biofilms // *FEMS Microbiol. Ecol.* – 2013. – Vol. 86, N. 3. – P. 404–414.
49. Rhie J., Jeong Y., Kim S. Nontuberculous mycobacterial infection related to nasal implant // *Craniofac. Surg.* – 2013. – Vol. 24, N. 4. – P. 1257–1259.
50. Roque S., Nobrega C., Appelberg R., Correia-Neves M. IL-10 underlies distinct susceptibility of BALB/c and C57BL/6 mice to *Mycobacterium avium* infection and influences efficacy of antibiotic therapy // *J. Immunol.* – 2007. – Vol. 178, N. 12. – P. 8028–8035.
51. Sebakova H., Kozisek F., Mudra R. et al. Incidence of nontuberculous mycobacteria in four hot water systems using various types of disinfection // *Can. J. Microbiol.* – 2008. – Vol. 54, N. 11. – P. 891–898.
52. Shin J., Lee H., Cho E. Targeting the *rpoB* gene using nested PCR-restriction fragment length polymorphism for identification of nontuberculous mycobacteria in hospital tap water // *J. Microbiol.* – 2008. – Vol. 46, N. 6. – P. 608–614.
53. Stott A., Jones G., Humphry R., Gunn G. Financial incentive to control paratuberculosis (Johne's disease) on dairy farms in the United Kingdom // *Vet. Rec.* – 2005. – Vol. 156, N. 26. – P. 825–831.
54. Thomson R. Changing epidemiology of pulmonary nontuberculous mycobacteria infections // *Emerg. Infect. Dis.* – 2010. – Vol. 16, N. 10. – P. 1576–1583.
55. Thorel M., Huchzermeyer H., Michel A. *Mycobacterium avium* and *Mycobacterium intracellulare* infection in mammals // *Rev. Sci. Tech.* – 2001. – Vol. 20, N. 1. – P. 204–218.
56. Tortoli E. Clinical manifestations of nontuberculous mycobacteria infections // *Clin. Microbiol. Infect.* – 2009. – Vol. 15, N. 10. – P. 906–910.
57. Viana-Niero C., Lima K., Lopes M. et al. Molecular characterization of *Mycobacterium massiliense* and *Mycobacterium bolletii* in outbreaks of infections after laparoscopic surgeries and cosmetic procedures // *J. Clin. Microbiol.* – 2008. – Vol. 46. – P. 850–855.
58. Walsh D., Dela Cruz E., Abalos R. et al. Clinical and histologic features of skin lesions in a cynomolgus monkey experimentally infected with *Mycobacterium ulcerans* (Buruli ulcer) by intradermal inoculation // *Amer. J. Trop. Med. Hyg.* – 2007. – Vol. 76, N. 1. – P. 132–134.
59. Whiley H., Keegan A., Giglio S., Bentham R. *Mycobacterium avium* complex the role of potable water in disease transmission // *J. Appl. Microbiol.* – 2012. – Vol. 113, N. 2. – P. 223–232.

Сведения об авторе

Литвинов Виталий Ильич – научный руководитель ГКУЗ города Москвы «Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения города Москвы», доктор медицинских наук, профессор, академик РАН

Адрес: 107014, г. Москва, ул. Стромынка, д. 10

Тел. + 7 (495) 603-09-63

e-mail: mnpbtlv@yandex.ru