

УДК 616-036.22

Эпидемиологические особенности микобактериозов, вызванных нетуберкулезными микобактериями

Т.В. Соломай

Межрегиональное управление № 1 ФМБА России, г. Москва

Резюме. Представлен обзор имеющихся литературных данных, посвященный эпидемиологическим особенностям микобактериозов, вызванных нетуберкулезными микобактериями. Определена актуальность исследуемой проблемы. Охарактеризованы возбудители микобактериозов человека, представлена градация клинических форм, характерных для конкретных возбудителей. Подробно описаны возможные источники инфекции и механизмы передачи нетуберкулезных микобактерий, а также группы риска развития микобактериозов. Выявлены проблемы, не позволяющие в полной мере охарактеризовать эпидпроцесс микобактериозов на современном этапе.

Ключевые слова: микобактериоз, нетуберкулезные микобактерии (НТМБ), эпидемиологические особенности, источник инфекции, механизм передачи, распространенность, группы риска.

EPIDEMIOLOGICAL FEATURES OF MYCOBACTERIOSIS CAUSED BY NON-TUBERCULOUS MYCOBACTERIA

T.V. Solomay

Summary. The article provides an overview of the available data in the literature devoted to the epidemiology of mycobacteriosis caused by non-tuberculous mycobacteria. Determine the relevance of the investigated problem. Characterized pathogens mycobacteriosis man shows the grading of clinical forms characteristic of specific pathogens. Detailing possible sources of infection and transmission mechanisms of non-tuberculous mycobacteria, as well as at risk of mycobacteriosis. The problems that do not allow to fully characterize the epidemic process of mycobacteriosis at the present stage.

Key words: mycobacteriosis, non-tuberculous mycobacteria (NTMB), epidemiological features, source of infection, the mechanism of transmission, prevalence, risk group.

В современных условиях социально-экономической нестабильности, неблагоприятной экологической обстановки, высоких уровней заболеваемости различными инфекционными и неинфекционными патологиями, повышенной психоэмоциональной нагрузки происходят существенные изменения эпидемиологических закономерностей многих инфекционных заболеваний. В наибольшей степени данные изменения затрагивают нозологии, вызванные условно-патогенными возбудителями,

которые в условиях сниженной иммунологической реактивности человеческой популяции приобретают эпидемическое распространение. В число таких инфекций входят микобактериозы.

Возбудителями микобактериозов являются условно-патогенные нетуберкулезные микобактерии (НТМБ). На настоящий момент известно около 140 видов НТМБ, из которых, по данным разных авторов, от 30 до 60 способны вызывать заболевания человека [1, 5, 9, 11, 12].

К наиболее распространенным видам, вызывающим заболевания человека, относятся микобактерии *avium – intracellulare* (*M. avium complex – MAC*). По данным отечественных авторов, MAC вызывают примерно 75% всех микобактериозов легких, являются основным возбудителем микобактериозных лимфаденитов [11].

Отмечена резистентность НТМБ ко многим антибактериальным, в том числе к основным и резервным, противотуберкулезным препаратам, а также к широкому спектру дезинфектантов [14, 23]. Многие виды НТМБ обладают высокой устойчивостью к действию факторов внешней среды за счет способности образовывать биопленки, которые, возможно, являются основной причиной распространения микобактерий в питьевой воде [2, 8, 19, 23, 27].

КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

К клиническим проявлениям микобактериозов относятся патологические изменения в легких, лимфатических узлах, желудочно-кишечном тракте, коже, мягких тканях, костях, суставах. Также регистрируются диссеминированные формы заболевания. В табл. 1 представлены наиболее часто встречающиеся этиологически значимые виды нетуберкулезных микобактерий и связанные с ними клинические формы микобактериозов [2, 11, 12].

Источником инфекции для человека в большинстве случаев является окружающая среда (почва, вода открытых водоемов, водопроводная вода) [2, 20–23]. В исследованиях, проведенных в свиноводческих хозяйствах Новосибирской области, показано выделение НТМБ из

Таблица 1

Наиболее часто встречающиеся этиологически значимые виды нетуберкулезных микобактерий и связанные с ними клинические формы микобактериозов

НТМБ	Клинические формы микобактериозов	
	часто	редко
<i>M. avium complex</i>	Заболевания легких с клиническими проявлениями, сходными с туберкулезом, лимфадениты, генерализованный микобактериоз	Заболевания кожи и мягких тканей
<i>M. kansasii</i>	Заболевания легких с клиническими проявлениями, сходными с туберкулезом, генерализованный микобактериоз	Заболевания кожи и мягких тканей, лимфадениты
<i>M. xenopi</i>	Заболевания легких	Генерализованный микобактериоз
<i>M. malmoense</i>	Заболевания легких, лимфадениты	Генерализованный микобактериоз
<i>M. abscessus</i>	Заболевания легких, заболевания кожи и мягких тканей в результате травмы, хирургического вмешательства, трансплантации	Генерализованный микобактериоз, лимфадениты
<i>M. chelonae</i>	Генерализованный микобактериоз, заболевания кожи и мягких тканей в результате травмы, хирургического вмешательства, трансплантации	Лимфадениты
<i>M. haemophilum</i>	Генерализованный микобактериоз	Заболевания легких, лимфадениты, заболевания кожи и мягких тканей
<i>M. scrofulaceum</i>	Лимфадениты	
<i>M. marinum</i>	Заболевания кожи и мягких тканей (гранулема плавательного бассейна)	Генерализованный микобактериоз
<i>M. fortuitum</i>	Заболевания кожи и мягких тканей в результате травмы, хирургического вмешательства, трансплантации	Заболевания легких, лимфадениты
<i>M. ulcerans</i>	Заболевания кожи и мягких тканей (язвы, в том числе язва Бурули)	

Таблица 2

Основные механизмы, пути и факторы передачи НТМБ

Механизм передачи	Пути передачи	Факторы передачи	Входные ворота
Аэрогенный	аспирационный	аэрозоль, содержащая НТМБ	дыхательные пути
Фекально-оральный	водный, пищевой	пища, вода, загрязненные НТМБ	желудочно-кишечный тракт
Контактный	артифициальный, прямой и опосредованный контакт с объектами окружающей среды и животными	трансплантаты, загрязненный медицинский и косметологический инвентарий, вода бассейнов, почва и др.	преимущественно поврежденные кожа и слизистые

воды открытых водоемов, почвы пастбищ и ферм, подстилки, комбикорма, соскобов с кормушек и полов [4]. По данным Оттен Т.Ф., основным природным резервуаром *M. avium* служат открытые водоемы. *M. kansasii* также нередко высеивают из образцов водопроводной воды. *M. xenopi* обнаруживаются исключительно в воде, особенно в системах горячего водоснабжения [11].

Кроме того, нетуберкулезные микобактерии выделяются из биоматериала животных (крупный рогатый скот, свиньи) и птиц (голуби, воробьи, куры). Например, в Якутии из биоматериала крупного рогатого скота были выделены *M. kansasii*, *M. marinum*, *M. scrofulaceum*, *M. xenopi*, *M. vaccae*, *M. fortuitum*, *M. chelonae*, *M. phlei*, *M. diernhoferi*, *M. smegmatis*, *M. peregrinum* [13].

Отдельной проблемой является внутрибольничное распространение НТМБ, которые обнаруживаются в смывах с поверхностей (например, выделение *M. fortuitum* в смывах в процедурном кабинете противотуберкулезного стационара), в госпитальных системах водоснабжения [13, 26, 31].

Несмотря на то, что культуры различных НТМБ (*M. avium-intracellulare*, *M. scrofulaceum*, *M. fortuitum*, *M. kansasii*, *M. malmoense*, *M. simiae*, *M. xenopi*, *M. chelonae* и др.) выделяются из биопробного материала от людей (мокрота, смывы с бронхов), роль человека как источника инфекции микобактериозов

до конца не определена, поскольку факт передачи НТМБ от человека к человеку не установлен. Выделение микобактерий от человека, как правило, коррелирует с таковым из внешней среды. Так, например, видовой состав НТМБ, выделенных из болотной жидкости на юго-востоке США, прибрежных вод Атлантического океана, и НТМБ, выделенных у населения, проживающего в данных районах, был одинаков [17, 29]. В Японии частота выделения НТМБ у больных также коррелировала с частотой выделения их из окружающей среды [30].

Механизм передачи микобактериозов до конца не изучен.

В настоящий момент считается, что входными воротами для НТМБ являются дыхательные пути [25], желудочно-кишечный тракт [25], кожные покровы [2]. Соответственно, можно выделить три основных механизма передачи: аэрогенный, фекально-оральный и контактный (табл. 2).

Аэрогенный механизм передачи преимущественно реализуется при вдыхании аэрозолей, содержащих микобактерии [17, 29, 30]. Ввиду того, что НТМБ, вызывающие заболевания легких, обнаруживаются в воде открытых водоемов, в водопроводной воде, то места формирования таких аэрозолей будут находиться либо в непосредственной близости от водного объекта (например, туман), либо при технологическом использовании такой воды (ороситель-

ная мелиорация, кондиционирование воздуха с использованием систем увлажнения, водные аэрозоли фонтанов, джакузи, душевых, водно-развлекательных комплексов и т.п.) [16, 18]. Также, учитывая выделение НТМБ из внешней среды организаций, осуществляющих медицинскую деятельность [26, 31], нельзя исключить аэрогенной передачи при использовании наркозной и дыхательной аппаратуры.

Возможность фекально-орального механизма передачи описана для *M. avium* и *M. intracellulare*, которые проникают в желудочно-кишечный тракт человека с пищей или водой. Поскольку данные микроорганизмы являются кислотоустойчивыми, то способны длительно сохраняться в кислой среде желудка и поражать слизистую кишечника, вызывая бактериемию и вторичное поражение костного мозга и селезенки [25].

Контактный механизм передачи реализуется в результате контакта (прямого или опосредованного) объекта, содержащего НТМБ, с преимущественно поврежденными кожными покровами и слизистыми человека. В качестве наиболее вероятного контакта рассматривается контакт с инфицированными животными при уходе за ними, контакт с почвой, содержащей НТМБ при осуществлении земляных работ, внешний контакт с водной средой, как правило при купании, без последующего заглатывания воды, содержащей НТМБ [13].

Описаны случаи искусственного заражения при использовании инфицированных трансплантатов и инструментария, которым проводятся манипуляции, медицинских катетеров и др. Например, микобактериозы, развившиеся в результате почечного диализа, взятия хирургической биопсии, операции на грудной железе, различных видов пластических операций, включая косметические операции и удаление жира, операции на сердце, постинъекционные абсцессы. Приводятся факты регистрации вспышек госпитальных инфекций,

вызванных НТМБ, развившихся после вакцинации, гемодиализа, длительного использования катетеров [11].

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МИКОБАКТЕРИОЗОВ

Одной из основных эпидемиологических характеристик любой инфекционной нозологии является ее распространенность в человеческой популяции, иными словами, как часто встречается та или иная инфекция среди населения.

Микобактериозы, вызванные НТМБ, в Российской Федерации не подлежат официальной статистической регистрации, соответственно, достоверно оценить уровень заболеваемости данной группой инфекций не представляется возможным. Кроме того, отсутствие простых чувствительных методов микробиологической диагностики также ограничивает возможности эпидемиологического мониторинга микобактериозов в нашей стране [14]. В связи с этим охарактеризовать многолетнюю и внутригодовую динамику, а также территориальную распространенность микобактериозов на настоящий момент не представляется возможным.

Тем не менее, отечественными авторами приводятся результаты исследований, проведенных в различных регионах, свидетельствующие о том, что нетуберкулезные микобактерии и вызываемая ими патология являются сегодня серьезной проблемой здравоохранения [3, 6, 15].

По данным зарубежных авторов, в последние годы выявлена тенденция к росту числа случаев заболевания микобактериозами. Так, в США расчетный показатель распространенности инфекции, вызванной НТМБ, составляет 1,8 случаев на 100 тыс. чел., среди которых инфекции, вызванные МАС, составляют более 60% всех случаев (1,1 случай на 100 тыс. чел.) [24].

ГРУППЫ РИСКА

По данным ряда отечественных и зарубежных авторов, эпидемия микобактериозов сопутствует эпидемии СПИДа [1, 12, 14, 15].

Следовательно, основной группой риска по заболеванию микобактериозами, особенно вызванными МАС, являются ВИЧ-инфицированные пациенты. Наблюдения показывают, что МАС-инфекция – самое частое осложнение при СПИД: у 20% больных, несмотря на профилактическое лечение, в течение года развивается диссеминированная форма МАС-инфекции, а у нелеченных больных этот показатель в два раза выше [28]. Причем, некоторые авторы считают, что микобактериоз распространен среди ВИЧ-инфицированных более широко, чем принято считать, и достаточно часто является причиной смерти больных ВИЧ-инфекцией, однако неспецифическое течение инфекции и как правило неполное бактериологическое обследование больных не позволяют установить масштаб данной проблемы [15].

Еще одной группой риска по заболеванию микобактериозами, вызванными НТМБ, являются больные туберкулезом, а также лица, излеченные от данного заболевания [11, 14]. НТМБ и возбудитель туберкулеза могут вызывать как сочетанную инфекцию (микст-инфекцию), так и моноинфекцию, вызванную НТМБ (микобактериоз) или возбудителем туберкулеза (туберкулез), которые достаточно сложно дифференцировать используемыми в практике фтизиатрических учреждений методами диагностики [10].

Исследования, проведенные с использованием более чувствительных методов, позволили охарактеризовать видовой состав НТМБ, выделенных от пациентов фтизиатрических учреждений г. Москвы, который преимущественно был представлен МАС, *M. kansasii*, *M. xenopi* и *M. fortuitum*.

Поскольку возбудители микобактериоза являются условно-патогенными бактериями, то любые структурные изменения органов и тканей человека могут являться пусковым механизмом для присоединения НТМБ. Показано, что более четверти больных микобактериозом легких име-

ют в анамнезе хронические бронхиты или эмфизему легких. Описаны случаи генерализованного микобактериоза после трансплантации почки или сердца, а также случаи локального воспаления подкожной клетчатки, подкожных абсцессов и остиомиелита микобактериальной этиологии, развившиеся после проникающих ранений [3, 11]. Соответственно, лица, имеющие в анамнезе вышеперечисленные факты, также являются группой риска по заболеванию микобактериозом.

В развитии инфекционной патологии, вызванной условно-патогенными микроорганизмами, существенную роль играет снижение общей резистентности и иммунной защиты организма. Исходя из этого, еще одной группой риска по заболеванию микобактериозом являются лица преклонного возраста, больные лейкемией, пациенты, вынужденные постоянно принимать кортикостероиды, иммунодепрессанты и антибиотики [7, 11].

К предрасполагающим факторам, способствующим развитию микобактериозов, в частности микобактериоза легких, относится работа в условиях вредного производства (высокая запыленность рабочей зоны, которая приводит к профессиональным заболеваниям легких – пневмокониозам и силикозам), длительный контакт с сельскохозяйственными животными и птицей [7, 14].

Различия в частоте выявления микобактериозов среди мужчин и женщин на настоящий момент не выявлены (табл. 3).

Таким образом, эпидемиология микобактериозов на современном этапе не изучена в полной мере. Основными причинами этого являются:

- отсутствие официальной статистической регистрации и учета заболеваний, вызванных НТМБ;
- несовершенство используемых в практической медицине методов лабораторной диагностики;
- низкая информированность медицинского персонала по данной проблеме;
- отсутствие нормативно-правовых актов и методических документов, отра-

Таблица 3

Распределение больных микобактериозами органов дыхания по полу

Пол	Выделенные НТМБ									
	MAC		<i>M. kansasii</i>		<i>M. xenopi</i>		<i>M. fortuitum</i>		<i>M. chelonae</i>	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Мужской	2	22,2	5	55,5	4	100,0	3	75,0		
Женский	7	77,8	4	44,5			1	25,0	2	100,0

жающих и регламентирующих вопросы эпидемиологии, клиники, диагностики и профилактики микобактериозов, вызванных НТМБ.

Привлечение медицинской общественности к проблеме микобактериозов позволит решить указанные проблемы, восполнить недостающую информацию, необходимую для разработки эффективного комплекса противоэпидемических мероприятий.

Литература

1. Альварес Фигерра М.В., Леви Д.Т. Этиологическая диагностика заболеваний, вызываемых микобактериями // *Инфекционные болезни*. – 2014. – Т. 12. – № 2. – С. 95–99.
2. Биологическая безопасность в микробиологических и биомедицинских лабораториях / Под ред. L.C. Chosewood, D.E. Wilson. Пятое издание. – Типография Правительства США, Вашингтон, 2007. – С. 148–151.
3. Волгина Е.Г. Алгоритмы микробиологической диагностики оппортунистических инфекций // В кн. «Руководство по медицинской микробиологии». Книга III. Т. 2. Оппортунистические инфекции: клинико-эпидемиологические аспекты / Под ред. А.С. Лабинской, Е.Г. Волгиной, Е.П. Ковалевой. – М.: Бином, 2014. – С. 59–68.
4. Волков Д.В., Авдеенко К.В., Бушмелева П.В. Источники микобактерий и распространение микобактериозов свиней в Новосибирской области // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2009. – № 4. – С. 45–49.
5. Гунтупова Л.Д., Борисов С.Е., Соловьева И.П. Микобактериозы во фтизиопульмонологической практике: обзор литературы и собственный опыт // *Практическая медицина*. – 2011. – № 3 (51). – С. 39–50.
6. Гунтупова Л.Д., Борисов С.Е., Макарова М.В., Хачатурьянц Е.Н. Микобактериозы органов дыхания: эпидемиология, микробиологические и клинические аспекты диагностики // *Эпидемиология и инфекционные болезни*. – 2012. – № 2. – С. 8–14.

7. Каражас Н.В., Рыбалкина Т.Н., Корниенко М.Н. Пневмоцистоз – актуальная иммунодефицит-ассоциированная инфекция: Методические рекомендации. – М., 2009. – 75 с.
8. Лазовская А.Л., Воробьева З.Г., Слинникова К.Н. Биопленки нетуберкулезных микобактерий в источниках воды // *Вестник ветеринарии* – 2011. – Т. 56. – № 1. – С. 13–20.
9. Литвинов В.И., Макарова М.В., Краснова М.А. Нетуберкулезные микобактерии и микобактериозы // *Эпидемиология и инфекционные болезни*. – 2011. – № 6. – С. 4–10.
10. Макарова М.В. Выделение и идентификация нетуберкулезных микобактерий у пациентов фтизиатрических учреждений: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2010. – С. 49.
11. Оттен Т.Ф. Микобактериоз // В кн.: *Руководство по медицинской микробиологии. Книга III. Том второй. Оппортунистические инфекции: клинико-эпидемиологические аспекты* / Под ред. А.С. Лабинской, Е.Г. Волгиной, Е.П. Ковалевой. – М.: Бином, 2014. – С. 349–365.
12. Оттен Т.Ф., Трофимова Н.Н. Микобактериоз у больных с ВИЧ-инфекцией // В кн. «Вирус иммунодефицита человека – медицина» / Под ред. Н.А. Белякова и А.Г. Рахмановой. – СПб.: Балтийский медицинский образовательный центр, 2010. – С. 248–256.
13. Прокопьева Н.И., Протодьяконова Г.П., Павлов Н.Г. Нетуберкулезные (атипичные) микобактерии, выделенные от животных и людей // *Аграрный вестник Урала*. – 2011. – № 5 (84). – С. 29–30.
14. Старкова Д.А. *Mycobacterium avium* – актуальный возбудитель микобактериоза человека // *Инфекция и иммунитет*. – 2013. – Т. 3. – № 1. – С. 7–14.
15. Фоменкова Н.В., Леонова О.Н., Виноградова Т.Н. Атипичный микобактериоз – оппортунистическое заболевание у больных с ВИЧ-инфекцией // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. – 2011. – № 3. – С. 52–57.
16. Andersson M.A., Nikulin M., Koljalg U., Andersson M.C., Rainey F., Reijula K. Bacteria, molds, and toxins

- in water-damaged building materials // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1997. – Vol. 63, № 2. – P. 387–393.
17. Conger N.G., O'Connell R.J., Laurel V.L., Olivier K.N., Graviss E.A., Williams-Bouyer N., et al. *Mycobacterium simiae* outbreak associated with water supply hospital. // *Infect Control Hosp Epidemiol.* – 2004. – Vol. 25. – P. 1050–55.
18. Falkinham III J.O., George K.L., Ford M.A., Parker B.C. Collection and characteristics of mycobacteria in aerosols // Morey P.R., Feeley Sr J.C., Otten J.A. *Biological contaminants in indoor environments*, American Society for Testing and Materials. – 1990. – P. 71–81.
19. Falkinham III J.O. Nontuberculous mycobacteria in the environment // *Clin. Chest Med.* – 2002. – Vol. 23. – P. 529–551.
20. Falkinham III J.O., Norton C.D., Le Chevallier M.W. Factors influencing numbers of *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium intracellulare* and other mycobacteria in drinking water distribution systems // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2001. – Vol. 67, № 3. – P. 1225–1231.
21. Goslee S., Wolinsky E. Water as a source of potentially pathogenic mycobacteria // *Am. Rev. Respir. Dis.* – 1976. – Vol. 113. – P. 287–292.
22. Ichiyama S., Shimokata K., Tsukamura M. The isolation of *Mycobacterium avium* complex from soil, water, and dusts // *Microbiol. Immunol.* – 1988. – Vol. 32, № 7. – P. 733–739.
23. Iivanainen E., Katila M.L., Martikainen P.J. *Mycobacteria in drinking water networks: occurrence in water and loose deposits, formation of biofilms* // Abstracts of the European Society of Mycobacteriology. – Lucerne, Switzerland, 1999.
24. Mani A.K., Kane G. Pulmonary *Mycobacterium avium* – *intracellulare* complex infection in the immunocompetent host // *Pulmonary disease board review manual.* – 2003. – Vol. 11. – Part 1. – 12 p.
25. McGarvey J., Bermudes L. Phenotypic and genomic analyses of the *Mycobacterium avium* complex reveal differences in gastrointestinal invasion and genomic composition // *Infect. Immun.* – 2001. – Vol. 69. – P. 7242–7249.
26. Moulin G.C., Stottmeier K.D., Pelletier P.A., Tsang A.Y., Hedley-Whyte J. Concentration of *Mycobacterium avium* by hospital hot water systems // *JAMA.* – 1988. – Vol. 260, № 11. – P. 1599–1601.
27. Primm T.P., Lucero C., Falkinham J.O. Impact on health of environmental mycobacteria // *Clin Microbiol Rev.* – 2004. – Vol. 17. – P. 98–106.
28. Rossi M., Flepp M., Telenti A., Schiffer V., Egloff N., Bucher H., Vernazza P., Bernasconi E., Weber R., Rickenbach M., Furrer H. Disseminated *M. avium* complex infection in the swiss HIV cohort study: declining incidence, improved prognosis and discontinuation of maintenance therapy // *Swiss Med. Wkly.* – 2001. – Vol. 131. – P. 471–478.
29. Von Rhein C.F., Arbeit R.D., Horsburgh R., Ristola M.A., Waddell R.D., Tvaroha S.M., et al. Sources of disseminated *Mycobacterium avium* infection in AIDS // *J Infect.* – 2002. – Vol. 44. – P. 166–70.
30. Sato A. Geographic distribution of MAIC serovars isolated from patients in five cities of Japan // *Kansenshogaku Zasshi.* – 2000. – Vol. 74. – № 1. – P. 64–72.
31. Stine T.M., Harris A.A., Levin S., Rivera N., Kaplan R.L. A pseudoepidemic due to atypical mycobacteria in a hospital water supply // *JAMA.* – 1987. – Vol. 258 – № 6. – P. 809–811.

Сведения об авторе

Соломай Татьяна Валерьевна – канд. мед. наук, заместитель руководителя Межрегионального управления № 1 ФМБА России; e-mail: Solomay@rambler.ru

РЕТРОВИРУСЫ РАЗВИЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ МОЗГ

Исследователи из университета Лунда выяснили, что человеческий мозг развился до современного состояния благодаря ретровирусам. Порядка 5% нашей цепочки ДНК составляют так называемые ретровирусы. На протяжении многих лет ученые рассматривали их лишь в качестве побочного эффекта эволюции человека и не придавали им никакого значения. Но последние исследования серьезно изменили эту точку зрения.

Шведские исследователи доказали, что ретровирусы выполняют едва ли не главную роль в работе мозга. Они отвечают за регуляцию многих генов. Это открытие поможет узнать о многих неизвестных функциях мозга и понять, почему при одинаковом строении организма люди получают столь разными.

«Петербургский Дневник»