ID: 2014-11-27-A-4450 Краткое сообщение

Райкин С.С., Хворостухина А.И., Щербакова И.В.

Постановка задачи о математическом моделировании заболеваемости корью в Саратовской области

ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России

Резюме

Одним из наиболее актуальных направлений развития медицинской науки является математическое моделирование как нормальных физиологических, так и патологических процессов. Краткое сообщение посвящено постановке задачи о математическом моделировании заболеваемости корью в Саратовской области на основании доступных для анализа статистических данных.

Ключевые слова: медицина, медико-профилактические науки, математическое моделирование, корь, прогнозирование заболеваемости

Моделированием называют построение модели того или иного явления реального мира. В общем виде, модель представляет собой абстракцию реального явления, сохраняющую его существенную структуру таким образом, чтобы ее анализ дал возможность определить влияние одних сторон явления на другие или же на явления в целом. Математическое моделирование как нормальных физиологических, так и патологических процессов является в настоящее время одним из самых актуальных направлений в научных исследованиях. Главным образом, дело в том, что современная медицина представляет собой, в основном, экспериментальную науку с огромным эмпирическим опытом воздействия на ход тех или иных болезней различными средствами.

Вместе с тем, развитие медицины и биологии как естественных наук привело к необходимости количественного описания и предсказания поведения биологических процессов, многие из которых принципиально не наблюдаемы, а поэтому математическое моделирование используется для проверки гипотез о структуре изучаемых объектов.

При применении моделирования в эпидемиологии применяется ряд принципов: эпидемиология изучает распространение инфекции в популяциях индивидов, модели популяционного уровня строятся на основе знаний о взаимодействии индивидов между собой, с популяцией в целом и с инфекцией.

Простая исходная модель включает следующие компоненты:

S – здоровые (неинфицированные, чувствительные),
I – инфицированные (больные),
R – реконвалесценты (излечившиеся, иммунные).

Между этими компонентами осуществляются взаимосвязи, которые можно описать с помощью уравнений:

$dS/dt = \Lambda - (\lambda(S,I,R) + \mu)S$;
$dI/dt = \lambda(S,I,R)S - (\delta + \mu)I$;
$dR/dt = \delta I - \mu R$;
$\lambda = \beta I$,
где t – время, Λ – численность популяции, λ – сила инфекции, μ – скорость гибели индивидов, δ – скорость выздоровления, β – вероятность контакта здорового индивида с инфицированным.

В дальнейшем эту простую модель можно усложнить, включив в неё момент перехода реконвалесцентов в группу здоровых – чувствительных, с течением времени (при потере иммунитета). Либо включение группы латентных носителей, на промежуток между здоровыми и инфицированными. Или заложить в условие отсутствие иммунитета, и как следствие, одномоментный переход реконвалисцентов в группу здоровых – чувствительных. Ввести градации по возрасту, полу и т.д. Всё это ведет к значительным увеличениям математических взаимоотношений между группами. Что ведет к усложнению уравнений, описывающих данные процессы.

Таблица 1. Заболеваемость корью на 100 тыс. населения в Саратовской области

Период	*2003 г.*	*2004 г.*	*2005 г.*	*2006 г.*	*2008 г.*
Показатель на 100 тыс. чел. населения	0,82	2,16	0,12	0,81	0,01

© Бюллетень медицинских Интернет-конференций, 2014

Модели подобного класса применимы, в основном, для исследований в больших популяциях (отсутствие стохастических эффектов); демографических ситуаций без сложных эффектов роста и перераспределения в популяции хозяев; в эпидемиологии инфекций, не дающих сложной, неоднородной картины; в условии однородных популяций (схожесть индивидов).

Для специалистов, знакомых с реальным многообразием путей развития инфекций в популяциях, эти модели могут показаться сверхупрощенными. Однако предложенные модели имеют ряд достоинств: они дают подход к выяснению наиболее существенных аспектов взаимодействий паразитов и их хозяев, служат отправной точкой для пошагового увеличения сложности модели и позволяют указать на типы и структуры данных, необходимых для эффективной разработки и мониторинга программ контроля.

Для примера построения математической модели в эпидемиологии используем статистику заболеваемости корью в Саратовской области. Эта инфекция выбрана для примера потому, что она относится к так называемым «управляемым» инфекциям. Для нашего исследования оказались доступны статистические данные за 2003-2008 гг.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время реализуется стратегический план Всемирной организации здравоохранения по элиминации кори, который предусматривает снижение доли восприимчивых к ней лиц до 15% среди детей в возрасте 1−4 лет, до 10% среди 5−10-летних, до 5% среди 10−14-летних и взрослых. Достижение и поддержание такого уровня восприимчивых лиц по расчетам международных экспертов должно привести к полной элиминации кори. Элиминация – это прекращение циркуляции вируса на значительной географической территории, такой как целая страна или регион, охватывающий несколько стран. При этом при элиминации вакцинация продолжается, поскольку постоянно существует угроза заноса (импорта) инфекции. Элиминация не означает полного отсутствия заболеваний корью. В целом глобальная ликвидация кори будет представлять сумму результатов программ элиминации во всех странах. В последнее десятилетие корь элиминирована во многих странах Америки, ряде Европейских (Скандинавские страны, Великобритания и др.) и Восточно-Средиземноморских стран. Вместе с тем страны Африки и Азии продолжают оставаться странами эпидемического распространения кори с высокой летальностью.

Что касается необходимого уровня охвата прививками, то математическое моделирование показало, что, например, в США корь может быть элиминирована при условии, что 94% населения невосприимчиво к кори. Если учесть, что только 95% привитых приобретают защиту от кори, то охват прививками должен достигать 97-98% при однократной вакцинации. Двукратная же вакцинация облегчает задачу элиминации и ликвидации кори.

ВОЗ считает, что элиминацию кори в развивающихся странах будет осуществить труднее, чем в развитых странах − прежде всего, в связи с высокой рождаемостью и слабо развитой системой здравоохранения. Поэтому для развивающихся стран ВОЗ рекомендует иную стратегию, которая оправдала себя в странах Латинской Америки. Хотя плановая иммунизация с высоким охватом прививками является основой эффективной профилактики кори, ВОЗ для ускорения элиминации кори в странах, неспособных обеспечить высокий охват в плановом порядке, особую роль отводит кампаниям массовой иммунизации, которые уже показали свою эффективность во многих странах. В частности, элиминация кори включает 3 этапа: 1) кампания поголовной иммунизации детей от 1 до 14 лет; 2) плановая иммунизация не менее 90% детей в возрасте 9-15 мес.; 3) последующие кампании массовой иммунизации всех детей в возрасте 1-4 лет, повторяющиеся каждые 3-5 лет для охвата детей, не привитых в календарные сроки и не давших иммунного ответа на плановую прививку.

Наше исследование позволило приблизиться к постановке задачи о математическом моделировании заболеваемости корью в Саратовской области. Соответствующие статистические данные представлены в таблице и на графиках (рис. 1, рис. 2).

Сравнивая ход кривых с положениями о математическом моделировании заболеваемости корью, проведенном сотрудниками Московской медицинской академии, можно сделать вывод о том, что в Саратовской области к 2006 году было достигнуто двукратное снижение заболеваемости корью трудоспособного населения, что, по нашему мнению, в значительной степени обусловлено качественной вакцинопрофилактикой населения. Согласно математической модели, в ближайшие годы заболеваемость корью в Саратовской области не должно превысить показателя 0,4 на 100 тыс. человек.

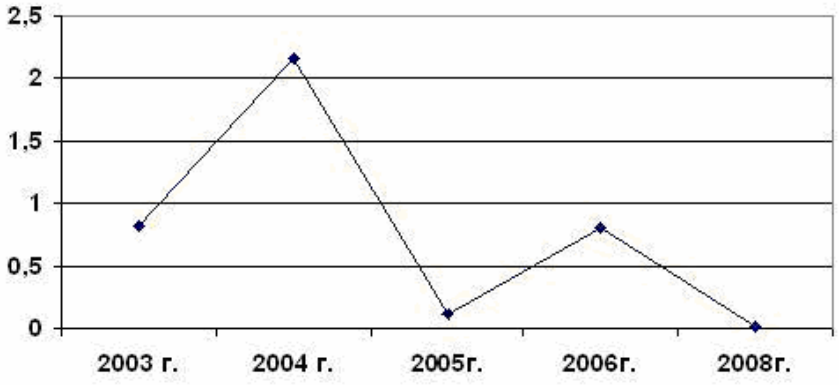

Рисунок 1. Заболеваемость корью на 100 тыс. чел. населения Саратовской области в 2003-2008 годах

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2014

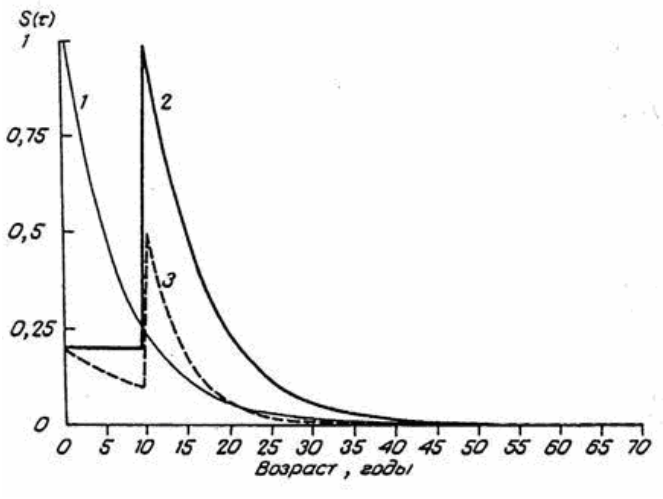

Рисунок 2. Возраст заболевших корью

Таким образом, составление моделей позволяет прогнозировать распространение инфекций. Наибольшую сложность на этапе моделирования представляет поиск количественных данных, характеризующих поведение инфекции в популяции. В связи с этим существенно возрастает значимость достоверной статистики, сбора количественных данных на всех уровнях лечебной и медико-профилактической работы.

Важнейшее значение приобретает совершенствование системы эпидемиологического надзора, охват прививками против кори с учетом выявляемых противопоказаний. Реализация указанных мер будет способствовать ликвидации кори и способствовать борьбе с другими инфекциями.

Литература

1. Тихонова Н.Т., Герасимова А.Г., Цвиркун О.В. Элиминация кори в Российской Федерации // Идеи Пастера в борьбе с инфекциями: Материалы IV междунар. конф. СПб., 2008. С.28.
2. Тураева Н.В. Роль активного эпидемиологического надзора за корью в период элиминации: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.02.02 / Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии. М., 2013.
3. Цвиркун О.В. Эпидемический процесс кори в различные периоды вакцинопрофилактики: Дис. ... д-ра мед. наук: 14.02.02 / Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии. М., 2014.
4. Цвиркун О.В., Дедков В.В. Математическое обоснование возможности элиминации кори в России // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2009. № 1 (44). С. 30-35.
5. Christi A.S., Gay A. The measles initiative: moving towar d measles eradication // The Journal of Infectious Diseas. 2011. V.204. P. 14-17.
6. Progress Toward Measles Elimination in the Russian Federation 2003-2009 / G. Onishchenko, E. Ezlova, A. Gerasimova et al. // The Journal of Infectious Diseases. 2011. V. 204. P. 366-372.