

СОЦИАЛЬНАЯ ИММУННАЯ СИСТЕМА И ИММУНОКОМПЬЮТИНГ

© 2013г. Блюм В. С.¹, Заболотский В. П.²

Перспективы внедрения современных информационных технологий в лечебно-диагностический процесс открывают новые возможности для развития системы здравоохранения, всё в большей степени придавая ей черты социальной иммунной системы. Иммунная система одна из немногих биологических систем, которые обладают способностями "интеллектуальной" обработки информации. В настоящей статье рассмотрены аналогии в составе, структуре и основных функциях иммунной системы и системы здравоохранения. Исследование структуры и функций медицинских информационных систем предлагается рассматривать, как основной предмет приложения научно-технического направления, названного иммунокомпьютингом.— Библ. 24 назв.

Ключевые слова: социальная иммунная система, иммунокомпьютинг

Введение

Несмотря на великое множество больниц, поликлиник, машин скорой помощи и страховых компаний, система здравоохранения, в первую очередь, это конечное множество активных и пассивных лечебно-диагностических процессов, число которых равно, как минимум, числу граждан страны. Эта, всё охватывающая, особенность социальной системы охраны здоровья в жизни общества позволяет говорить об её глубокой аналогии с ролью, которую играет иммунная система в жизни человеческого организма.

Пока далеко не осознана роль и значение информационных технологий, которые стремительно проникают в существо протекающих в обществе лечебно-диагностических процессов и усугубляют указанную аналогию.

Социальная система охраны здоровья, решая свои целевые задачи, неуклонно увеличивает объём производимой информации. При этом её структура и функциональные возможности не поспевают за информационным наполнением, что не позволяет качественно управлять целями и ресурсами лечебно-диагностических процессов и кардинально уменьшить число дефектов оказания медицинской помощи.

Ежегодно система здравоохранения страны производит, только клинической информации, более пяти терабайт, для традиционного, бумажного хранения такого объёма информации требуется ежегодно заготавливать более 20 тысяч деревьев [1].

Возникающие повсеместно электронные персональные медицинская записи (ЭПМЗ) – это новые базовые элементы в потоке клинической информации, современные кирпичики в истории болезни, в которых должны фиксироваться все события в клинической сфере системы здравоохранения. В результате, стала формироваться новая, гораздо более динамичная структура – электронная медицинская карта (ЭМК), которая пока мирно сосуществует с традиционной бумажной историей болезни. В настоящей статье мы не будем обсуждать проблемы этого временного сосуществования.

Противоречие между способом хранения персональных медицинских записей и многократно возросшим потоком телеметрической информации о здоровье пациента давно стало очевидным тормозом в повышении эффективности оказания медицинских услуг. И дело не только в нерациональном использовании лесных ресурсов. Слава богу, в России леса много и ресурс этот медленно, но можно восстанавливать.

Главное противоречие состоит в том, что возникновение в памяти компьютера такого объекта как электронная персональная медицинская запись (ЭПМЗ) открывает новые, до конца не осознанные, возможности качественного повышения скорости оценки состояния здоровья не только отдельного гражданина, но и региона, и всей страны, а на этой основе эффективно управлять ограниченными ресурсами здравоохранения.

Основной тезис, требующий осознания, заключается в том, что открывшаяся возможность интегрирования ЭПМЗ требует постановки и решения новых, ранее не достижимых, задач информационной поддержки врачебной деятельности с целью уменьшения числа дефектов оказания медицинской помощи, раннего обнаружения врачебных ошибок, а, в конечном счёте, качественного повышения эффективности управления здравоохранением.

С этих позиций предлагается рассмотреть структуру и технологии использования электронной персональной медицинской записи, в которой фиксируется клиническая информация о результатах взаимодействия пациента с системой охраны здоровья, опираясь на аналогию с функциями иммунной системы (системы охраны здоровья) человека.

Эволюция систем охраны здоровья. Аналогии верхнего уровня

Только два типа биологических систем – нервная и иммунная – обладают способностями "интеллектуальной" обработки информации, включая память, обучение, распознавание и принятие решений в заранее незнакомых ситуациях.

В процессе эволюции живых существ возникли многоклеточные организмы. По мере усложнения их строения происходила специализация функций разных клеток и состоящих из них органов: пищеварения, дыхания и других. На определенном этапе эволюции в многоклеточном организме появились клетки, призванные защищать организм от микробов-паразитов. Постепенно сформировалась особая система органов и клеток,

обеспечивающих приём и обработку информации о вторжениях, которая получила название иммунной системы. Клетки, входящие в состав иммунной системы, были названы иммунокомпетентными.

Аналогичный, но гораздо более быстрый, эволюционный процесс привёл к формированию современной системы охраны здоровья, в которой роль иммунокомпетентных клеток общества играют профессиональные обработчики клинической информации: дипломированные (лицензированные, сертифицированные, аттестованные) врачи и лицензированные диагностические лаборатории.

Иммунная система осуществляет защиту с помощью двух типов лечебно – диагностических процессов: неспецифического (врожденного, естественного) и специфического (приобретенного) иммунитета [4-23]. Это две стадии единого технологического процесса защиты организма. Неспецифический иммунитет выступает как первая линия защиты и как заключительная ее стадия. Система приобретенного иммунитета выполняет промежуточные функции специфического распознавания и запоминания болезнетворного агента (или чужеродного вещества), после чего подключаются мощные средства врожденного иммунитета для заключительного этапа борьбы с вторжениями.

Система здравоохранения базируется на трёх технологических линиях единого лечебно-диагностического процесса – это система скорой медицинской помощи, система поликлинической медицинской помощи и система стационарной медицинской помощи.

В попытке провести параллели между указанными технологиями охраны здоровья в человеке и обществе, можно говорить о соответствии функций системы неспецифического иммунитета функциям системы поликлинической медицинской помощи, в то время как функции специфического иммунитета ближе к функциям стационарной медицинской помощи.

В наших знаниях о работе иммунной системы пока остаются открытыми вопросы:

- ◆ Каким образом защитные клетки, циркулирующие в крови или осевшие в органах и тканях иммунной системы, отдаленных от мест уязвимости организма, получают и воспринимают сигнал опасности микробной агрессии?
- ◆ Как обеспечивается строгая последовательность включения отдельных типов клеток в борьбу с инфекцией?
- ◆ Откуда узнает иммунная система, какие именно защитные механизмы следует использовать при данной инфекции?

Ответы на аналогичные вопросы в работе системы общественного здравоохранения с необходимостью зафиксированы в соответствующих директивных документах.

На объективность рассматриваемых аналогий указывает установившееся соотношение числа врачующих элементов и общего числа потенциальных пациентов в человеческом организме и обществе. Общее

число клеток нашего организма составляет десять в четырнадцатой степени. Число же врачующих клеток, лимфоцитов, порядка десять в двенадцатой степени. По данным ВОЗ [24] в развитых системах здравоохранения сложилось соотношение числа врачей к числу пациентов, как 1 к 300.

Аналогии в структуре и составе эффекторов

Информационные каналы.

Информационные каналы иммунной системы построены на основе магистралей крови и лимфы. Эти каналы носят всеохватывающий характер и имеют общую длину более 95 тысяч километров. Тем самым обеспечена поразительная плотность каналов обмена информацией. В нашем обзоре [2] отмечен замкнутый характер и высокая интенсивность циркуляции белковых носителей информации.

Опираясь на закон Маррея, можно говорить о качественной смене метода циркуляции данных внутри органа и вне его. Указанный порог пропускной способности информационных каналов позволяет выделить в организме порядка 25 тысяч модулей биомассы, в которые оперативно доставляется информация системой кровообращения по множеству входящих и исходящих каналов.

С большим основанием можно утверждать, что всеохватывающий характер и интенсивность информационного обмена позволяют эффективно управлять процессом борьбы с вторжениями, мобилизуя для этого ограниченные ресурсы организма.

До последнего времени, говорить о единой схеме циркуляции клинической информации в нашей стране не приходилось.

В России десятки тысяч ЛПУ, процесс встраивания которых в единую информационно-телекоммуникационную структуру здравоохранения только начался.

Недооценка роли и значения телекоммуникационной инфраструктуры в системе охраны здоровья по-прежнему очень велика.

Создание федерального и региональных центров обработки медицинской информации, а также включение в сеть всех без исключения источников клинической информации сделает аналогии рассматриваемых систем охраны здоровья гораздо более очевидными.

Система поверхностей вторжений.

Организм позвоночного животного, в рамках которого имеет смысл понятие «иммунная система», обладает огромной и непрерывной, с позиций топологии, поверхностью контактов с внешним миром. Речь идет о поверхностях кожного покрова, органов дыхания и органов пищеварения. Ограниченное указанной непрерывной поверхностью 3-х мерное

пространство может быть названо пространством иммунитета, защитой от вторжений в которое занимается иммунная система.

Социальная иммунная система России также имеет огромную внешнюю поверхность вторжений, которая складывается из сухопутной, морской и воздушной границ нашей страны. Виртуальная непрерывность этой границы формируется в головах работников специальной структуры, называемой Росздравнадзор.

Центральные органы.

К первичным центральным органам иммунной системы относят вилочковую железу (тимус) и костный мозг [3]. Оба эти органа связаны с производством и обучением необходимого числа и разнообразия эффекторов (основных клеток исполнителей функций) иммунной системы. Именно в этих органах непрерывно и оперативно выполняется анализ и обобщение опыта «клинической» работы системы охраны здоровья.

Аналогичную роль в охране общественного здоровья играют система медицинского образования и система управления в форме министерства здравоохранения и его региональных подразделений. Однако о владении этими органами полной и достоверной клинической информацией говорить пока не приходится, и, следовательно, рассчитывать на эффективное управление ресурсами тем более не приходится.

Периферические органы.

К периферическим органам иммунной системы относятся **селезенка, лимфатические узлы, миндалины**, а также ассоциированная с кишечником и бронхами **лимфоидная ткань**. К моменту рождения они еще практически не сформированы, поскольку не контактировали с антигенами. Лимфопоез в них осуществляется лишь при наличии антигенной стимуляции. Периферические органы иммунной системы заселяются В- и Т-лимфоцитами из центральных органов иммунной системы, причем каждая популяция мигрирует в свою зону – тимусзависимую и тимуснезависимую. После контакта с антигеном в этих органах лимфоциты включаются в рециркуляцию, поэтому ни один антиген не остается незамеченным лимфоцитами [3].

В социальной иммунной системе (системе здравоохранения) также сформировались два класса объектов, выполняющих задачу обнаружения, анализа и нейтрализации вторжений (болезней). Это дипломированные врачи и лицензированные диагностические лаборатории. Общее число врачей в нашей стране составляет около 650 тысяч, а число лабораторий порядка 30 тысяч. Как уже отмечалось, соотношение общего числа лимфоцитов к общему числу клеток человеческого организма соответствует соотношению информационных источников медицинской (клинической) информации к общему числу потенциальных пациентов, граждан страны.

Указанные источники первичной медицинской информации организуются в различные формы периферических структур, начиная от индивидуального предпринимателя и заканчивая больницами, госпиталями и медицинскими центрами.

Отмечая аналогии в составе и относительной численности эффекторов рассматриваемых систем охраны здоровья, следует подчеркнуть, что для выявления функционального подобия периферических структур потребуются с одной стороны, более глубокое понимание функций каждого отдельного периферического органа иммунной системы, а с другой стороны, развитие и оптимизация информационной инфраструктуры циркуляции клинической информации в системе здравоохранения.

Аналогии в потоках клинической информации

Функции иммунной системы, в современном понимании, неразрывно связаны с понятием антигена, которым идентифицируются все возможные вторжения, нарушающие функциональную целостность организма [3].

Антигены - (от анти и греч. *génos* - рождение, происхождение), высокомолекулярные коллоидные вещества, которые при введении в организм животных и человека вызывают образование специфических реагирующих с ними антител. Непременным условием антигенности является отличие антигенов от веществ, имеющих в норме в организме реципиента. К антигенам относятся прежде всего чужеродные белки, некоторые полисахариды (большой частью бактериального происхождения), комплексы белков с разнообразными химическими соединениями. Антигены бывают корпускулярные (например, взвеси бактерий), дающие с антителами реакцию агглютинации (склеивания), и растворимые (например, токсины), дающие реакцию преципитации (осаждения).

В основе реакции иммунной системы на вторжение антигена лежит производство специфических антител, наряду с реакцией системы комплемента и фагоцитозом.

Антитела (antibodies) – белки относящиеся к подклассу гамма-глобулинов, образующиеся в организме при попадании в него некоторых чужеродных веществ (антигенов) и обладающие способностью избирательно соединяться с теми же антигенами или (в меньшей степени) со сходными с ними по строению веществами, вызывая тем самым иммунный ответ организма [3].

Антитела реагируют только с теми антигенами, которые индуцировали их синтез. Изменения химической или физической структуры антигенов приводят к образованию иных, видоизмененных антител. Такое прямое соответствие между антигенами и антителами известно под названием специфичности.

Форма молекулы антитела и распределение электрического заряда по ее поверхности делают ее способной связывать антиген, комплементарный ей по форме и распределению заряда.

В борьбе с антигенами и в производстве антител (средств лечения с вторжениями) задействованы следующие основные клетки (эффекторы) иммунной системы: фагоциты и лимфоциты.

Фагоциты, получили своё название от греческого *phago* – «есть» и *cyt* – «клетка». Кроме кровотока, главная территория фагоцитов в организме — это селезенка, костный мозг, лимфатические узлы, альвеолярные мешочки в легких (легочные альвеолы), брюшина (мембрана брюшной стенки), печень, соединительная ткань и центральная нервная система.

Фагоциты не только выполняют роль санитаров-мусорщиков в организме, но и, обнаружив антиген, сигнализируют об этом другим участникам иммунного процесса.

Лимфоциты составляют основную массу клеточных элементов лимфоидной ткани, 95 % клеток лимфы и 30 % общего числа лейкоцитов крови.

Обратим внимание на тот факт, что количество лимфоцитов в иммунной системе имеет, по крайней мере, один порядок величины, что и число нейронов в нервной системе. Лимфоциты среди прочих клеток нашего тела, распространяемых по крови и лимфе, имеют наибольшие концентрации в селезенке, лимфоузлах, тимусе и костном мозге. Но их практически нет в мозге. [THE IMMUNE SYSTEM Nobel lecture, 8 December 1984 by NIELS K. JERNE]

Специфическое взаимодействие антител с соответствующими антигенами приводит к образованию комплексов антиген–антитело (иммунных комплексов).

Решающую роль в функции иммунного ответа играют, так называемые, Т и В-лимфоциты [4-23].

Т-лимфоциты держат весь иммунный ответ под контролем, не допуская чрезмерной активации отдельных иммунокомпетентных клеток, которая чревата осложнениями. Инструментами такого контроля служат цитокины, способные не только активировать (усиливать), но и подавлять (ингибировать) функции других клеток.

Защита организма, осуществляемая с помощью Т-клеток, называется клеточным иммунитетом, так как в ее основе лежит взаимодействие отдельных клеток с антигенами.

Контакт рецепторов В-лимфоцитов со специфическим антигеном и связывание определенного его количества стимулируют рост этих клеток и последующее многократное деление; в результате образуются многочисленные клетки двух разновидностей: плазматические и «клетки памяти». Плазматические клетки синтезируют антитела, выделяющиеся в кровоток. Клетки памяти являются копиями исходных В-клеток; они отличаются большой продолжительностью жизни, и их накопление обеспечивает возможность быстрого иммунного ответа в случае повторного попадания в организм данного антигена.

Антитела, вырабатываемые В-клетками и поступающие в кровь и другие жидкости организма, относят к факторам гуморального иммунитета (от лат. *humor* – жидкость).

Для обмена информацией в процессе иммунного ответа и его регулирования клетки-эффекторы иммунной системы используют, производимые ими небольшие белки – **цитокины** [3].

При физиологическом состоянии в норме, спектр цитокинов узок, но при стрессе, воспалении, повреждении, опухолеобразовании и др. расширяется количественный и качественный состав цитокинов, обладающих как местной, так и дистантной активностью.

Цитокины самоорганизуются в цитокиновые сети с разветвленными многоуровневыми прямыми и обратными связями. Благодаря этому передаваемая через них клеткой информация содержится не в отдельно взятом цитокине, но в их ансамблях. Регуляторные влияния при этом становятся согласованными и выверенными. Действия однонаправленного характера мультиплицируются, а разнонаправленного уравниваются.

Работа иммунокомпетентных клеток (лимфоцитов и фагоцитов), их циркуляция в кровеносном русле, а также циркуляция произведенных ими специализированных белков (антител и цитокинов), в ответ на вторжения антигенов, образуют непрерывный поток «клинической информации». От объёма и интенсивности этого потока зависит объём ресурсов, которые включает организм на борьбу с болезнью.

Поток клинической информации в системе здравоохранения в ближайшей перспективе будет формироваться только из электронных персональных медицинских записей, которые производят врачи и диагностические лаборатории.

ЭПМЗ диагностической лаборатории в клинической сфере здравоохранения выполняет информационную роль аналогичную роли антигена в организме человека.

ЭПМЗ врача, в зависимости от наличия или отсутствия в ней схемы лечения, играют в лечебно-диагностическом процессе роль иммунного комплекса (антиген-антитело), либо роль антигена (признаков конкретной болезни), для которого ещё не определено средство нейтрализации.

<ЭПМЗ ВРАЧА> ::= <время сеанса>< идентификатор ВРАЧА>
< идентификатор ПАЦИЕНТА><документ ВРАЧА>

<документ ВРАЧА> ::= <жалобы пациента><анамнез><диагноз><план лечения>
<назначения>

Грамматические категории <время сеанса>, <идентификатор ВРАЧА> и <идентификатор ПАЦИЕНТА> имеют абсолютные и уникальные значения, которые не зависят от контекста. В то время, как категория <документ ВРАЧА> и все её составляющие имеет очевидную контекстную зависимость от предыстории, предыдущих ЭПМЗ в истории болезни данного пациента.

Социальный характер отдельной ЭПМЗ пока до конца не осознан. Он проявляется весьма опосредовано и интегрально в результатах обработки статистических медицинских данных, на формирование и обслуживание которых работает специализированная и довольно громоздкая инфраструктура в системе здравоохранения. При этом, говорить об оперативном управлении ресурсами охраны здоровья в ответ на выявленные «антигены» в масштабах региона, а тем более страны, пока не приходится. То же самое, можно сказать и о выявлении дефектов оказания медицинской помощи, которые фиксируются в ЭПМЗ – «иммунных комплексах», но обнаруживаются, как правило, слишком поздно.

Аналогии в функциях систем охраны здоровья

Иммунный ответ в организме человека включает две важнейшие подфункции: функцию иммунизации и функцию апоптоза.

Функция иммунизации, в свою очередь, имеет две составляющие:

1. Система данных и алгоритмов, которые “вшиты” в иммунную систему и передаются по наследству. Это то, что называется *неспецифическим (врожденным) иммунитетом* и обуславливает однотипные (стандартные) реакции на чужеродные вторжения.
2. Система данных и алгоритмов, которые формируются и настраиваются в процессе работы иммунной системы. Это происходит всякий раз, когда происходит вторжение вещества, которое не может быть нейтрализовано и выведено организмом по стандартной схеме. В этом случае реакцию обеспечивает *специфический* иммунитет. Он приобретается в результате контакта организма с антигеном; имеет приспособительное значение и характеризуется формированием иммунологической памяти. Первое взаимодействие антигена (бактерии или вируса) с лимфоцитом вызывает реакцию, названную первичным иммунным ответом, в ходе которого лимфоциты начинают развиваться (пролиферировать) в виде клонов, претерпевая затем дифференцировку: некоторые из них становятся клетками памяти, другие превращаются в зрелые клетки, продуцирующие антитела. Главные особенности первичного иммунного ответа - существование латентного периода до появления антител, затем выработка их лишь в небольшом количестве. Вторичный иммунный ответ развивается при последующем контакте с тем же самым антигеном. Основная особенность – быстрая пролиферация лимфоцитов с дифференцировкой их в зрелые клетки и быстрая выработка большого количества антител, которые высвобождаются в кровь и тканевую жидкость, где могут встретиться с антигеном и эффективно побороть болезнь.

В общественной системе охраны здоровья функция иммунизации также поддерживается двумя технологическими линиями: поликлинической

медицинской помощью и стационарной медицинской помощью, которые заметно отличаются по степени применения стандартных схем лечения пациентов.

Апоптоз – это активная форма гибели клетки, являющаяся результатом реализации ее генетической программы или ответом на внешние силы и требующая затрат энергии и синтеза макромолекул *de novo*, проявляющаяся в уменьшении ее размера, конденсации и фрагментации хроматина, уплотнении наружной и цитоплазматических мембран без выхода содержимого клетки в окружающую среду.

Функция апоптоза необходима для понимания иммунного гомеостаза. Гибель части клеток в пределах организма является закономерным и необходимым явлением, и само существование многоклеточного организма подразумевает баланс жизни и смерти на уровне составляющих его клеточных популяций.

Функция апоптоза в социальной иммунной системе проявляется в её целенаправленных усилиях по увеличению продолжительности жизни пациентов и повышению качества их жизни при наличии выявленных хронических заболеваний.

Системы охраны здоровья, как системы информационной безопасности

Работа иммунной системы человека в полном объеме начинается еще в утробе матери и выполняется без перерывов и выходных в течение всей жизни организма.

Взрослый человеческий организм – это совместное проживание порядка 10^{14} клеток, каждая из которых является носителем идентификатора организма – кода ДНК.

При этом каждая клетка организма является объектом контроля собственной иммунной системы – системы информационной безопасности, которая для каждой клетки решает задачи целостности, конфиденциальности и доступности информации на основе анализа полного, достоверного и доступного для обработки потока клинической информации.

Социальная иммунная система – система здравоохранения – также задействована в жизни каждого гражданина страны с момента его рождения до момента смерти. Теоретически и законодательно забота о здоровье каждого гражданина является непрерывно выполняемой функцией государственной системы охраны здоровья.

В нашей стране проживает более 10^8 граждан, каждый из которых с момента рождения обладает персональной медицинской картой. В ближайшей перспективе эта карта примет вид электронной медицинской карты и непременно приобретёт уникальный идентификатор, который будет сопровождать пациента от рождения до смерти.

Современный этап информатизации здравоохранения открывает реальные перспективы непрерывного учёта и оперативного мониторинга работы источников клинической информации, формирования полной,

достоверной и доступной для оперативной компьютерной обработки электронных медицинских карт, а также их хранение на интервале всей жизни пациента.

Запуск неспецифического иммунного ответа

Задача информационной целостности клетки решается средствами самой клетки (дублирование информации, защитные свойства мембраны, включение апоптоза и т.п.), а также средствами иммунной системы. Целостность (здоровье) клетки и её соответствие родительскому организму контролирует система комплемента (комплекс белков, постоянно присутствующих в крови) и различные типы лейкоцитов. Для этого используется, как на современных самолетах, не сложный, но секретный прибор “свой-чужой”. С большой вероятностью можно сказать, что в основе алгоритма данного прибора лежит уникальный для данного организма код ДНК, которым обладает, как контролируемая так контролирующая клетки.

Очевидно, что инициатива в диалоге “свой-чужой” принадлежит контролируемой клетке. Сигналы о нарушении целостности клетки в многоклеточном организме формируются внутри каждой клетки.

К сожалению, интенсивность таких сигналов от клеток злокачественных опухолей недостаточна для эффективной работы иммунной системы.

В социальной системе охраны здоровья контроль самочувствия также является, большей частью, заботой самого гражданина. Обнаружение им значительных нарушений в состоянии своего здоровья превращает гражданина в пациента и активизирует лечебно-диагностический процесс.

Можно с уверенностью говорить, что система здравоохранения запускает лечебно-диагностический процесс в отношении конкретного гражданина в момент его рождения и завершает вскоре после его смерти, чередуя его активные и пассивные фазы.

Пациенты с типовыми, известными, не опасными для жизни заболеваниями обслуживаются семейными врачами, амбулаториями и поликлиниками. Также, как иммунная система, система здравоохранения именно в этом звене грешит наибольшим числом дефектов оказания медицинской помощи, что часто приводит к потере драгоценного времени и превращает патологический процесс в необратимый.

Запуск специфического иммунного ответа

Пусковым моментом для включения специфического иммунного ответа организма является взаимодействие Т-лимфоцита с антигенпрезентирующей клеткой (АПК) [3]. Инициатива АПК проявляется отправкой сообщений-цитокинов с целью привлечь внимание к объекту вторжения со стороны специализированных специалистов – Т-лимфоцитов.

< АПК >&< молекула МНС II >&<антиген>→(ИЛ-2)→<Th0 > – так формально можно описать встречу антигена с незрелым (наивным) Т-лимфоцитом [3].

Возможны и иные варианты встреч антигена с лимфоцитами и каждая из них имеет свое продолжение. В частности, встреча антигена с В-лимфоцитом, как уже отмечалось, может привести к открытию целого фармакологического предприятия по производству необходимого количества эффективного лекарства – специфических антител. В-лимфоциты, кроме того, создают базу иммунологической памяти организма.

В любом случае, запуск специфического иммунного ответа связан с мобилизацией ресурсов организма и привлечением специальных, узкоспециализированных средств борьбы с вторжениями (болезнями).

Образом специфического иммунного ответа в социальной системе охраны здоровья выступает технология стационарного лечения, которая получает пациентов из систем скорой и поликлинической помощи.

Именно в этом звене системы здравоохранения сконцентрированы основные ресурсы и новейшие технологии оказания медицинской помощи. В системе госпитальной помощи достигается максимальная специализация и глубина лечебно-диагностического процесса. На этом же звене лежит основная нагрузка по проведению клинических испытаний новых медикаментозных средств и методов лечения.

Однако, консерватизм современной технологии стационарного лечения, информационная замкнутость каждого отдельного стационара вступают во всё большее противоречие с необходимостью перехода на качественно иной уровень обмена клинической информацией для эффективного управления ограниченными ресурсами здравоохранения, повышения скорости внедрения прогрессивных технологий лечения, наконец, для раннего обнаружения дефектов оказания медицинской помощи. Указанное противоречие, на наш взгляд, является основным сдерживающим фактором в повышении результативности лечебно-диагностических процессов.

Иммунокомпьютинг

Иммунокомпьютинг, как новое направление информатики, возникло на основе анализа и попыток построения математических моделей, основанных на принципах обработки информации молекулами белков и иммунными сетями [2]. Однако, больших успехов данное научное направление пока не достигло, что можно объяснить недостаточной глубиной наших знаний о процессе обнаружения и ликвидации вторжений антигенов в нашем организме.

Основной, общепризнанный, принцип работы иммунной системы – это свободное, но целенаправленное связывание базовых элементов (*протеинов*) в рамках *иммунной сети*. При этом принципиальными факторами достижения системных целей являются замкнутый характер и высокая

концентрация информационных каналов иммунной системы, а также их высокая и управляемая пропускная способность, обеспечивающая необходимый уровень циркуляции информации.

На наш взгляд, начало качественных изменений в информационной инфраструктуре здравоохранения и внедрение компьютерных технологий в сферу сбора и обработки клинической информации позволяет во всё большей степени рассматривать клиническую составляющую системы здравоохранения, как социальную иммунную систему.

При этом роль математических моделей для прогнозирования и анализа различных информационных процессов во вновь создаваемой социальной иммунной системе трудно переоценить.

Поэтому, с большим основанием можно утверждать, что в предмет исследований иммунокомпьютинга (теории искусственных иммунных сетей) должны войти:

1. Исследование структуры и информационных свойств электронной персональной медицинской записи.
2. Исследование структуры, пропускной способности и моделирование интерфейса сбора клинической информации, который образуется в результате деятельности информационных источников: врачей и диагностических лабораторий.
3. Исследование необходимых и достаточных условий формирования полного, достоверного и доступного для компьютерной обработки потока клинической информации.

Дальнейшее развитие иммунокомпьютинга и его аппаратных реализаций в сфере здравоохранения может привести к следующим прорывам в области обработки клинической информации:

- ◆ Иммунокомпьютинг способен преодолеть разобщенность в создании многочисленных медицинских систем, выступая в качестве единой методологической базы.
- ◆ Иммунокомпьютинг обеспечивает наиболее адекватное компьютерное моделирование социальной иммунной системы.
- ◆ Иммунокомпьютинг дает возможность системам диагностики обрабатывать громадные объемы данных в режиме реального времени, обеспечивая при этом надлежащее обнаружение и предсказание ошибок и критических ситуаций.
- ◆ Иммунокомпьютинг может способствовать развитию области информационной безопасности за счет обеспечения математически строгого базиса для разработки самообучающихся систем безопасности, способных противостоять заранее неизвестным вторжениям и обеспечить программно-аппаратную реализацию таких систем.

Заключение

Целью настоящей статьи была попытка обратить внимание на три аспекта в развитии информатизации здравоохранения.

1. Опираясь на приведённые аналогии, можно утверждать, что презумпция ценности отдельной человеческой жизни превышает всякой болтовни о защите персональных данных в потоке клинической информации.
2. Ни одна электронная персональная медицинская запись не может быть оставлена без необходимой и достаточной реакции социальной иммунной системы.
3. Каждая электронная персональная медицинская запись должна стать объектом программной обработки не только в контексте полной персональной электронной медицинской карты в конкретном ЛПУ, но также и в региональном, и в федеральном центре для оперативного управления ресурсами здравоохранения и минимизации ущерба от дефектов оказания медицинской помощи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюм В.С., Заболотский В.П. Мысленный эксперимент по организации учета и обработки информационных медицинских услуг. Врач и информационные технологии, №4 2009. С. 27–35
2. Tarakanov A. O., Skormin V. A., Sokolova S. P. Immunocomputing: Principles and Applications. New York.: Springer, 2003, 230 p.
3. Блюм В.С., Заболотский В.П. Иммунная система и иммунокомпьютинг. Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. (том 6 выпуск 4 2007). зарегистрировано 29.01.2008 под номером 0420700004/0039.
4. Абелев Г.И. Основы иммунитета // Соросовский Образовательный Журнал. 1996. N 5. с. 4–10.
5. Иммунология. Под ред. У. Пола. М.: Мир, 1988. Т. 1-3.
6. Хаитов Р.М., Игнатъева Г.А., Сидорович И.Г., Иммунология. – М., Медицина, 2000.
7. Клиническая иммунология и аллергология Под ред. Г. Лолора-младшего, Т.Фишера, Д.Адельмана. Пер. с англ. – М., Практика, 2000, -806 с.
8. Ярилин А.А. Основы иммунологии. – М., Медицина, 1999.
9. Галактионов В.Г. Графические модели в иммунологии. М.: Медицина, 1986.
10. Зарецкая Ю.М., Хамагонова Е.Г., Губарев М.И. Иммунология и иммуногенетика человека, Триада, Москва, 2002. 128 с.
11. Peakman M. and Vergani D. Basic and clinical immunology. NY: Churchill Livingstone, 1997. – 338 p.
12. Janeway Ch., Travers P. Immunobiology. 3 ed. Curr. Biol. Ltd., 1997.
13. Новиков Д.К. Медицинская иммунология. ВГМУ; 1998.
14. Кудрявцев И.В., Полевщиков А.В. ЭВОЛЮЦИЯ КАСКАДА КОМПЛЕМЕНТА: РАННИЕ ЭТАПЫ // Цитокины и воспаление. 2005. Т. 4, № 1. С. 11-21.
15. Logic (ISMVL '97).
16. Tang, T, Proceedings of the 27th International Symposium on Multiple-Valued.
17. Ройт А. Основы иммунологии (пер. с англ.). М.: Мир, 1991. 328 с.
18. Кетлинский С.А., Симбирцев А.С., Воробьев А.А. Эндогенные иммуномодуляторы. СПб.: Гиппократ, 1992. 256 с.
19. Фрейдлин И.С. Система мононуклеарных фагоцитов. М.: Медицина, 1984. 272 с.
20. Маянский А.Н., Маянский Д.Н. Очерки о нейтрофиле и макрофаге. Новосибирск: Наука, 1989. 340 с.
21. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки. М.: Мир, 1994. Т. 2. С. 287 - 301.
22. Молекулярная биология. Структура и биосинтез нуклеиновых кислот / Под ред. акад. А.С. Спирина. М.: Высшая школа, 1990. С. 44 - 73.
23. Льюин Б. Гены. М.: Мир, 1987. С. 396 - 431.
24. Мировая статистика здравоохранения. / http://www.who.int/whosis/whostat/RU_WHS10_Full.pdf

SOCIALIMMUNE SYSTEM AND IMMUNOCOMPUTING

Blum V. S., Zabolotski V.P.

Prospects for the introduction of modern information technologies in the diagnostic and treatment process of opening up new opportunities for the development of the health system, are increasingly giving it the features of the social immune system. The immune system is one of the few biological systems which have "intelligent" information processing. This article examines similarities in composition, structure and basic functions of the immune system and the health system. Investigation of the structure and functions of health information systems is proposed to consider as the main subject of the application of scientific and technological areas, called immunocomputing. - Bibliography. 24 refs.

Keywords: socialimmunesystemimmunocomputing

Россия, С-Петербург, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

¹<vlad@blum.spb.su>, ²<lai@iias.spb.su>

№	Фамилия Имя Отчество автора (полностью)	Должность (сокращённо)	Ученая степень	Ученое звание	Организация (сокращённо)
1	Заболотский Вадим Петрович	в.н.с.	д.т.н.	проф.	СПИИРАН
2	Блюм Владислав Станиславович	с.н.с.	к.т.н.	с.н.с.	СПИИРАН

21.12.2013