

периферию и тем более отсутствие такого явления свидетельствует о первых признаках неблагополучия подсистемы.

Доклад представлен к публикации членом редколлегии Ю.М. Перельманом.

УДК 532.135:(612.2-616.2)

Н.В.Ульянычев, канд .физ.-мат. наук
(Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН,
Благовещенск)

СИСТЕМНОСТЬ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕДИЦИНЕ

На основе анализа существующей в медицине научно-исследовательской практики и возможности реализации ее на системной основе сформулированы главные требования к структуре и наполнению автоматизированной системы, обеспечивающей проведение научных исследований – имея в виду, в первую очередь, системность самого объекта исследований.

Проблема системности научного исследования, как одного из высокоорганизованных видов человеческой деятельности, не нова. Авторы статьи (Е.Б. Агошкова, Б.В. Ахлибининский. Эволюция понятия системы // Вопросы философии. – 1998. – №7. – С.170-179) в результате проведенного исследования приходят к выводу, "что система есть форма представления предмета научного познания. И в этом смысле она является фундаментальной и универсальной категорией. Все научное знание с момента его зарождения в Древней Греции строило предмет познания в виде системы. ... Многочисленные дискуссии по поводу всех предлагавшихся определений, как правило, поднимали вопрос: кем и чем задаются эти важнейшие формирующие систему "системообразующие", "определенные", "ограничивающие" признаки? Оказывается, что ответ на эти вопросы общий, если учесть, что форма представления предмета познания должна соотноситься с самим объектом познания. Следовательно, именно объект определит то интегративное свойство (выделяемое субъектом), которое делает целостность "определенной". Именно в этом смысле следует трактовать положение, что целое предшествует совокупности элементов. ... Отсюда следует, что определение системы должны включать не только совокупность, композицию из элементов и отношений, но и целостное свойство самого объекта, относительно которого и строится система. Тем самым выявляется роль онтологического основания в представлении объекта, предмета познания и учитывается включенность объекта в человеческую деятельность. Развивая введенное Дж. Клиром понятие "система на объекте", следует говорить о "системе на объекте относительно данного качества (интегративного свойства)". Тогда и объект в целом будет представлен множеством "систем относительно данного качества".

В медицине эта проблема усугубляется чрезвычайной сложностью и своеобразием объекта исследования (живой системы), который предстает перед ученым как целостная динамическая система, состоящая из необозримого количества

взаимодействующих подсистем и процессов – от молекулярного до организменного уровня, с различными временными характеристиками, при бесконечном многообразии внешних условий, в которой нельзя без нарушения целостности извлечь и обособленно изучать только зону интереса. Поэтому только сейчас в связи с бурным развитием и доступностью средств цифровой техники, сетевых технологий, автоматизированных систем сбора, накопления и обработки информации, интеллектуализации измерительных комплексов наступило время практической реализации принципа системного подхода в медицинских исследованиях. Для этого необходимо создать набор и алгоритм применения инструментария (организационно-программно-техническую среду) для исследователя, что позволяло бы ему изучать объект исследования, имея в виду в первую очередь системность самого объекта (К.В. Судаков. Функциональные системы организма как объект физиологического анализа // Вестник АМН СССР. – 1985. – №2. – С.3-11) с целью получения главного результата – нового знания.

Рассмотрим характер ведущихся исследований на примере пульмонологии. Пульмонология – наука, изучающая дыхательную систему человека, – концептуально и организационно оформилась как научное направление у нас в стране в последние двадцать лет. Основные достижения ее были аккумулированы на проходящих ежегодно с 1990 г. Национальных конгрессах по болезням органов дыхания. По содержанию докладов можно проследить, какие проблемы здесь ставятся и каким образом решаются. К основным направлениям исследований относятся:

1. Беременность и болезни легких.
2. Вакцинопрофилактика и иммунотерапия заболеваний органов дыхания.
3. Вегетативная нервная система и заболевания органов дыхания.
4. ВИЧ-инфекция. СПИД.
5. Гиперреактивность дыхательных путей.
6. Гнойнодеструктивные заболевания легких.
7. Грибковые поражения легких.
8. Дыхательная недостаточность и неотложные состояния в пульмонологии.
9. Заболевания ЛОР-органов.
10. Заболевания плевры.
11. Иммунология, аллергология.
12. Интерстициальные заболевания легких.
13. Лучевая диагностика в пульмонологии.
14. Микробиология.
15. Муковисцидоз.
16. Нарушения дыхания во время сна.
17. Изучение конденсата выдыхаемого воздуха.
18. Образовательные программы.
19. Качество жизни.
20. Свободнорадикальные процессы при заболеваниях органов дыхания.
21. Онкология.
22. Организация здравоохранения.
23. Фармакоэкономика.
24. Патологическая анатомия, морфология, цитология заболеваний органов дыхания.
25. Патология сосудов легких.
26. Легочная гипертензия. ТЭЛА.
27. Патофизиология и респираторной системы.
28. Экспериментальные исследования.
29. Пневмония.
30. Профессиональные заболевания.
31. Реабилитация пульмонологических больных.
32. Физиотерапия.
33. Саркоидоз.
34. Сочетанная патология: болезни легких и сердца.
35. Болезни органов дыхания в сочетании с другими заболеваниями.
36. Табакокурение.
37. Туберкулез.
38. Функциональные методы в диагностике заболеваний органов дыхания.
39. Хирургические методы в диагностике и лечении заболеваний органов дыхания.
40. Хроническая обструктивная болезнь легких.
41. Хронический бронхит.
42. Экологическая пульмонология.
43. Радиационная патология легких.
44. Экспертиза в

пульмонологии. 45. Эндоскопия. 46. Эпидемиология. 47. Бронхиальная астма. 48. Бронхиальная астма у детей. 49. Заболевания легких у детей. 50. Новые лекарства.

Несмотря на огромный диапазон исследований и кажущееся различие между используемыми подходами, все они обладают целым рядом общих черт. Все работы ведутся в трех глобальных направлениях:

1. Лечение заболеваний.
2. Диагностика.
3. Механизм возникновения.

В первом случае набираются две или более групп больных (включая контрольную) и им даются различные варианты лечения. Статистическими методами (факторный, дисперсионный, регрессионный, дискриминантный) выявляются различия между группами и параметры, определяющие это различие. По этим показателям судят также о механизме терапевтического воздействия и строят прогностические алгоритмы.

Во втором случае набирается группа здоровых и группа больных с известным заболеванием и у них определяются одни и те же показатели (их количество зависит от аппаратных возможностей исследователя). Из этих показателей теми же статистическими методами отбираются диагностически значимые и строится диагностический алгоритм. Анализ значимых параметров позволяет сделать выводы о механизме возникновения заболевания.

В третьем случае к рассматриваемым двум вариантам добавляется экспериментальное исследование на модели заболевания у животных. Однако подход к анализу результатов остается прежним.

В меньшей степени разработаны вопросы прогнозирования состояния пациента. Медицинская прогностика до сих пор не выделилась в самостоятельную дисциплину, и не существует ни научно разработанной теории медицинского прогнозирования, ни даже сколько-нибудь систематизированной методики врачебного прогноза. Для создания алгоритмов медицинского прогнозирования сейчас применяются методы распознавания образов и математической статистики. Однако наиболее часто объемы обучающих выборок малы, а это приводит к невозможности достоверно проверить решающие правила. Поэтому практическая работа в этой области приобретает особенно важную роль – она позволяет выявить и использовать специфику рассматриваемых задач.

Кроме выделенных областей исследования, имеются работы по диагностике редких заболеваний, для которых непригодны статистические методы и требуется экспертный подход. Встречаются также работы, результатом которых является вывод о необходимости объединения усилий разнопрофильных специалистов в диагностике конкретного заболевания (морфологов, клиницистов, рентгенологов).

В отечественной литературе практически не представлены работы по созданию систем должных (референтных) величин. Сравнение измеренного у пациента показателя с его должной величиной (приведенной к полу, возрасту, весу и росту пациента) значительно облегчает выработку заключения по состоянию пациента, позволяет легко запрограммировать этот процесс для автоматической вы-

работки заключений. За рубежом несколько групп исследователей занимаются этим вопросом (R.J. Knudson, J.E. Morris, W. Millicent, R.M. Cherniac, J.E. Cotes, K.H. Kieft, N.L. Jones). Основным методом здесь является отбор группы здоровых лиц (~1000 человек), представительной для данного региона, и определение у них показателей, по которым строится система должных величин. Затем для каждого показателя строится регрессионное уравнение его зависимости от роста, возраста, веса и пола (возможно, и других значимых параметров), обеспечивающее минимальную ошибку предсказания, и дается оценка среднеквадратичного отклонения. Впоследствии такие уравнения используются для предсказания: имеют ли показатели состояния обследуемого отклонение от нормы (умеренные, значительные, резкие). Такие исследования требуют больших материальных затрат и поэтому в отечественной практике почти не ведутся.

Имеется ограниченный круг работ в области медицинской кибернетики. Представленные разработки охватывают практически все направления исследований, ведущихся в данной области: предварительная обработка результатов измерений, сбор, накопление и поиск информации, автоматизированная выдача диагностических заключений, в том числе с применением экспертного подхода, прогнозирование исхода заболеваний. Однако эти системы уже являются продуктом проведенной научно-исследовательской работы и имеют только прикладное значение.

Практически отсутствуют отечественные публикации из области физиологических исследований. Связано это в первую очередь с большой трудоемкостью исследований, а также с необходимостью сочетать в одном лице высокопрофессионального физиолога, физика и математика либо создавать творческие коллективы. Поэтому анализ характера физиологических исследований проводился в основном по зарубежным работам.

Физиология дыхания ставит целью построение теории функционирования дыхательной системы человека. В связи с этим круг решаемых задач и используемых методов исследования очень широк: аэродинамика движения воздуха по дыхательным путям, биомеханика легких, грудной клетки и живота, особенности работы дыхательной мускулатуры, диффузия газов из альвеол в капилляры и обратно, регуляция дыхания. Каждое исследование предполагает установить общие закономерности функционирования отдельного участка дыхательной системы с целью внести вклад в становление общей теории. В результате анализа физиологических исследований, проводимых в самых различных направлениях, становится видно, что основным методологическим подходом здесь является моделирование исследуемой системы как поиск взаимосвязи характеризующих ее параметров. Уточнение существующей модели, исследование ее в новых условиях, построение новой, причем не обязательно в форме уравнений, допускается словесное описание либо аналоговая схема – вот грубо формализованный перечень направлений исследований, ведущихся в области физиологии дыхания. При построении моделей в физиологических исследованиях используются практически все подходы, развитые при моделировании технических систем: имитационное моделирование, физическое, статистическое, математическое. Очень мало работ дыхания в целом. Связано это с чрезвычайной

дыхания в целом. Связано это с чрезвычайной сложностью создания моделей живых систем. К основным причинам, резко усложняющим процесс моделирования при переходе от технических к живым системам, относятся:

1. Живые системы не позволяют себя смоделировать физически или разложить на более элементарные подсистемы.

2. Проблема размерности. Легкое состоит из миллионов альвеол, каждая из которых непохожа на другую и представляет собой достаточно сложную систему для анализа диффузии через крайне неоднородную поверхность.

3. Исследуемые процессы являются нелинейными и при рассмотрении в совокупности никогда не допускают линеаризацию.

4. Проблема идентификации параметров. Часто единственными доступными для изучения системами являются организмы животных, и исследователь должен предположить, что изучаемые процессы у человека идут аналогично. На человеке тесты для оценки параметров модели могут проводиться при условии, что они необходимы для лечения. Этические нормы становятся все более убедительными в связи с возможностью судебного иска в случае, когда не может быть доказано, что измерения сделаны для блага больного.

Несмотря на это, моделирование системы дыхания представляется основным инструментом физиологических исследований, помогая формулировать гипотезу, проверять ее и исследовать модель вместо исследования (зачастую невозможного) самой системы. Поэтому модель объекта исследования должна быть составной частью автоматизированной научно-исследовательской системы как диалоговая система и как описание, откуда конкретный исследователь может взять свой раздел и развивать его в необходимом направлении.

Из приведенного обзора видно, что полная формализация научно-исследовательского процесса в медицине сегодня недостижима. Однако удастся выделить в проводимых работах и используемых подходах ряд общих черт, на основе которых могут быть сформулированы общие требования к наполнению автоматизированной системы для научных исследований по любому из перечисленных в начале направлений. При этом учитываем, что "автоматизация научных исследований сегодня – это предоставление исследователю мощных компьютерных средств создания продвинутых (т.е. эффективно порождаемых, оперативно модифицируемых при настройке на конкретную предметную область, снабженных встроенными средствами контроля собственной корректности, расчета и выдачи результатов в необходимой форме) моделей изучаемых явлений. Доступность такого рода инструментария прямо на рабочем месте исследователя, наряду с возможностью достаточно быстро породить много альтернативных моделей (гипотез) различной степени точности, проводить их сравнительный анализ, в том числе и на литературном материале, дает принципиально новые возможности проверки адекватности моделей. Иначе говоря, речь идет о создании среды для исследователя, минимизирующей рутинную работу и позволяющей максимально полно реализовать его неформальные творческие способности, его способность оперировать максимальным объемом информации, релевантной исследуемому явлению. Или, иначе, «при автоматизированной организации знаний и исследова-

ний задача состоит в создании условий, активно способствующих творчеству человека.» (Л.И. Забейло. Новые информационные технологии в научных исследованиях и технологических разработках // Научно-техническая информация, сер.2. – 1992. – №6. – С.1-11).

Таким образом, современная медицина нуждается в автоматизированной организации теоретических, экспериментальных и прикладных знаний, включая научные исследования и применения. Понятие "знание" включает в себя модели и методы их исследования; методики планирования, идентификации, контроля, прогнозирования результатов и обработки наблюдений; экспертные оценки и системы, административные решения и инженерные методы приложений. Сюда относятся также сами взаимоотношения человек – автоматизированная система, которые возникают вместе с организацией знаний и методов техническими и программными средствами, фиксируются в структуре системы, алгоритмах, инструкциях и становятся неотъемлемой частью, во многом определяющей ее эффективность.

В соответствии с общей теорией познания при выполнении экспериментальных исследований одновременно используются модели (фундаментальные знания, представления) исследуемых систем и процессов и проводится сравнение теоретических и экспериментальных результатов. Если теоретические и экспериментальные результаты совпали в пределах погрешностей использованных методик измерения, это свидетельствует о подтверждении представлений, лежащих в основе модели.

Если же теоретические и экспериментальные результаты не совпадают (что более интересно), этот результат направляет исследователя на изыскание факторов, которые ранее не были известны и, следовательно, не учтены в рамках модели. Модель создает возможность предварительной проверки различных гипотез относительно факторов, действие которых привело к расхождению теоретических и экспериментальных результатов. Вводя в модель дополнительно гипотетические факторы, можно установить, в какой мере влияние этих факторов устраняет имеющееся расхождение теории и эксперимента. Таким образом, модель не только позволяет обнаружить несоответствие, объясняющееся новыми, ранее неизвестными факторами и взаимодействиями, но и проверить гипотезы по поводу этих факторов. Расхождение теоретических и экспериментальных результатов ведет к постановке новых экспериментальных исследований, целью которых является изыскание причин наблюдаемого расхождения, и, в конечном счете, к усовершенствованию модели, росту фундаментального знания.

Для того чтобы такой анализ был возможен, исследовательская система по своей структуре, наполнению, совокупности измеряемых параметров и методов обработки должна позволять проводить идентификацию модели. С другой стороны, научное исследование в медицине ведется неотрывно от лечения пациента и с безусловным приоритетом последнего. Поэтому функционирование научно-исследовательской системы также должно быть подчинено этой цели, что делает ее частью более глобальной системы ведения пациента в лечебно-диагностическом учреждении. Такой подход имеет и преимущество, связанное с

тем, что сразу строится система практической проверки современного теоретического представления, данных и фактов отображенных (реализованных) в непрерывно обновляющейся модели.

Следовательно, для проведения клинических исследований такая система должна содержать подсистему сбора информации, с максимальной полнотой охватывающей все методы обследования, в том числе в режиме "on line", ее накопления и хранения, группового и статистического анализа, статистического моделирования. Для проведения физиологических исследований, кроме того, необходима разработка наиболее общей и детальной теоретической модели и реализующей ее диалоговой системы имитационного численного моделирования.

В медицине имеется целый ряд ограничений и специфических условий, которые вместе с задачей автоматизации исследований определяют основные требования к автоматизированной системе:

связывание в рамках единой системы всех компонент, необходимых для полной автоматизации проводимых исследований. Сюда относятся: моделирование, сбор первичной информации, анализ данных, информационное обеспечение, экспертные системы;

неизменная форма представления информации, структуры диалога и экранного интерфейса для всех компонент системы;

многопользовательский (сетевой) характер системы. Локальная сеть в рамках конкретного научно-исследовательского учреждения, связанная с внешним источником информации (сеть – естественный системообразующий инструмент взаимодействия и взаимосодействия исследователей при изучении проблемы, а также способ организации коллективного знания, где каждый вносит свой локальный (частный) вклад, а получает целостность);

обеспечение научных исследований, как составной части лечебно-диагностического процесса.

Таким образом, для решения поставленных задач необходимо создать следующие подсистемы:

1. Моделирования.
2. Сбора и накопления данных.
3. Группировки собранной информации.
4. Статистической обработки.
5. Создания диагностических (лечебных, прогностических) алгоритмов.
6. Информационно-справочную.
7. Оболочку экспертной системы.

Ограниченность применения существующих систем автоматизации научно-практической деятельности в медицине связана с тем, что каждая из них, как правило, решает узкую задачу в конкретном приложении. Для осуществления полной программы автоматизации медико-биологических исследований необходимо построение системы, решающей внутри себя все перечисленные выше задачи.

Доклад представлен к публикации членом редколлегии Ю.М. Перельманом.