

Смит Дж. В., Свирбели Дж. Р.

## Лабораторные информационные системы

---

**Smith J. W., Svirbely J. R.**

### **Laboratory information systems**

Medical informatics. Computer applications in health care. Eds.: E. H. Shortliffe, L. E. Perreault. Addison-Wesley Publishing Company., Ch. 9. P. 273-297

Section on Medical Informatics  
Stanford University School of Medicine

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Ключевые слова</b> | Взаимодействие компьютерных приложений<br>Лабораторные информационные системы<br>Управление информацией в здравоохранении |
| <b>Темы</b>           | Системы информационного обеспечения<br>здравоохранения  |

---

По прочтению этой главы вы должны получить ответы на следующие вопросы:

- Какие наиболее распространенные подразделения существуют в клинической лаборатории и в чем состоят их функции?
- Какие существуют причины использования автоматизированных информационных систем в клинической лаборатории?
- Из каких задач состоят межлабораторные и внутрिलाбораторные циклы обработки информации?
- Какие функции обеспечиваются современным поколением коммерческих лабораторных информационных систем?
- Как лабораторные информационные системы будут в будущем помогать врачам и другому медицинскому персоналу заказывать исследования и интерпретировать их результаты?

### 9.1. Обработка информации в клинических лабораториях

Результаты лабораторных тестов являются важным источником информации для медицинского персонала. Врачи могут заказывать исследования для того, чтобы диагностировать болезнь, вести лечение уже установленных заболеваний или проводить диспансеризацию с целью выявления скрытых заболеваний. Основные функции клинической лаборатории состоят в сборе, верификации, интерпретации и передаче информации, полученной в результате исследования биоматериала пациента. Качество лабораторных услуг зависит не только от точности результатов исследований, но и от своевременности выполнения исследования и доступности результатов.

В течение более чем двух десятилетий количество исследований, выполняемых в клинических лабораториях, возросло в среднем на 10-15% в год (рис. 9.1). Клинические лаборатории в больших общественных и университетских больницах обычно выполняют по несколько миллионов исследований в год [Miller, 1980]. Компьютеры впервые появились в клинических лабораториях в конце 50-х годов; их целью было помочь удовлетворению быстро растущих потребностей в проведении лабораторных исследований. Внедрение практики возмещения затрат больниц на основе клинико-статистических групп для пациентов, обслуживаемых по программе Medicare, заставило клинические лаборатории повышать свою

эффективность, таким образом способствуя дальнейшему применению компьютеров. Хотя нагрузка на лаборатории в последние годы продолжала возрастать, численность их штатного технического персонала сокращалась. Сегодня компьютеры широко распространены и внедрены в клинических лабораториях.

**Лабораторные информационные системы (ЛИС)** обеспечивают выполнение основных функций как в обработке данных, так и в управлении лабораторией. Компьютеры не только встроены в лабораторные приборы, обрабатывающие биоматериалы, они также помогают анализировать первичные данные, сохранять и распространять результаты исследований, следить за качеством исследований, документировать лабораторные процедуры и предоставлять информацию, которая используется руководителями лабораторий для управления материальным снабжением и распределением рабочей нагрузки, а также для повышения производительности лаборатории.

### **9.1.1. Организация клинической лаборатории**

Чтобы удовлетворять требованиям медицинской практики, клинические лаборатории выполняют различные виды тестов, некоторые из которых должны обеспечиваться 24 часа в сутки. Хотя мы часто говорим о клинической лаборатории, более правильно говорить о различных специализированных лабораториях: биохимической, гематологической, микробиологии, гистологической, банке крови и т.д. Каждая лаборатория обрабатывает различные виды биоматериалов и использует различные техники исследования.

*Биохимическая лаборатория* осуществляет химический анализ таких биоматериалов, как, например, плазма, сыворотка, цельная кровь, моча и спинномозговая жидкость. Обычно реактив смешивается с образцом биоматериала, вызывая химическую реакцию. Интенсивность реакции пропорциональна измеряемому биохимическому показателю; результат исследования определяется сравнением наблюдаемого изменения с изменением для стандартного набора (Рис.9.2). К числу наиболее распространенных относятся исследования концентрации электролитов (например, натрия, калия и кальция), содержания газов в крови (например, кислорода и углекислого газа), а также содержания ферментов, жиров, углеводов, белков, продуктов физиологической жизнедеятельности, гормонов, медицинских препаратов и ядов. Во многих ситуациях медицинской практики эти биохимические показатели важны для лечения серьезно больных пациентов; таким образом значительная часть биохимических исследований выполняется как экстренная.

*Гематологическая лаборатория* выполняет исследования с целью получить характеристики клеточных элементов крови - красных и белых клеток крови и тромбоцитов. Одной из наиболее часто выполняемых анализов крови является полный подсчет клеток крови (complete blood count) - набор исследований, который определяет количество и размер клеток, а также содержание гемоглобина. Кроме того, кровь может быть исследована под микроскопом для того, чтобы определить процентное соотношение количества эритроцитов на различных этапах их развития.

*Лаборатория микробиологии* идентифицирует инфекционные элементы (бактерии, грибы, паразиты, вирусы) в биоматериале пациента. Образцы биоматериала могут быть исследованы под микроскопом, выращены отдельно или подвергнуты биохимическому анализу. В некоторых случаях лаборатория выполняет тесты с целью определения чувствительность организмов к различным составляющим антибиотиков; эта информация используется врачами для рекомендации эффективной процедуры лечения.

*Цитологическая лаборатория* исследует биоматериалы на наличие раковых клеток. Наиболее часто выполняются скрининговые исследования, например исследование соскоба из цервикального канала для выявления опухолей шейки матки и мокроты для выявления опухолей легких.

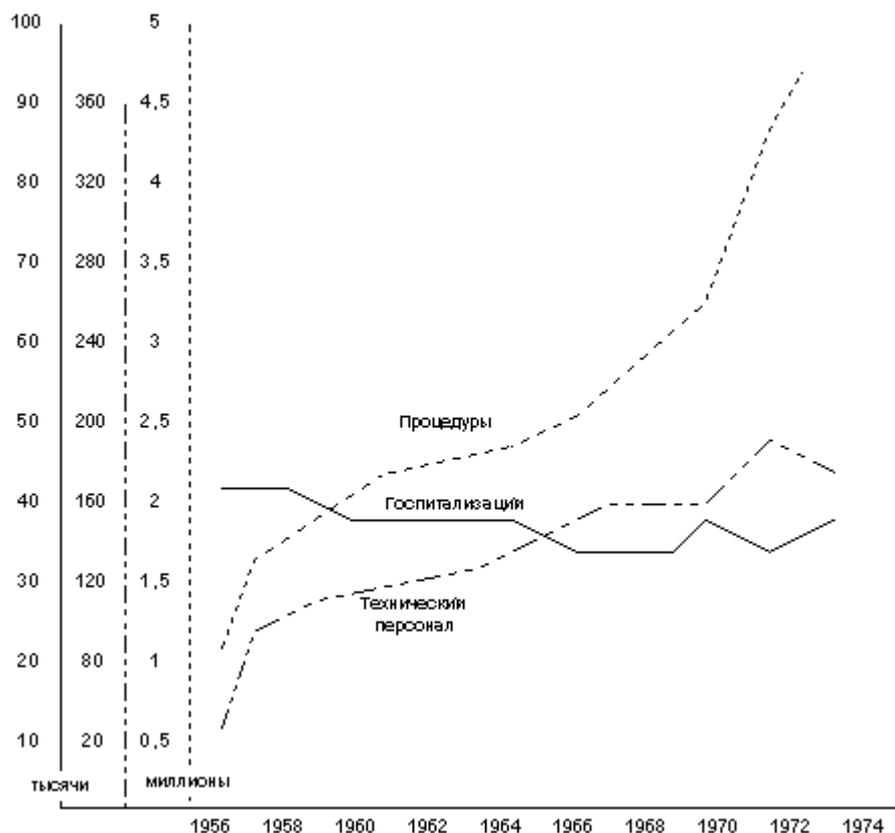
*Лаборатория иммунологии* измеряет содержание антигенов и антител в

физиологических жидкостях с целью диагностики инфекционных заболеваний и нарушений иммунной системы.

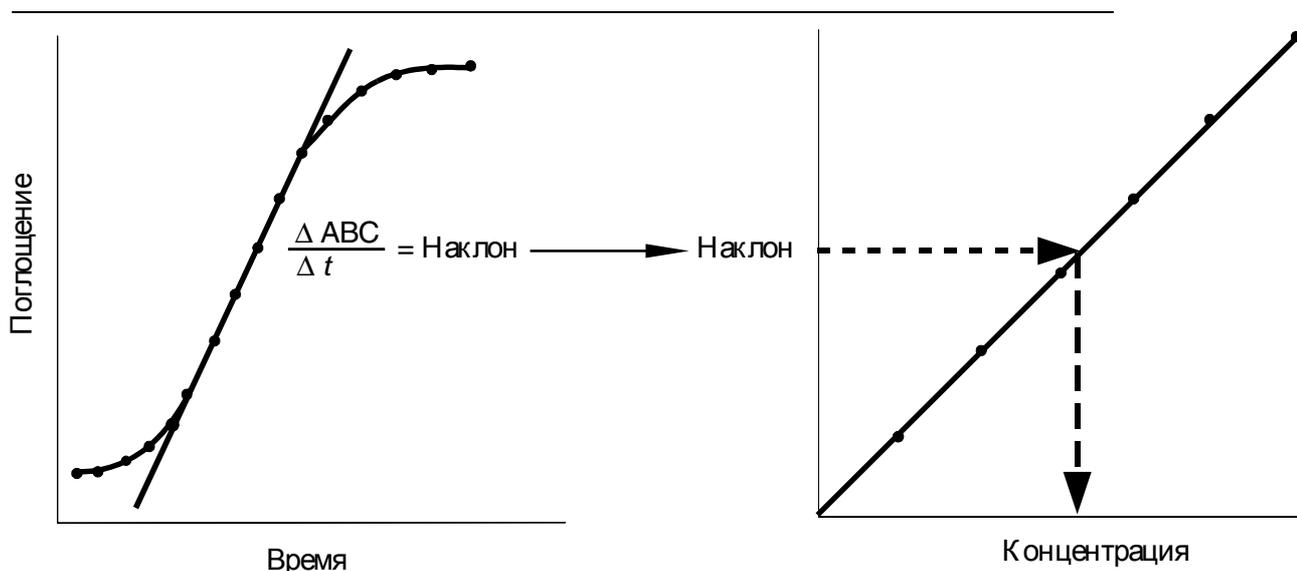
*Гистологическая лаборатория* исследует все образцы органов, удаленных во время хирургического вмешательства, с целью диагностики типа и тяжести текущего заболевания. Иногда требуется только микроскопическое (прямое визуальное) исследование биоматериала; тогда вырезается очень тонкая пластинка ткани и исследуется под микроскопом. Специальные лаборатории могут проводить дополнительные исследования, используя такую технику как иммунологические метки или электронный микроскоп.

*Банк крови* отвечает за хранение и распределение продуктов крови. Кроме того, он тестирует кровь донора и пациента, получающего кровь, для того, чтобы убедиться, что типы крови совместимы и что для переливания используются только биологически безопасные продукты.

Оптимальная организация лаборатории определяется в зависимости от типа и размера медицинского учреждения, от расположения лаборатории и видов тестов, которые она выполняет. Обычно большие клинические лаборатории состоят из двух или более подразделений, каждое из которых специализируется на выполнении исследований в определенной области (микробиология, гематология и т.д.). Поскольку экстренные исследования требуют специальных процедур, лабораторные подразделения могут быть подразделены по срочности исполнения заказов (обычные и экстренные). В более маленьких лабораториях не существует четкого разделения исследований по участкам, и многие виды исследований выполняются в одном и том же помещении.



**Рис. 9.1.** С 1956 по 1974г. количество лабораторных исследований, выполненных в больницах Государственного университета штата Огайо, росло значительно быстрее, чем количество пациентов или численность лабораторного персонала. (Данные: перепечатано с разрешения из Speicher, C.D. and Smith, J.W., Jr. *Choosing Effective Laboratory Tests*.)



**Рис.9.2.** В исследованиях, проводимых в клинической лаборатории, к образцу биоматериала пациента добавляются специальные реактивы, которые вызывают химическую реакцию и заметные изменения (например, цвета). Однако, измеряемая интенсивность реакции пропорциональна количеству исследуемого вещества. Сравнивая наблюдаемую реакцию с аналогичной реакцией, производимой стандартным образцом известных концентраций, компьютер может экстраполировать уровень химической составляющей в биоматериале пациента.

| Год  | ЭПРД <sup>1</sup> | Рабочие единицы<br>САР <sup>2</sup> |
|------|-------------------|-------------------------------------|
| 1985 | 294               | 20,850,000                          |
| 1986 | 289               | 20,938,093                          |
| 1987 | 275               | 23,178,000                          |
| 1988 | 265               | 23,788,992                          |

**Таблица 9.1.** Увеличение эффективности клинических лабораторий вследствие внедрения системы возмещения затрат на основе клинко-статистических групп

<sup>1</sup>ЭПРД = эквивалент полного рабочего дня

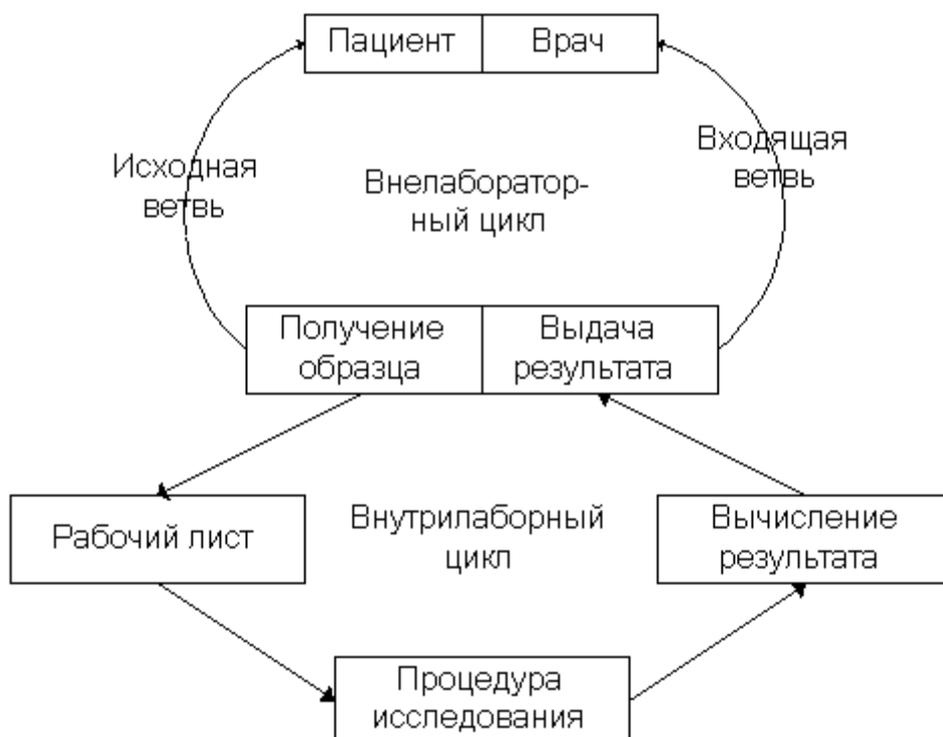
<sup>2</sup>САР = Институт американских патологоанатомов; см. раздел 9.3.7.

Источник: больницы Университета штата Огайо

### 9.1.2. Информационный поток в клинической лаборатории

Клиническая лаборатория, как и другие вспомогательные подразделения, выполняют внешние запросы на услуги. Заказ исследования, обычно выписанный лечащим врачом пациента, является первым в серии шагов в процессе исследования, которые включают забор биоматериала, выполнение теста и выдачу отчета. Мы можем различить два цикла процесса исследования - один происходит вне лаборатории и другой внутри лаборатории (рис. 9.3). Во **внелабораторном цикле** образцы биоматериала и заказ на исследования

доставляются в лабораторию, а результаты теста передаются врачу, который запросил исследование. **Внутрилабораторный цикл** - цикл анализа - состоит из нанесения метки с уникальным номером на каждый образец, разделения образца биоматериала на небольшие порции, доставки каждой порции на соответствующее рабочее место, выполнении тестов, выдаче отчетов по результатам исследований.



**Рис.9.3.** Процесс исследования состоит из двух циклов. Во внелабораторном цикле образцы биоматериалов и заказы исследований доставляются в лабораторию, и окончательные результаты тестов возвращаются к запросившему заказ врачу. В лаборатории лаборанты анализируют образцы биоматериалов и готовят отчеты о результатах исследования.

Руководители лабораторий тщательно контролируют процесс исследования для того, чтобы измерить объем и распределение заказов на исследования, производительность труда лабораторных работников, время обработки тестов и уровень ошибок. Они используют эти параметры для составления расписания выхода персонала на работу, управления запасами, покупки оборудования и оценки бюджета. Кроме того, эти параметры используются, чтобы оценить качество лабораторного сервиса и найти пути улучшения существующих процедур.

## 9.2. История развития лабораторных информационных систем

До конца 50-х годов большинство лабораторных тестов выполнялись индивидуально, вручную. Те же лаборанты, что анализировали биоматериал, выполняли и всю бумажную работу. Эта часть работы занимала от 15 до 30 процентов рабочего времени лабораторного персонала. Ручная система обработки была вполне адекватной, пока нагрузка на лабораторию оставалась низкой и своевременность результатов не была критичной, но по мере того как возрастал объем работы, и врачи требовали выполнения результатов за более короткий

срок, качество лабораторного сервиса изменилось. К концу 50-х годов лаборатории были перегружены. Исследования заказывались, но не выполнялись, образцы биоматериала идентифицировались неправильно, выдавались ошибочные результаты, и отчеты рассылались неправильно. Руководители лабораторий надеялись, что оснащение лабораторий автоматизированными средствами выполнения анализов решит эти проблемы. Клиническая лаборатория была естественным местом для применения компьютеров, поскольку последние могут быстро и точно выполнять большое число повторяющихся тестов. В 1957г. Скеггс описал автоматический анализатор для непрерывного выполнения биохимических исследований. Этот процесс был впервые воплощен в автоанализаторе Auto Analyzer компании Technicon Instruments, который мог выполнять большинство тестов, заказываемых биохимической лабораторией; анализатор последовательно брал образец биоматериала, добавлял реактив и измерял интенсивность химической реакции. По мере внедрения других автоматических анализаторов в начале 60-х годов, лаборатории получили возможность оперативного выполнения комплексов исследований на одном образце биоматериала.

Автоматизированные лабораторные инструменты значительно улучшили способность клинической лаборатории выполнять тесты для учреждения, в состав которого она входила. Однако автоанализаторы большое количество данных; что приводило к усложнению процесса интерпретации данных в лаборатории. В некотором отношении автоматизация выполнения лабораторных тестов усугубила проблемы лаборатории, связанные с обработкой информации. Это ускорило развитие лабораторных информационных систем, и компьютеры стали использоваться для сбора данных от лабораторных инструментов, обработки и хранения информации и выдачи отчетов о результатах тестов.

Вначале данные, полученные от инструментов, должны были вводиться в лабораторные информационные системы вручную. Первые попытки автоматизации сбора данных использовали ввод через формы с метками (формы с карандашными отметками сканировались оптически), перфокарты и кодирование вывода инструментов, понятное человеку. Позднее, инструменты выполняли вывод на компьютерные носители, которые могли быть введены в компьютер. Наконец, для ввода данных использовался прямой интерфейс инструмент-компьютер; впервые успех был достигнут с автоанализатором-фотометром и анализатором кровяных клеток Coulter. В настоящее время многие автоматические инструменты комплектуются препроцессором, который преобразует аналоговые данные, выдаваемые инструментом, в цифровой формат и передает цифровые данные в режиме реального времени в лабораторную информационную систему без вмешательства человека. Удаление этапа ручного ввода исключает ошибку человека и временные задержки, связанные со сбором и вводом данных.

В 1970г. фирма Du Pont представила публике первый лабораторный инструмент, управляемый компьютером: автоматический клинический анализатор АСА (Automated Clinical Analyzer). Встроенный в автоанализатор компьютер управлял работой анализатора, вычислял результаты из полученных на автоанализаторе данных и выдавал окончательный отчет. С тех пор обозначилась тенденция к высоко автоматизированным, интеллектуальным, автономным лабораторным инструментальным системам. Уменьшение размера и снижение цены процессоров ускорило внедрение компьютеров в лабораторные инструменты. В настоящее время многие инструменты используют микропроцессоры для управления различными этапами исследований. Например, система SMAC (Sequential Multiple Analysis Computer - компьютер для последовательного выполнения многих анализов) оказывает помощь на всех этапах исследования. Она автоматически калибрует каждый процесс исследования, идентифицирует образцы биоматериала, вычисляет результаты, выдает отчеты и помогает в устранении неисправностей.

Компьютеры были впервые использованы в лабораториях для решения административных и управленческих задач в середине 60-х годов. Компьютеры не только автоматически выполняли бумажную работу, но также взаимодействовали

напрямую с лабораторными инструментами. Даже первые, относительно несовершенные компьютерные системы имели достаточно выраженные преимущества, в том числе:

- уменьшение времени обработки теста от момента заказа до выдачи результата;
- увеличение точности результатов исследований и заметное снижение количества ошибок при передаче и рассылке результатов;
- улучшение контроля качества и лучший контроль за состоянием оборудования;
- более эффективное хранение и более своевременная выдача результатов, используемых в исследовании и обучении;
- увеличение производительности в расчете на сотрудника лаборатории;
- более высокая доступность информации для решения административных и управленческих задач.

### **9.3. Основные функции лабораторной информационной системы.**

Преимущества современных лабораторных информационных систем проистекают из возможности управлять информационным потоком как внутри лаборатории, так и между лабораторией и медицинским персоналом, который пользуется ее услугами. В настоящее время лабораторные информационные системы используются главным образом для сбора данных, хранения информации и управления процессом выполнения тестов, хотя возможно использование более совершенных приложений для здравоохранения, и уже были разработаны несколько систем интерпретации результатов.

#### **9.3.1. Заказ исследований и передача результатов**

Исторически передача заказов и результатов между лабораторией и коечными отделениями была постоянным источником ошибок и задержек. До разработки лабораторных информационных систем медицинский персонал для заказа тестов и получения результатов использовал бланки заказа исследования, заполненные от руки (рис. 9.4.). Эти бумажные бланки иногда неправильно рассылались, а при переносе и неправильной интерпретации рукописных данных и результатов нередко возникали ошибки. Более срочные результаты часто передавались по телефону голосом, что в свою очередь являлось потенциальным источником неправильного понимания и неполной передачи данных. Для уменьшения количества ошибок и задержек при передаче заказов и результатов применялись пневпочта и другие устройства передачи. Это было особенно важно для обменов с такими отделениями, как реанимационные. Использование компьютеров значительно улучшило способность лабораторий доставлять результаты быстро и точно благодаря удаленной печати информации на устройствах, расположенных непосредственно в коечных отделениях. Если лабораторная информационная система поддерживает автоматический ввод заказов и выдачу результатов, то можно полностью отказаться от бумажных бланков заказов, и результаты становятся доступными без задержек всему медицинскому персоналу, имеющему доступ к информации о пациенте.

**Рис.9.4.** В лабораторных информационных системах с ручным вводом медицинский персонал заказывает лабораторные тесты, заполняя бумажные бланки, такие как этот запрос на sputum культуру. Лаборатория выполняет запрошенные исследования, выписывает результаты на этот бланк и возвращает копию бланка для включения в историю болезни пациента. В совокупности эти рукописные бланки хранят большой объем информации, который обычной не сопровождается интерпретацией результатов. Более того, могут возникнуть проблемы неразборчивости. (Источник: больницы Университета штата Огайо.)

### 9.3.2. Идентификация пациента и биоматериала

В настоящее время этапом, вызывающим максимальное количество проблем в процессе исследования, является идентификация пациентов и образцов биоматериала. Лабораторные информационные системы помогают процессу идентификации, выдавая рабочие листы на забор биоматериала по номерам палат и заранее печатая наклейки на образцы. Однако, до сих пор не существует абсолютно надежного, общепринятого и экономически эффективного способа идентификации. Многие банки крови используют наклейки с штрих-кодами для идентификации продуктов крови, но несмотря на потенциал штрих-кодов в отношении снижения количества ошибок идентификации, браслеты для идентификации пациентов и наклейки на образцы биоматериала со штрих-кодами широко не используются. Во многих лабораториях персонал, занимающийся сбором биоматериала, все еще должен или прочитать надпись на идентификационном браслете пациента, или спросить у пациента фамилию и дату рождения.

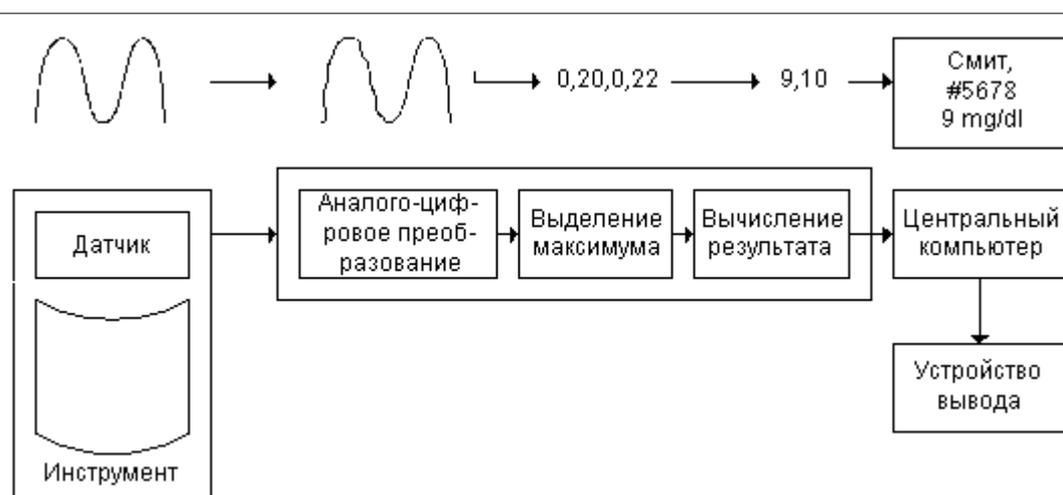
### 9.3.3. Обработка данных и хранение записей

Центральной функцией лабораторной информационной системы является автоматизация обработки данных, связанной с процессом исследования. Лабораторная информационная система составляет таблицу заказов на исследования и подготавливает рабочие листы на забор биоматериала. Сразу после получения биоматериала образцам присваиваются уникальные номера, которые вводятся в систему. Рабочие листы, выдаваемые компьютером, помогают лаборантам подготовить образцы для анализа на индивидуальных рабочих местах. Обычно эти рабочие листы также включают инструкции по специальной обработке или предосторожностям, которые должны быть выполнены при исследовании. Лабораторная информационная система также поддерживает ведение журналов, которые позволяют лабораторному персоналу определить, кто

и когда выполнял каждый этап процедуры исследования.

### 9.3.4. Сбор данных

Клинические лаборатории выполняют две общих категории тестов: (1) тесты, которые измеряют числовые показатели, например концентрацию или количество; и (2) тесты, которые требуют визуализации и интерпретации, например классификация тканей, полученных в результате биопсии, или идентификация культур организмов. В любом случае, результаты исследований должны быть введены в лабораторную информационную систему и показаны в формате, информативном для медицинского персонала, занимающегося лечением пациента. Характеристики данных определяют механизм, используемый лабораторной информационной системой для сбора данных и выдачи отчетов.



**Рис. 9.5** Автоанализаторы выдают непрерывный поток данных по мере того, как в порядке очереди тестируется каждый образец биоматериала. Компьютер преобразует аналоговые данные в цифровую форму, сглаживает кривую и выделяет максимумы, связанные с отдельными образцами. Измеренные значения затем интерпретируются в значимые с медицинской точки зрения числа (см. рис. 9.2), и результаты привязываются к образцам. Вначале промежуточные результаты обработки выполнялись центральным компьютером лабораторной информационной системы, но сейчас они совершаются самими инструментами.

Большинство биохимических и гематологических исследований выполняется автоматическими инструментами, которые выдают числовые результаты. Встроенный интерфейс преобразует напряжение, измеренное инструментом, в цифровые значения, которые могут быть обработаны компьютером (аналогово-цифровое преобразование; см. главу 4). Затем компьютер оценивает цифровые данные для определения окончательных числовых результатов (рис. 9.5). Результаты должны быть связаны с индивидуальными образцами биоматериала; обычно лаборант вводит в компьютер список номеров образцов и загружает образцы в инструмент в том же порядке. Таким образом, существует соответствие один к одному между номером образца и результатом.

В первых лабораторных системах центральный лабораторный компьютер выполнял всю обработку первичных данных. Сегодня специальные компьютеры, встроенные в инструменты, сами обрабатывают первичные данные, проверяют достоверность результатов, связывают результаты с отдельными образцами и передают числовые результаты в режиме реального времени непосредственно в лабораторную информационную систему. Лабораторные информационные системы могут собирать и интегрировать информацию от различных инструментов, сохранять данные и выдавать отчеты о результатах лабораторных исследований (рис 9.6).

```

OHIO STATE U MOHr
CASH SPEICHER NO Lab NIN ME: WMO WDRW PRG# 2
0001 97/20/8764 2001 P
NOI
NOI
***** H E M A T O L O G Y *****
TEST: RBC HEMOGLOBIN HEMATOCRIT WBC PLT BUN CREAT
LG-021 4.2-5.4 10-16 37-47 4.7-10 12-40 7.0-14.0 1.0-1.4
UNIT: ML/CM CH/ML % ML/CM FB CM/ML %
NOI/20/87 0.8 + 22.0 +
077700
NOI/20/87 0.3 + 10.4 +
132000
NOI/20/87 0.5 + 24.5 +
022000
NOI/20/87 0.4 = 09.1 +
104000
NOI/20/87 2.20 + 10.7 + 21.1 + 90 30.8 + 28.2 17.8
% 002000

***** ELECTROLYTE DIFFERENTIAL *****
TEST: WBC
LG-021 0-10
UNIT: THOUS/CM
NOI/20/87 7.3
% 002000

***** ROUTINE CHEMISTRY *****
TEST: BUN CLORIDE SODIUM POTASSIUM CALCIUM
LG-021 0-24 90-115 130-145 2.7-3.9 101-115
UNIT: MG/ML MG/ML MG/ML MG/ML MG/ML
NOI/20/87 001/10/87 10 1.0 + 120 + 2.4 + 100
077700 110000
NOI/19/87 001/10/87 14 1.5 + 120 4.0 112
007700 100000
NOI/18/87 001/20/87 16 1.6 + 140 2.3 + 100
077700 100000
NOI/21/87 001/20/87 07 + 41 1.7 + 150 2.0 + 100
% 077700 100000

TEST: CO2 CONT
LG-021 21-31
UNIT: MM/L
NOI/20/87 001/10/87 21
077700 110000
NOI/19/87 001/10/87 24
077700 100000
NOI/20/87 001/20/87 20
077700 100000

```

Рис. 9.6 Этот общий лабораторный отчет показывает результаты исследований биохимической и гематологической лабораторий, которые были выполнены во время госпитализации пациента (Источник: больницы Университета штата Огайо.)

Разработка лабораторных информационных систем, предназначенных для микробиологических и гистологических лабораторий, идет медленнее, чем шло развитие аналогичных систем для лабораторий биохимии и гематологии. Некоторые из трудностей реализации обязаны природе процесса исследований в этих лабораториях. Во-первых, многие из этапов обработки образцов неавтоматизированы; лаборанты должны визуально просматривать образцы, интерпретировать результаты и делать свои выводы. Во-вторых, процесс исследования может значительно различаться в зависимости от первоначальных результатов, например, если первоначальные результаты исследования культуры в лаборатории микробиологии обнаруживают инфицирующий организм, то должны быть выполнены дополнительные тесты для того, чтобы определить чувствительность этого организма к различным типам антибиотиков. В-третьих, может потребоваться различный по продолжительности и иногда достаточно долгий период времени для того, чтобы полностью обработать образец; некоторые микробиологические культуры растут неделями и даже месяцами. Эти характеристики процесса исследования делают ввод данных проблематичным и создают потребность в гибкой системе для выдачи отчета.

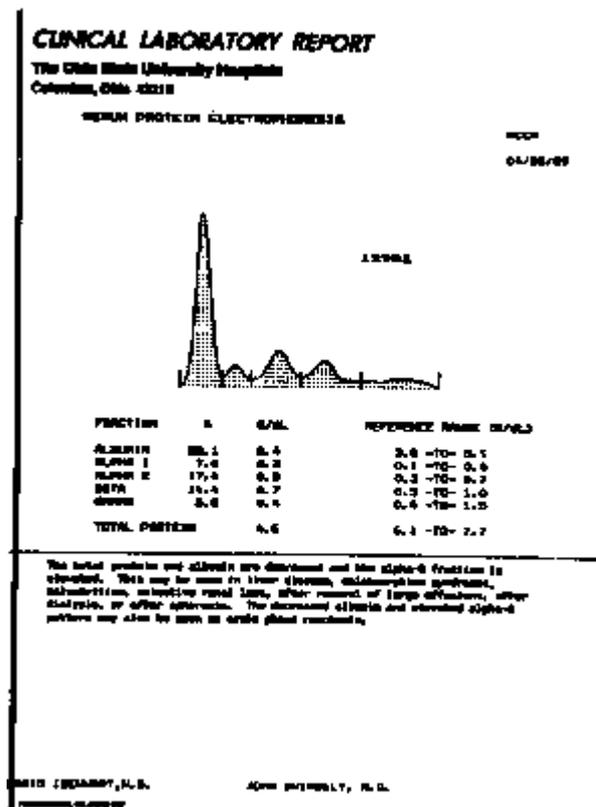


исследований пациента нередко печатается в виде хронологически упорядоченной таблицы. Другим подходом может быть представление этих результатов в графическом виде, облегчающем выявление даже незначительных тенденций в динамике результатов. Более сложные программы могут выдавать список возможных диагнозов или выполнять автоматическую интерпретацию результатов, специфичную для данного пациента. Например, на рис. 9.8. показан интерпретирующий отчет об электрофорезе белка, распечатанный клинической лабораторной системой для больниц Государственного университета штата Огайо.

### 9.3.6. Контроль качества

Цель контроля качества в клинических лабораториях состоит в слежении за качеством выполняемой работы. Основным предметом внимания является правильная работа оборудования, предназначенного для непосредственного выполнения исследований. В биохимических лабораториях обычно в последовательность исследуемых образцов биоматериала с определенной регулярностью добавляют стандартные (контрольные) образцы. Сравнивая измеренные и ожидаемые результаты, полученные для стандартных образцов, персонал лаборатории может определить правильность работы оборудования. Кроме того, статистический анализ результатов, полученных для периодически исследуемых контрольных образцов, может помочь определить точность получения результатов исследований и отличить тенденцию к изменению данных, полученных от пациента, от проблем с инструментами или реактивами (Рис.9.9).

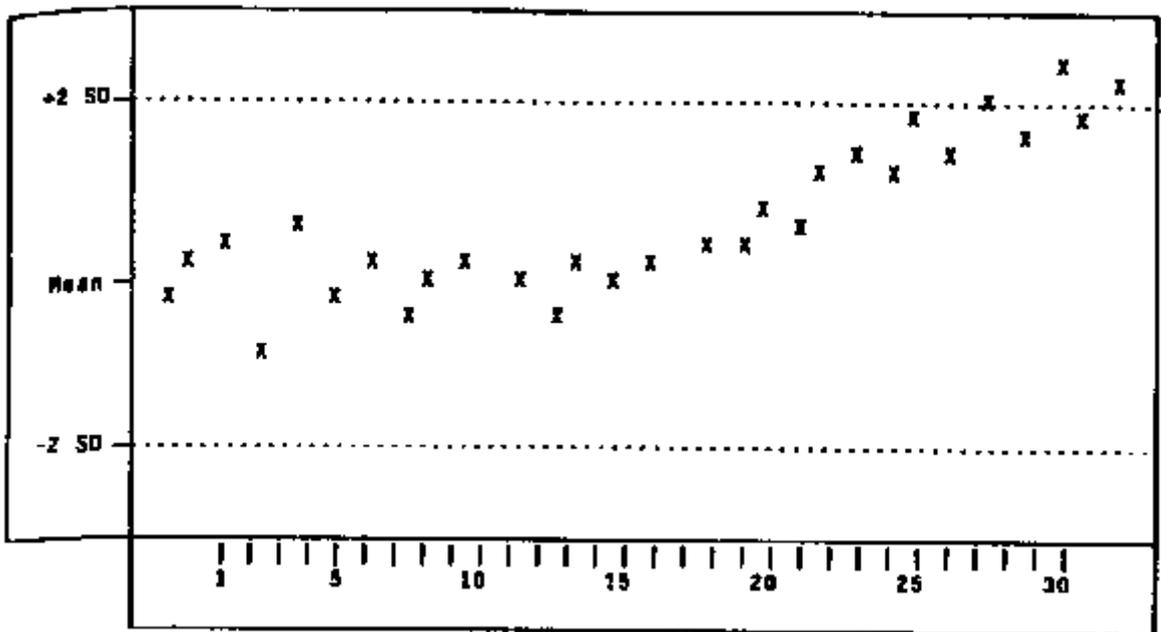
Другой распространенной методикой обеспечения контроля качества является проверка результатов со *значительными отклонениями от абсолютных границ*, при которой кто-то просматривает все результаты тестов, выходящие за определенные границы, и проверяет достоверность полученного значения. Например, лаборатории могут установить правило, при которой такой проверке подвергаются все результаты, значения которых отличаются от среднего более чем на два стандартных отклонения. Проверка *величины относительного изменения* отслеживает исследования, в которых текущие результаты значительно отличаются от предыдущих результатов для того же самого пациента. Если разность превышает заданный порог, то лаборанты будут искать причину этого отклонения. Если они не могут найти ему приемлемое физиологическое объяснение, то должны будут рассмотреть другие возможные причины, например перемешивание нескольких образцов, загрязнение и ошибка в применении реактивов.



**Рис. 9.8.** Этот интерпретирующий отчет показывает результаты электрофореза белков сыворотки крови пациента. Верхний график показывает относительную плотность разделенных частиц белка; процентные соотношения и общее содержание протеина используются для подсчета количества каждой фракции. Кроме того, указаны возможные причины обнаруженного типа изменений.

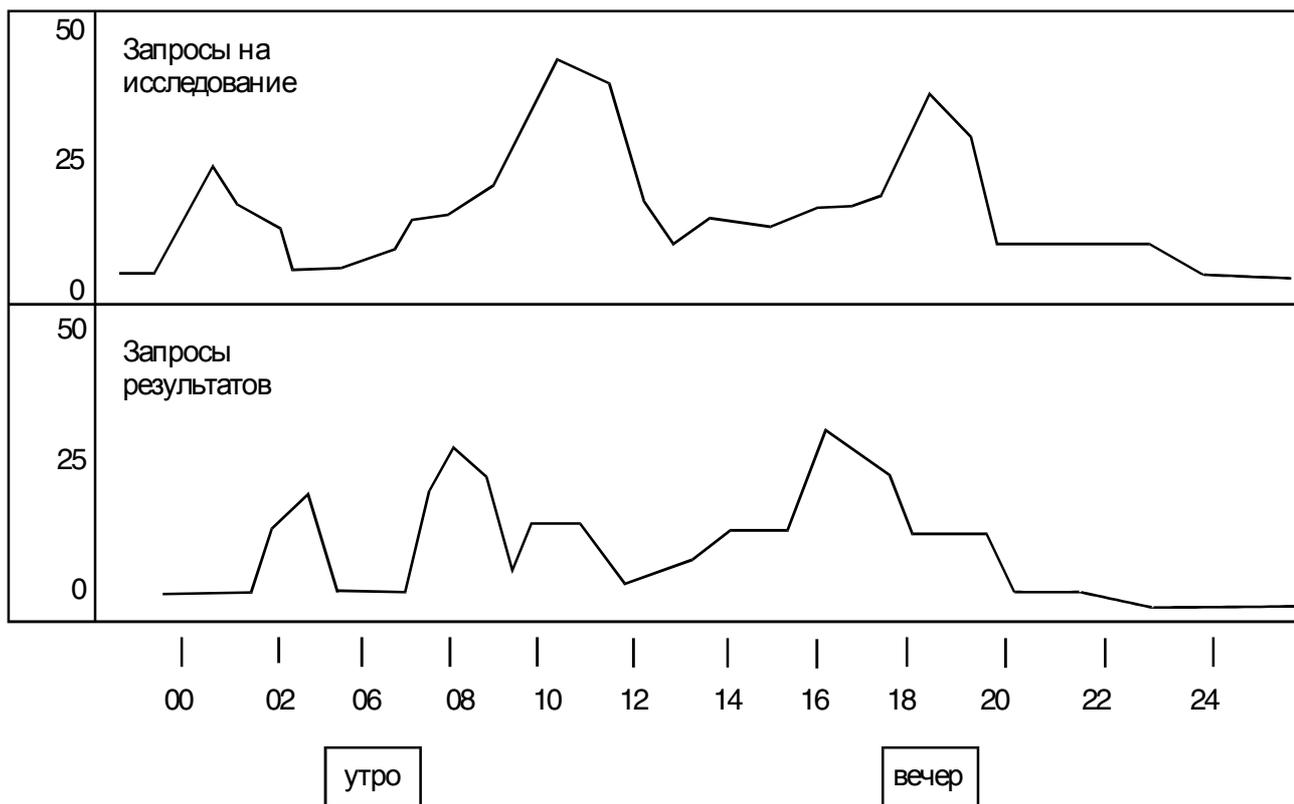
Лаборатории проверяются и сертифицируются Объединенной комиссией по аккредитации учреждений здравоохранения JCAHO (Joint Commission for the Accreditation of Health Organizations) и Институтом американских патологоанатомов CAP. Кроме того, банки крови сертифицируются Американской ассоциацией банков крови (American Association of Blood Banks), а любая лаборатория, использующая в процедурах исследования радиоактивные материалы, должна соответствовать положениям Комиссии по регулированию применения расщепляющихся материалов (Nuclear Regulatory Commission). Важным критерием прохождения аккредитации является документально подтвержденное соответствие строгим протоколам контроля качества. Например, все оборудование, а также вспомогательные ресурсы (например вода и электричество, подведенные к лаборатории), должны контролироваться и проходить периодические проверки. Нужно контролировать правильную подготовку и маркировку реактивов. Лаборатории должны вести детальные записи обо всех образцах, которые они получают, и обо всех исследованиях, которые они проводят. Банки крови должны хранить записи обо всех продуктах крови, которые были перелиты, и выдавать отчеты обо всех побочных эффектах у пациентов, которым были перелиты продукты крови. Лабораторные информационные системы могут выполнять многие задачи сбора, хранения и обработки информации, связанных с контролем качества.

### 9.3.7. Управленческие отчеты



**Рис. 9.9.** Лаборатории обычно выполняют стандартные контрольные тесты. Результаты наносятся на временной график, который исследуется для выявления отклонений (разброса, сдвигов, иных тенденций), являющихся показателями проблем обеспечения точности измерений, связанных с инструментами или качеством реактивов. (SD - стандартное отклонение.) (Источник: перепечатана с разрешения из статьи Smith, J.W., Jr. and Swirbely, J.R. Laboratory Information systems. *M.D. Computing*, 5(1):38, ©1988, Springer-Verlag New York.)

Лабораторные информационные системы могут выполнять различные задачи по сбору и анализу данных, которые помогают руководителям лабораторий оценивать текущие лабораторные процедуры и предлагать мероприятия по повышению эффективности лаборатории. Лабораторные информационные системы могут собирать и анализировать информацию о результатах тестов, включая данные о времени получения образца и времени завершения теста. Отчеты о распределении загрузки лаборатории по дням недели и времени дня помогают руководителям определять периоды наибольшей и наименьшей загрузки лаборатории; эта информация полезна для составления расписания работы персонала и для выявления таких проблем в функционировании лаборатории, как недопустимо большое время оборота заказов и результатов (рис. 9.10).



**Рис. 9.10.** Анализ количества заказов исследований и запросов на передачу результатов в течение 24-часового периода может показать определенную зависимость спроса на услуги лаборатории от времени дня. Управляющий персонал может использовать эту информацию при принятии решений и диспетчеризации выхода персонала на работу. (Источник: Перепечатано с разрешения из статьи Smith, J.W., Jr, and Swirbely, J.R. Laboratory information systems. *M.D. Computing*, 5(1):38, ©1988, Springer-Verlag New York.)

Лабораторные информационные системы могут выдавать отчеты, которые помогают руководителям оценивать производительность труда в своем подразделении. Общепринятой мерой производительности труда в лабораториях является стандарт, разработанный Институтом американских патологоанатомов CAP (College of American Pathologists). На основе хронометража проведения различных исследований в лабораториях институт CAP определил среднее время, необходимое для их выполнения. Затраты труда, необходимые для выполнения каждого исследования, выражены в единицах CAP; каждая единица CAP эквивалентна 1 минуте затрат рабочего времени лаборанта на работу с прибором или обработку информации. Лабораторные информационные системы могут определять общее количество единиц CAP, выполненных на данном рабочем месте, умножив количество выполненных процедур на соответствующее данной процедуре количество единиц CAP. Руководитель может определить производительность лаборатории, сравнив количество рабочих часов персонала с количеством выполненных единиц CAP.

Другой обязанностью руководителей лабораторий, представляющей серьезную проблему, является управление запасами. Эта задача особенно важна в банке крови, в котором лабораторная информационная система может хранить записи о текущем запасе продуктов крови, источниках получения продуктов и сроке их годности. Аналогично, лабораториям микробиологии и другим лабораториям нередко приходится поддерживать значительные запасы замороженных организмов и клеток. Лабораторная информационная система может значительно упростить решение задач по обработке информации, связанных с управлением

запасами.

## 9.4. Современные лабораторные информационные системы

Все большее количество больничных клинических лабораторий используют тот или иной вид автоматизированных информационных систем. Однако только относительно небольшое количество больниц используют единую лабораторную информационную систему, объединяющую все подразделения лабораторий. Еще меньшее количество больниц имеют лабораторную информационную систему, интегрированную с больничной информационной системой, хотя благодаря развитию и внедрению локальных сетей ситуация быстро меняется. Некоторые учреждения - особенно большие больницы - предпочли построение собственных систем, но большинство клинических лабораторий используют системы, поставляемые другими фирмами. В 1987г. существовало по крайней мере 40 поставщиков коммерческих лабораторных информационных систем {Hatchell and Winsten, 1987}. Ниже на примере двух коммерчески доступных систем обсуждаются типичные характеристики этих изделий.

### 9.4.1. Системы фирмы Citation

В 1987г. фирма Citation Computer Systems была одним из наиболее крупных поставщиков лабораторных информационных систем, контролируя около 20% этого рынка. Фирма Citation предлагала ряд сетевых систем, обеспечивающих ведение диалога с помощью меню, которые были разработаны для решения основных задач обработки информации в клинических лабораториях. Ниже будут кратко описаны эти системы, чтобы показать функции современного поколения коммерчески доступных лабораторных информационных систем.

Базовая система фирмы Citation обеспечивает сбор данных в режиме реального времени от автоматических инструментов для исследования; хранение записей; выдачу отчетов о биохимических и гематологических анализах, а также анализах мочи. Она автоматически выдает рабочие листы на забор биоматериала, информацию о загрузке инструментов, а также другие документы для контроля за образцами и управления загрузкой. Система фирмы Citation также собирает данные и выдает различные отчеты для руководителей и администраторов лабораторий, включая отчеты по загрузке на основе единиц CAP, отчеты по контролю качества, по контролю запасов реактивов, по составлению счетов, по затратам и доходам. Кроме того, фирма Citation предоставляет подсистемы для лабораторий микробиологии, банков крови, патологоанатомических отделений и лабораторий биопсии, а также для административно-финансового управления.

- *Подсистема лаборатории микробиологии* позволяет пользователям создавать списки типов образцов, процедур, микроорганизмов, антимикробных препаратов и схем определения чувствительности (используются при исследовании относительной чувствительности высеванных микроорганизмов к схемам лечения антимикробными средствами). Эта информация используется вместе с данными о пациенте для выдачи рабочих листов, которые помогают лаборантам выполнять тесты и записывать результаты, для вывода отчетов о предварительных, промежуточных и окончательных результатах исследований. Кроме того, подсистема обеспечивает расчет эпидемиологической статистики, которая помогает лабораторному персоналу выявить вспышки внутрибольничной инфекции. Например, для определенных микроорганизмов она может следить за количеством положительных результатов выявления культур в зависимости от расположения пациентов внутри больницы.
- *Подсистема банка крови* предназначена для подразделений здравоохранения, выполняющих забор и переливание крови. Она ведет базу данных с информацией о пациентах, донорах, отдельных дозах цельной крови и ее компонентов. Перед отпуском продуктов крови для переливания система оценивает информацию о пациенте и дозе продукта и выдает

распечатку с предупреждением, если она обнаруживает несовместимость типов крови. Система также помогает управлять запасами, регистрируя состояние и расположение каждой дозы образца крови и автоматически выдавая списки критических запасов, т. е. тех доз, у которых вскоре истечет срок годности. Персонал банка крови может в режиме диалога обращаться к подсистеме с запросами на поиск доз крови, наиболее подходящих для переливания определенному пациенту; если совместимые дозы не были найдены, то выдается список подходящих доноров.

- *Подсистема гистологической лаборатории* помогает упростить работу патологоанатомического отделения и позволяет отслеживать движение биопсийного материала от получения до выдачи окончательного отчета. Дополнительной функцией системы является автоматическое кодирование заключений патологоанатомов по номенклатуре SNOMED. Программа-кодировщик просматривает текст заключения по биопсии, находит термины, ассоциирующиеся с кодами номенклатуры SNOMED и выдает список кодов и их расшифровку. Патологоанатом проверяет приемлемость кодов и добавляет их в свое заключение. Коды номенклатуры SNOMED используются также для индексирования результатов в базе данных по патологоанатомическим заключениям.
- *Административно-финансовая подсистема* может использоваться независимыми лабораториями и другими лабораториями, которые обладают определенной экономической самостоятельностью и испытывают потребность в управлении финансами; она обеспечивает возможность учета оплаты по выставленным счетам и формирование счетов, предъявляемых страховым компаниям, частным пациентам, врачам и клиникам. Кроме того, она выдает различные отчеты об управлении финансами, например о распределении суммарного дохода по врачам, по типам пациентов и по видам выполняемых исследований.

#### **9.4.2. Система PathNet**

Информационная система PathNet поставляется фирмой Corner Corporation. Хотя эта фирма появилась на рынке относительно недавно (была основана в 1979 году), она быстро расширилась и сейчас является одним из главных поставщиков программного обеспечения для лабораторий. Среди причин этого успеха можно назвать использование компанией современных коммуникационных и сетевых технологий и особое внимание к обеспечению процессов принятия решений.

Система PathNet работает на миникомпьютерах VAX, производимых компанией Digital Equipment Corporation. Из-за сложности программного обеспечения системе требуется относительно мощный процессор, чтобы время ответа было достаточно небольшим. В системе PathNet предусмотрены различные компонентные подсистемы. Большой выбор подсистем позволяет отдельным покупателям выбирать конфигурацию системы, наилучшим образом соответствующую потребностям их лабораторий.

- *Базовая подсистема* выполняет наиболее существенные функции, например ввод заказов, запрос результатов и ведение основных файлов с данными о пациентах.
- *Общие лабораторные подсистемы* обеспечивают выполнение основных функций лаборатории по обработке информации, например печать наклеек, формирование и вывод рабочих листов на забор биоматериала, присваивание уникальных номеров взятым образцам, формирование и вывод рабочих листов по участкам и автоанализаторам, а также ввод результатов тестов. Эти системы особенно подходят лабораториям, отличающимся высокой степенью автоматизации, к примеру гематологической или биохимической лаборатории.
- *Подсистемы лаборатории микробиологии и банка крови* обеспечивают обработку информации для тех клинических лабораторий, которые выполняют тесты, требующие сложной интерпретации текста, имеют

различное и непредсказуемое время оборота заказа или часто требуют проведения дополнительных исследований.

- *Подсистемы патологоанатомических лабораторий* обеспечивают работу лабораторий, проводящих визуальное исследование тканей. Эти подсистемы имеют ряд общих функций с подсистемами лаборатории микробиологии и банка крови, но кроме того обеспечивают возможность обработки менее предсказуемой терминологии, формирования более длинных заключений и хранения архивной информации в течение более длительного периода времени. Программное обеспечение этих подсистем поставляется в трех вариантах, отражающих уровень сложности выполняемых функций (простой, средний, сложный), что позволяет больнице выбирать вариант, который наиболее полно соответствует сложности ее требований к обработке информации.
- *Подсистемы управления* помогают руководителям лабораторий эффективно управлять запасами, работой персонала и использованием других важных ресурсов. Кроме того, руководители могут использовать командный язык CCL (Cerner Command Language) для получения специальных отчетов, которые используются для контроля расходов и управления использованием ресурсов в лаборатории.
- *Коммерческие подсистемы* обеспечивают решение финансовых задач работы лаборатории, например выписку счетов и учет оплаты по счетам, анализ рынка и оценку прибыльности. Дополнительные подсистемы облегчают обслуживание лабораторного оборудования и передачу данных.
- *Общие подсистемы*, обеспечивающие, к примеру, формирование и вывод отчетов, контроль инфекций, регистрацию загрузки лаборатории и ведение контроля качества, используются различными подсистемами системы PathNet. Эти функции улучшают время ответа лаборатории во внелабораторном цикле обмена информацией и способствуют решению внутрилабораторных технических проблем и проблем управления.

## 9.5. Экспертные системы в клинических лабораториях

В предыдущем разделе были описаны коммерчески доступные лабораторные информационные системы, которые поддерживают производственную и управленческую деятельность клинической лаборатории. Наряду с ними были разработаны компьютерные средства, которые помогают выполнению профессиональных обязанностей врачей и лаборантов, работающих в лаборатории. Например, важной задачей патологоанатома является исследование образцов ткани, позволяющее определить тип и степень имеющегося заболевания. Аналогично, банки крови и другие специализированные лаборатории должны выдавать как результаты исследований, так и клиническую интерпретацию этих результатов. В настоящем разделе будут описаны две системы, разработанные для обеспечения интерпретации данных и постановки диагнозов в клинических лабораториях. Глава 15 посвящена более полному обсуждению компьютерных систем, обеспечивающих принятие решений.

### 9.5.1 Системы Pathfinder/Intellipath

В середине 80-х годов разработчики медицинских факультетов Стэнфордского университета и Университета Южной Калифорнии разработали экспертную систему под названием Pathfinder, которая должна была помочь специалистам гистологической лаборатории биопсии интерпретировать результаты микроскопического исследования тканей лимфатических узлов [Heckerman et al., 1989]. Система Pathfinder была основана на автоматизированных подходах к дедуктивному выводу гипотез (Глава 2), использующих методы теории вероятности для оценки достоверности альтернативных гипотез и методы теории принятия решений для ведения диалога с пользователем. Система Intellipath, коммерчески доступный результат проекта Pathfinder, была одной из первых

компьютерных систем, спроектированной главным образом для поддержки клинических, а не административных функций лаборатории. Она объединяет экспертную систему, обосновывающую и критикующую патологоанатомические диагнозы, и библиотеку гистологических срезов на видеодисках. В результате была получена мощная система для обучения, которая может помочь патологоанатомам приобретать и передавать знания о постановке патологоанатомических диагнозов. Было завершено развитие базы данных и библиотеки видеодисков по патологии лимфатических узлов; к 1989г. система использовалась более чем в 100 патологоанатомических подразделениях в Северной Америке. Кроме того, специалисты по другим патологиям вместе работают над созданием модулей базы знаний для других видов тканей. В конечном счете разработчики системы Intellipath собираются поставлять модули, которые поддерживают диагностирование патологий в срезах тканей со всех 40 систем органов человеческого тела.

Система Intellipath может формировать дифференциальные диагнозы наиболее правдоподобных заболеваний на основе гистологических данных, которые были введены в систему. Она использует субъективные вероятности, определенные экспертами, которые отражают вероятность наличия некоторой болезни, если найден определенный признак (главы 3 и 15), и упорядочивает список возможных заболеваний по относительной вероятности их наличия. По мере того, как патологоанатом вводит новые результаты, база знаний обновляется в соответствии со вновь полученной информацией. В любой момент в процессе диагностирования пользователь может попросить систему указать те признаки, которые помогут наилучшим образом различить диагнозы.

Патологоанатомы могут просматривать изображения из библиотеки срезов в поисках случаев, иллюстрирующих заболевания и гистологическую картину. В системе предусмотрены определения болезней и гистологических результатов, объяснение соответствия лабораторных тестов и важные ссылки на медицинскую литературу. Кроме того, система Intellipath может автоматически сформировать патологоанатомические заключения, содержащие гистологические описания, диагнозы, коды по номенклатуре SNOP и соответствующие ссылки; она также включает в себя систему управления базами данных, предназначенную для хранения и выдачи заключений.

### **9.5.2. Система RED**

Как было отмечено в предыдущих разделах, многие лабораторные информационные системы обеспечивают управление запасами, подбор доноров и решение других административных задач банков крови. Однако исследователи уделяли мало внимания применению компьютеров для автоматизации задач лаборантов, требующих принятия решений. Одной из основных задач банка крови является идентификация антител к эритроцитам в плазме пациентов, которым предполагается делать переливание. Она необходима для предотвращения реакции переливаний, которые могут привести к побочным реакциям; эти побочные реакции варьируются от лихорадки и анемии до острой почечной недостаточности. Было обнаружено более 300 антигенов к эритроцитам, не считая антигенов, характеризующихся группой крови (ABO). Предварительная идентификация антител позволяет выбирать дозы крови, в эритроцитах которых отсутствуют соответствующие антигены. Исследователи патологоанатомического отделения Государственного университета штата Огайо разработали экспертную систему RED, которая помогает лаборантам банка крови интерпретировать информацию, полученную в результате исследований антител [Smith и др., 1985]. Интерпретирование данных достаточно сложно, особенно когда найдено много антител. Во многих отношениях подход к решению указанной проблемы похож на метод гипотетическо-дедуктивного вывода, используемый врачами при постановке диагноза (глава 2). Система RED использует знания, полученные от экспертов, для классификации антител по четырем категориям: присутствуют, вероятно присутствуют, возможно присутствуют и отсутствуют. Модуль классификации может быть встроен в более сложную систему, которая определяет группу крови, интерпретирует результаты тестов на наличие антител к эритроцитам, выбирает

потенциально совместимые дозы эритроцитов клеток на основе информации о пациенте, которому будет проведено переливание, и запасенных дозах крови, а также оценивает результаты перекрестного сопоставления.

## 9.6 Будущее лабораторных информационных систем

Значительная доля расходов на здравоохранения приходится на выполнение лабораторных исследований. В связи с этим попытки снижения расходов оказывали сильное влияние на деятельность лабораторий. Раньше лаборатории являлись источником дохода для больниц и затраты на проведение лабораторных исследований увеличивали стоимость лечения пациентов, однако текущая система возмещения расходов породила ситуацию, когда несмотря на растущую стоимость лечения и увеличение спроса на услуги лабораторий последним достается все меньше денег. Несомненно, продолжение этого экономического давления оказывает влияние на будущие функции автоматизированных лабораторных информационных систем. Имеются по крайней мере три пути применения лабораторных информационных систем для снижения стоимости проведения исследований при сохранении качества лабораторного сервиса.

Во-первых, значительную часть бюджета лаборатории составляют затраты на оплату труда. Лабораторные информационные системы экономически выгодны для выполнения многих административных функций в клинических лабораториях, в результате увеличивается производительность труда сотрудников лаборатории. Можно ожидать, что для выполнения этих функций все большее количество больниц будет применять лабораторные информационные системы, и что поставщики лабораторных информационных систем будут расширять их, добавляя административные и управленческие функции, обеспечивающие более рациональную организацию процесса исследования.

Недавно больничные лаборатории больниц начали экспериментировать с альтернативным подходом к маркетингу своих услуг; многие большие лаборатории начали выполнять заказы сторонних организаций для того, чтобы дорогостоящее оборудование не простаивало ночью, а также в другое традиционно свободное время. Некоторые небольшие больницы заключили контракты на выполнение лабораторных исследований с внешними учреждениями и отсылают им все заказы, не требующие срочного предоставления результатов. Другие лаборатории в экспериментальном порядке создают совместные предприятия с лабораториями в конкурирующих больницах или с лабораториями, пересылающими им свои заказы. Такие соглашения будут способствовать возникновению большего спроса на информационные системы, обеспечивающие рутинную обработку данных, и на коммуникационные сети, позволяющие быструю и точную передачу данных.

Во-вторых, автоматизированное управление информацией может снизить затраты на лабораторные исследования за счет снижения количества исследований. Создание более обширных сетей лабораторных информационных систем, региональных банков данных и долговременных хранилищ данных может снизить количество дублируемых тестов благодаря тому, что результаты становятся доступны всем, кто в них нуждается; например, больницы будут иметь доступ к тестам, выполненным перед госпитализацией участковыми терапевтами, а последние, в свою очередь, смогут просматривать результаты исследований, выполненных во время пребывания своих пациентов в больницах.

В-третьих, лабораторные информационные системы могут внести свой вклад в децентрализацию клинических лабораторий, снижающую расходы, а также время на транспортировку биоматериала и результатов. Раньше лаборатории были централизованными, поскольку большие автоматические анализаторы были дороги и для их эксплуатации требовался специально подготовленный персонал. Новые инструменты могут выполнять измерения на меньших образцах биоматериала при меньшей стоимости. В этих инструментах используются встроенные микропроцессоры, управляющие процессом исследования. Эти микропроцессоры выводят в цифровом формате полностью обработанные данные для показа на дисплее или для передачи другим компьютерам.

Доступность подобных инструментов способствует географическому распределению лабораторных исследований, особенно в тех местах, где существует высокий спрос на исследования и требуется высокая скорость обработки. Другой технологией, которая вносит свой вклад в распределение биохимических анализов, являются имплантируемые биосенсоры (например, автоматический шприц; см. главу 12). Эти инструменты обеспечивают постоянный контроль биохимических показателей пациента в режиме реального времени, что исключает сбор биоматериала и ожидание результатов исследования. По мере того, как становится доступным все большее количество данных, а сам сбор данных становится более распределенным, будет возрастать потребность в лабораторных информационных системах, обеспечивающих сбор, хранение и управление информацией таким образом, чтобы информация была доступна всем, кто в ней нуждается.

В дополнении к повышению экономической эффективности лабораторий будущие лабораторные информационные системы смогут помогать врачам заказывать и интерпретировать лабораторные тесты. Объем лабораторных исследований превышает способность людей к сопоставлению получаемых данных, особенно в отделениях интенсивной терапии, где за пациентами ведется тщательное наблюдение. Далее, для эффективной интерпретации данных требуется высокий уровень знаний, и его планка постоянно поднимается. Компьютерная система может значительно уменьшить риск заказа ненужных исследований и неправильной интерпретации лабораторных данных при лечении пациентов.

Обычно, результаты лабораторных исследований выводятся на экран или бумагу вместе с нормальными и справочными значениями; результаты, выходящие за пределы нормы, выделяются тем или иным способом для привлечения внимания. По мере того, как лабораторные информационные системы встраиваются в автоматизированные больничные информационные системы и получают доступ к нелабораторным данным, они будут способны оказывать более непосредственную помощь при интерпретации результатов. Например, лабораторные информационные системы могут анализировать последние результаты тестов для определения индивидуальных значений нормы у конкретного пациента. Система может помочь медицинским специалистам интерпретировать комплексы результатов лабораторных исследований вместе с соответствующей клинической информацией. Автоматический контроль состояния пациентов, выполняемый такими системами, как HELP (глава 7) и RMRS (глава 6), может оказывать помощь проведению процесса лабораторных исследований, напоминая медицинскому персоналу о необходимости предпринять те или иные действия при возникновении определенной клинической ситуации или рекомендуя дополнительные исследования.

Системы, обеспечивающие принятие решений, разрабатывались для того, чтобы обеспечить более серьезную помощь врачам в заказе исследований и интерпретировании результатов. Исследователи перепробовали ряд стратегий решения проблемы, включая теорему Байеса, аналитические методы решения и алгоритмы последовательного ветвления (глава 3). В течение 80-х годов исследователи начали применять методы искусственного интеллекта для проектирования систем, обеспечивающих принятие решений в условиях клинических лабораторий. Для проектирования систем поддержки принятия решений, предназначенных для анализа содержания белков в сыворотке и интерпретации различных тестов на содержание ферментов использовался язык EXPERT [Weiss и др., 1981; Smith, 1984]. Эти модули интерпретации доступны для продажи, как часть инструментов для электрофореза белков, производимых компанией Helena Laboratories. В будущем системы обеспечения принятия решений на основе баз знаний будут постепенно встраиваться в лабораторные информационные системы.

Лабораторные информационные системы будущего будут представлять собой распределенные компьютерные сети, в которых микрокомпьютеры, встроенные в инструменты, обмениваются информацией с более мощными процессорами, которые собирают данные, выдают отчеты, определяют корреляцию данных и выполняют функции клинической интерпретации данных. Расширенные

лабораторные информационные системы в качестве составных частей автоматизированных больничных информационных систем будут использовать лабораторные данные совместно с компьютерами, выполняющими другие медицинские приложения, и будут собирать данные из различных источников для детальной интерпретации информации.

## Рекомендованная литература

Aller, R.D. and Elevitch, F.R. Symposium on computers in the clinical laboratory. *Clinics in Laboratory Medicine*, 3(1):1, 1983.

В этом сборнике статей обсуждаются различные проблемы, связанные с использованием компьютеров в лаборатории, включая обоснования приобретения компьютерных информационных систем и применения лабораторных информационных систем для управления лабораторией.

Benson, E.S. and Rubin, M. *Logic and Economics of Clinical Laboratory Use*. New York: Elsevier, 1978.

Труды этой конференции включают статьи, в которых рассматриваются проблемы экономической эффективности лабораторий, выбора тестов для анализа решений, интерпретации данных и использования ресурсов.

Bronzino, J.D. *Computer Applications for Patient Care*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1982.

В этой книге рассматриваются различные медицинские компьютерные программы, включая мониторинг состояния пациентов, обработку медицинских изображений и интерпретацию ЭКГ. Одна из ее глав посвящена использованию компьютеров в клинической лаборатории. В ней описаны функции лабораторий гематологии и клинической биохимии, даются примеры потоков информации в лаборатории и обсуждаются вопросы использования компьютеров для управления лабораторией и обработки инструментальных данных.

Elevitch, F.R. and Aller, R.D. *The ABC of LIS: Computerizing Your Laboratory Information System*. Chicago: American Society of Clinical Pathologists Press, 1986.

Эта книга является превосходным источником информации для тех лиц, кто отвечает за выбор лабораторной информационной системы для больничной лаборатории.

Gates, S.C. and Becker, J. *Laboratory Automation Using the IBM PC*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989.

Эта книга из серии "как сделать..." обсуждает различные аспекты автоматизации, связанные с аппаратным и программным обеспечением. Она показывает как подсоединить исследовательский инструмент к персональному компьютеру, как управлять инструментом, как собирать и анализировать данные. В ней обсуждаются основы аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразований, способы понижения шума и методы анализа данных. Дискета, прилагающаяся к книге, содержит все приведенные в ней компьютерные программы.

Henry, J.B. *Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*, 17th ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1984.

Эта книга является одним из стандартных учебников по лабораторной медицине; ее можно рекомендовать тем, кто незнаком с практикой лабораторного дела. В дополнение к объяснению задач обработки лабораторной информации в ней описаны функции каждого подразделения лаборатории и обсуждаются проблемы управления лабораториями и ведения контроля качества.

Lundberg, G.D. *Using the Clinical Laboratory in Medical Decision-Making*. Chicago: American Society of Clinical Pathologists, 1983.

В этой книге на примерах отдельных клинических ситуаций показано, как лаборатория может помочь врачам в их стратегии принятия решений. Особый интерес представляют структурные диаграммы процесса принятия решений.

Spackman, K.A. and Connely D.P. Knowledge-based systems in laboratory medicine and pathology. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 111:116, 1987.

В статье приводится начальное представление о фундаментальных основах систем, основанных на базах знаний, и дается обзор программных средств и исследований в области лабораторной медицины и патологии.

Speicher, C.D. and Smith, J.W., Jr. *Choosing Effective Laboratory Tests*. Philadelphia:

W.B. Saunders, 1983.

В этой книге рассматриваются вопросы эффективного использования лабораторных ресурсов. Первая часть книги описывает применение когнитивных методов и методов искусственного интеллекта для решения медицинских задач. В качестве иллюстрации практического использования этих подходов приводятся сведения об их применении для решения некоторых клинических проблем и обработки результатов лабораторных тестов.

## Вопросы для обсуждения

1. Лаборатория микробиологии уведомляет вас, что присланный вами биоматериал не может быть обработан с помощью их автономного компьютера. Проблема состоит в том, что больничный идентификационный номер пациента, который должен быть уникальным для каждого пациента, по всей видимости, был уже присвоен другому пациенту. Вы замечаете следующие обстоятельства: (1) пациентка, чей образец был получен, находится в акушерском отделении, и (2) фамилия и возраст этой пациентки совпадают с фамилией и возрастом пациентки, имеющей тот же идентификационный номер. Каковы возможные объяснения этой ситуации? Что вам нужно для того, чтобы проверить правильность вашей гипотезы? Как взаимодействие между центральной больничной информационной системой и лабораторной информационной системой поможет снизить вероятность возникновения таких проблем?
2. Вы хотели бы разместить терминалы в блоках интенсивной терапии вашей больницы, чтобы увеличить быстроту получения результатов. Вы заинтересованы в том, чтобы персонал, использующий эти терминалы, не мог получить неавторизованный доступ к другим данным системы, особенно к информации о важных пациентах. Как бы вы обезопасили свою систему?
3. В соответствии с ежедневным отчетом о динамике результатов у некоего пациента произошло увеличение показателя активности ферментов с 50 до 560 единиц в течение 24 часов. Этот уровень активности наблюдается только при серьезных заболеваниях, но, изучив историю болезни данного пациента, вы видите, что он поступил для незначительной глазной операции и находится в отличном состоянии здоровья. Что бы вы предприняли для того, чтобы найти причину этого несоответствия? Почему необходимо найти причину? Как отличался бы ваш подход к решению проблемы, если бы вы знали, что результаты были введены в лабораторную информационную систему вручную, а не через прямой интерфейс инструмент-компьютер.
4. Вы используете вашу лабораторную информационную систему для контроля потоков заказов на выполнение исследований и запросов на получение результатов; результаты показаны на рис. 9.10. Вы знаете, что (1) врачи совершают обход пациентов между 8 и 10 часами утра и между 4 и 6 часами вечера; (2) смены медицинских сестер продолжаются с 7 утра до 3 дня, с 3 дня до 11 вечера и с 11 вечера до 7 утра; и (3) бары в городе закрываются в 2 часа ночи. Как вы можете объяснить периоды интенсивной нагрузки? Как эта информация может помочь вам составить расписание работы лабораторного персонала?
5. Лаборатория гематологии делает серию исследований для того, чтобы найти нарушения красных кровяных клеток. Эти исследования включают определение общего содержания железа, подсчет числа лейкоцитов и содержания в плазме солей фолиевой кислоты; показатели трудоемкости на выполнение этих исследований составляют 16, 24 и 8 единиц соответственно (где 1 единица равна количеству работы, которую идеальный лаборант может выполнить за 1 минуту). Двадцать таких серий исследований в день делаются одним лаборантом, который работает с понедельника по пятницу. Вычислите рабочую загрузку в год для этой серии исследований и производительность (рабочая загрузка, деленная на количество рабочих часов) лаборантов, предполагая, что лаборант работает 40 часов в неделю, 50 недель в год. Какие рекомендации персоналу вы могли бы сделать на основании

полученных результатов и определения единицы трудоемкости?

6. Только что банк крови был уведомлен, что в отделение скорой помощи поступил пациент с обширным кровотечением из поврежденной аорты. Кроме того, машина скорой помощи везет двух человек, пострадавших в результате серьезной автомобильной катастрофы. Большая часть крови, имеющейся в настоящее время, находится в удаленном холодильнике и предназначена для использования в двух операциях на открытом сердце, которые проводятся в настоящее время. Местное отделение Красного Креста не имеет запасов крови, но его персонал начнет контактировать с другими больницами для того, чтобы узнать об имеющейся крови. Может ли компьютерная система управления запасами оказаться полезной в этой ситуации? Какая информация требовалась бы от такой системы? (Не забудьте, что цельная кровь имеет короткий срок хранения и должна быть перелита в течение 30 дней с момента забора у донора).
7. Руководитель медицинского персонала просит предоставить ей месячный отчет об использовании лаборатории каждым врачом больницы. После беседы с ней вы понимаете, что она хотела бы видеть не только информацию о том, какие врачи заказывают большую часть лабораторных тестов, но и сравнение заказов различных врачей, сделанных для пациентов с одинаковыми диагнозами. Какую информацию необходимо включить в отчет? Как бы вы могли использовать интерфейс между лабораторной и больничной информационными системами? Может ли информация о трудоемкости выполнения тестов, добавленная к этим данным, использоваться для контроля затрат на выполнение исследований?