

Место лучевой диагностики в лечебном процессе

Аннотация

Рассмотрены особенности человеческого видения с позиции возникновения и развития жизни. Показана роль изображения в процессе восприятия окружающей действительности. Показано, что способности человека создавать рукотворное изображение привели к многократному ускорению эволюции. Одними из самых сложных изображений являются медицинские изображения в лучевой диагностике. Различные физические поля, используемые в лучевой диагностике, позволяют отобразить особые свойства объектов окружающего мира, во много раз расширяя возможности восприятия действительности.

В начале возникновения живого было не слово. В начале было ощущение, простейшая обратная связь с окружающим миром: тепло-холодно, влажно-сухо.

Зрительный анализатор возник через длительное время, гораздо позже, чем другие органы чувств: обоняние, осязание, вкус, слух. Слово появилось еще позже – это результат возникновения разума.

Эволюция восприятия света живыми существами шла параллельно эволюции зрительного анализатора, однако это не одно и то же.

Ощущение световой энергии началось одновременно с появлением первых зачатков жизни. Это начало жизни до сих пор не нашло своего строгого объяснения и по сегодняшний день тревожит философские умы человечества.

Философы всех времен и народов от Аристотеля до Ильи Пригожина проходили одним и тем же бесконечным тернистым путем, которому нет конца. Вот этот путь: Бытие – Бог – пространство – материя – энергия – время – жизнь. На этом пути все зыбко и оспоримо.

Существует один из немногих законов – закон сохранения энергии, который не подвергается сомнению, поскольку он – начало пути. Он в самом общем виде гласит: если Бытие – все существующее, то из него ничего не может исчезнуть и в нем ничего не может возникнуть, в нем все только видоизменяется: и пространство, и энергия, и материя, и время. Видоизменения эти происходят по правилам, которые даны Богом, Природой, Абсолютной идеей, словом, даны – и все. Их-то и изучает наука. А философия обобщает, делает выводы, скорее, пытается их сделать и никогда не достигает окончательного финала, так же, впрочем, как и наука. Как говорили в XX веке: ученый – это тот, кто хочет знать все ни о чем, а философ – это тот, кто хочет знать ничего обо всем.

Среди экспериментально установленных законов существенное место занимает второе начало термодинамики, которое утверждает, что в замкнутой системе энергия стремится рассеяться и выровняться по всем точкам системы. Соответственно энтропия стремится возрасти до максимально возможного уровня. В замкнутой системе, как показывает опыт, данный закон действительно выполняется. Томсон пытался распространить действия этого закона на всю Вселенную.

Второе начало термодинамики неприменимо к Бытию. Во-первых, потому что Бытие – это разомкнутая система, во-вторых, потому что Бытие – это всегда изменение. Если бы вокруг ничего не менялось, то ничего бы и не воспринималось. Из этих простых соображений следует, что для мира в целом второе начало термодинамики не может быть справедливо. Далее, если Бытие состоит из сонма замкнутых и незамкнутых конечных сис-

тем, а в замкнутых системах второе начало термодинамики существует, то из этого следует, что в незамкнутых системах, по крайней мере в некоторых из них, должен происходить противоположный процесс – процесс накопления энергии и уменьшения энтропии, т. е. возрастание информации, поскольку, как известно, информация – величина, обратно пропорциональная энтропии. Здесь под незамкнутыми системами понимаются такие, в которых имеет место поступление энергии извне. Таким образом, существует закон, обратный второму началу термодинамики.

Допустив подобное достаточно логичное положение, мы приходим к обоснованности и закономерности жизни во Вселенной как процесса накопления и преобразования энергии. И. Пригожин [1] показал, что накопление энергии может быть присуще и неживой материи при некоторых химических реакциях, в тех случаях, когда возрастание энергии соответствует максимуму вероятности.

Образцом системы, накапливающей энергию, является, например, космическая черная дыра, способная концентрировать огромную энергию в ограниченном объеме пространства.

Обратимся все же к жизни, допустив ее возникновение путем сложных химических превращений, при которых происходит накопление энергии. Отметим при этом, что механизм этих реакций до сих пор неясен и не может быть воспроизведен искусственно.

Солнечная энергия – главный источник жизни на Земле, во всяком случае – главный, если не единственный, источник энергии для жизни на Земле. Соответственно основным назначением органов чувств всякого живого создания – от одноклеточной амебы до человека – является восприятие этой энергии. И, может быть, главной целью жизни, главным ее законом, жизненной силой, первичным импульсом (каждый философ называет эту силу по-своему), во всяком случае на начальных стадиях эволюции, является создание условий, обеспечивающих максимальный коэффициент полезного действия при переработке этой энергии в жизненные циклы все нового и нового воспроизведения.

Уместно отметить, что зарождение жизни началось в глубинах Океана под воздействием энергии Земли, а не Солнца. Последующее ее развитие определялось все в большей степени энергией Солнца.

Напрасно было бы приписывать жизни какую-то цель в человеческом смысле этого слова. Говорить о цели, значит, иметь впереди некий идеальный образец, к которому следует стремиться, а эволюция слепо перебирает варианты, все более усложняя их реализацию по мере развития жизни. Жизнь развивается и длится, а о пути,

который предстоит пройти, человеческий разум ничего не в силах предсказать.

Цель эволюции – выживание видов в изменяющихся условиях существования, а для отдельного живого существа – сохранение жизни максимально долго и продолжение ее в потомках, т. е. воспроизводство.

Главный инструмент жизни – глаз – миллионы лет развивался от простого к сложному: от химической восприимчивости к свету пигментного пятна одноклеточной инфузории к «конечной абсолютной вехе в цепи эволюции» [2] – зрительному анализатору позвоночных и в итоге – человека.

Удивительно, что на расходящихся многие миллионы лет различных ветвях эволюционного развития этот главный орган познания мира, развиваясь совершенно разными путями, как оказалось, обладает примерно одинаковыми свойствами и характеристиками.

Глаз морского моллюска, например, образовался путем постепенной специализации чувствительных клеток кожного покрова эктодермы, в то время как глаз человека развивался из нервных клеток мозга. При этом и тот и другой имеют прозрачный роговой слой, оптические элементы и чувствительную сетчатку.

Как тут не подумать о том, что в обоих случаях происходили направленные изменения, передаваемые по наследству, для достижения одной цели – видения, по некоему плану, неизвестно кем сформулированному. Анри Бергсон в своем знаменитом труде «Творческая эволюция» допускает существование общего плана развития жизни, называя его жизненным импульсом, «сознанием, брошенным в материю», в неявном виде подразумеваемая божественное провидение...

Однако ощущение энергии, как мы уже говорили, появилось у живой клетки задолго до возникновения глаза – как только ощущение как таковое вообще возникло, т. е. как только сформировалась первая обратная связь, которая привела к обмену веществ. Первые светочувствительные живые детекторы трансформировались в органы для фотохимического синтеза в растениях. А когда некоторые живые клетки научились питаться себе подобными, у них отпала необходимость в фотосинтезе, но возникла насущная потребность в движении и в поисках органической пищи. Светочувствительные органы начали превращаться в органы ощущения. В обратные связи организма включились системы, осуществляющие разнообразные движения, органы по переработке органической пищи и т. п. Столь упрощенно рассматривая развитие жизни, мы намеренно опускаем объяснения того, как необходимые изменения фиксировались и передавались по наследству, потому что такого объяснения пока не существует. Однако же, если принять, что эволюционное развитие жизни, происхождение видов имеют место, то деваться некуда. Приходится принять, что способность к обучению является неотъемлемым свойством живого.

По мере развития жизни ее начальный импульс приобретал все более причудливые формы, задачи усовершенствования функций становились все более сложными. Появляются и постоянно совершенствуются нейроны, усложняются синаптические связи. Развивающийся зрительный анализатор начинает все более детально воспринимать форму тел, их яркость, качество поверхности, т. е. цвет, в отличие от первичных детекторов, воспринимавших только различия по яркости.

Возникает необходимость запоминать форму и цвет,

а следовательно, формируется зрительная память, память образов. Затем, по мере усложнения, происходит дифференциация памяти на кратковременную и долговременную, формируются нейронные ассоциативные связи. Постепенно вырабатываются инстинкты, рождается интуиция и наконец интеллект.

Инстинкт – это врожденные знания. Интуиция – это знания, приобретенные посредством врожденного знания с помощью ассоциативных образов и связей. Интеллект – это знания, приобретаемые с помощью деятельности самого живого организма. Интеллект пользуется врожденным знанием об отношениях между данной ситуацией и средствами ее использования. Инстинкт многих насекомых и животных построен на запоминании зрительных образов – изображений, точнее их характерных признаков. Бабочки и пчелы летят на яркие лепестки цветов и на испускаемый ими запах. Вылупившиеся из яйца цыплята прячутся в траву при появлении над ними силуэта коршуна и т. п. По утверждению А. Бергсона, «...есть вещи, которые способен искать только интеллект, но сам он их никогда не найдет. Их мог бы найти только инстинкт, но он никогда не будет их искать». Их способна найти интуиция.

Парадоксальный вывод Бергсона, что интеллект имеет главным своим объектом твердое тело, базируется прежде всего на том, что свойства зрительного анализатора живого существа позволяют ощущать форму и цвет объекта, которые у большинства твердых тел неизменны. Таким образом, ощущение прежде всего твердых тел не столько является свойством интеллекта, сколько свойством зрительного анализатора живого существа.

Так в общих чертах сформировалось образное мышление животных, и человека в том числе. В построении инстинкта, интуиции и интеллекта участвуют, помимо зрительных образов, и реакции всех прочих органов чувств: вкуса, осязания, обоняния, слуха. Однако, как уже говорилось, 90 % восприятия у человека принадлежит зрению.

Образное мышление при огромном объеме и экономичной форме представления информации о внешнем мире обладало одним существенным недостатком, который эволюции никак не удавалось преодолеть. Оно не позволяло организовать обмен и передачу образной информации. Развитие животного мира подошло к своему пределу. При этом великая сила жизненного импульса решила задачу, используя человеческий интеллект.

Неверным представляется распространенное утверждение, будто с появлением человека эволюция прекратилась. Она не только не прекратилась, она многократно ускорила, поскольку включила в качестве катализатора возможности цивилизации. За последние несколько десятков тысяч лет у человека интенсивно развивались новые системы обмена информацией и формирования интеллекта, которые недоступны никаким другим высшим животным, кроме *homo sapiens* – речь, письменность, система счета. Эти информационные системы привели к невиданному расширению функций мозга и сделали из животного человека. Однако эти новые системы символического мышления не были способны передавать информацию в виде изображений. И тогда произошел удивительный прыжок эволюции. Изображения научились передавать сам человеческий интеллект. Сначала в виде рисунков и картин, затем с помощью фотографии и печати. Последний, самый ошеломляющий прорыв случился на наших глазах. Совсем недавно появились компьютерные

средства для накопления и преобразования информации, которые должны радикально изменить духовный мир человека, преобразовать его интеллект, существенно расширив возможности переработки потоков информации, в первую очередь в виде изображений. Видение при этом приобретает совершенно новое качество и по-прежнему остается для человечества главным инструментом восприятия внешнего мира.

Лучевая диагностика имеет дело с изображениями, созданными человеком, зафиксированными на плоскости изображения.

Если изображение I черно-белое, то в пределах прямоугольника плоскости изображения $x_1 - x_2$ и $y_1 - y_2$ его обычно представляют в виде

$$I = f(x, y, t), \quad (1)$$

где I – изображение; f – яркость в каждой точке прямоугольника плоскости $x_1 - x_2$; $y_1 - y_2$; t – время.

Функция f представляет собой комбинацию действительных чисел в пределах $x_1 - x_2$, $y_1 - y_2$, а вне их обращается в ноль.

Цветное изображение лучевой диагностики можно представить в соответствии с трехкомпонентным цветным RGB-треугольником в виде наложение трех функций:

$$\begin{aligned} I_R &= f_R(x, y); \\ I_G &= f_G(x, y); \\ I_B &= f_B(x, y), \end{aligned} \quad (2)$$

где R, G, B – соответствующие цвета в точках x, y изображений (R – red, красный; G – green, зеленый; B – blue, синий).

Для глаза энергетическая трактовка изображения в виде выражений (1) и (2) неприемлема. Глаз всегда воспринимает разницу сигналов между двумя точками $\Delta x, \Delta y$

$$I = f(\Delta x, \Delta y). \quad (3)$$

Формула (3) справедлива для черно-белого изображения, воспринимаемого глазами. Соответственно цветное изображение характеризуется суммой трех функционалов по формуле (2).

Мозг анализирует изображение, привлекая ассоциативные связи, накопленный ранее опыт и «узнает» изображение, т. е. получает новую информацию.

В философском смысле, при анализе изображения в лучевой диагностике кончается физическая стадия и начинается духовное освоение с помощью памяти. Таким образом, изображение – это форма информации об окружающем мире, которая воспринимается живыми существами посредством их памяти.

Есть основание полагать, что следующим шагом эволюции явится создание искусственного интеллекта, способного анализировать изображение. Необходимость создания искусственного интеллекта для человечества очевидна:

- для создания самонаводящихся средств военного поражения;
- для разработки транспортных средств, управляемых автоматически (без участия водителя);
- для разработки промышленных роботов;
- в системах лучевой диагностики при установлении диагноза.

Искусственный интеллект должен быть способен оперировать ассоциативной памятью, анализируя заложенные в нее изображения, делая выводы. Одним из основных свойств искусственного интеллекта является способность к обучению.

Из всех перечисленных областей применения искусственного интеллекта важнейшей для эволюционного развития является лучевая диагностика. Дальнейшее развитие компьютера позволит формировать компьютерную память и создавать обучающиеся системы, способные анализировать некоторые изображения в лучевой диагностике. Пока этого не происходит.

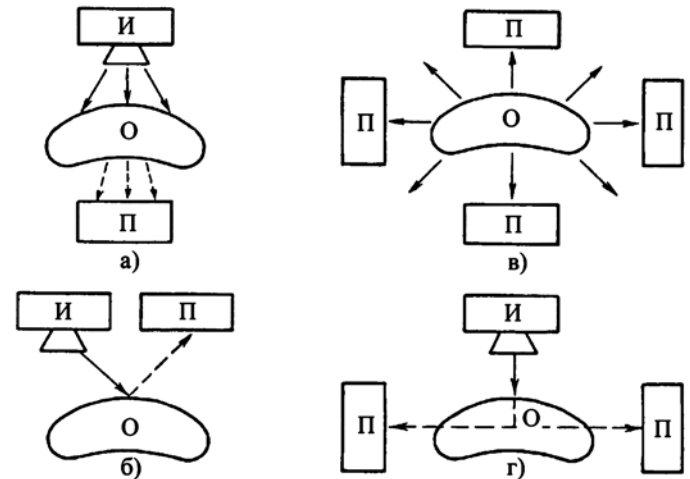


Рис. 1. Четыре группы интроскопии по принципу регистрации: О – объект; И – излучатель; П – приемник

Не останавливаясь подробно на механизмах взаимодействия излучений, используемых в лучевой диагностике, их можно разделить на четыре группы по принципу регистрации (рис. 1) [3]:

1. Регистрация излучения, прошедшего через исследуемый объект (рис. 1а). Источник излучения И и приемник П располагаются на противоположных сторонах от объекта О. Естественно, такой метод применим только при использовании сильного «проникающего» излучения: рентгеновского, иногда ультразвуковых волн, потока нейтронов.

2. Регистрация отраженного излучения (рис. 1б). Приемник при этом может располагаться там же, где и источник, либо рядом с ним в зависимости от того, какой отраженный сигнал требуется зарегистрировать. Иногда источник совмещается с приемником. Подобным образом работают оптические внутрископические эндоскопы и ультразвуковые сканеры.

3. Регистрация собственного излучения объекта. Живые органы излучают инфракрасное и электромагнитное излучения радиочастотного диапазона. Если в исследуемый орган введен радиоактивный изотоп, то регистрируется распределение его активности (изотопная диагностика) (рис. 1в).

4. Регистрация рассеянного излучения (рис. 1г). Взаимодействуя с тканями организма, проникающее излучение частично поглощается, частично проходит через объект без изменений, а существенная доля излучения видоизменяется: меняет направление и энергию – рассеивается во все стороны. Частным случаем рассеяния является отражение. На принципе регистрации рассеянного излучения построены некоторые типы рентгеновских томографов. Сюда же можно отнести томографы на ос-

нове ядерного магнитного резонанса (МРТ – магнитно-резонансная томография).

Во всех четырех типах лучевой диагностики необходимо с помощью компьютера производить многоступенчатое преобразование для приведения изображения к виду, доступному для анализа глазом.

В настоящее время лучевая диагностика владеет мощным арсеналом средств, включающим в себя аппараты для РКТ, МРТ, УЗД, ПЭТ, однофотонные КТ и др. С их помощью устанавливается и подтверждается более 70 % диагнозов. На рис. 2 представлена схема взаимодействия отделений лучевой диагностики с другими подразделениями лечебного учреждения, показывающая, что лучевая диагностика становится одним из центральных направлений лечебного учреждения.



Рис. 2. Схема взаимодействия отделений лучевой диагностики с другими подразделениями лечебного учреждения

Общность систем преобразования изображений позволяет рассматривать лучевую диагностику как единое направление в науке и технике, без разделения по видам исследования. Появляется возможность создания единой цифровой системы для работы с медицинскими изображениями и организации единых диагностических отделений на основе широкого применения ЭВМ в клинической практике. Это создает предпосылки для разработки искусственного интеллекта, способного проводить автоматический анализ в первую очередь в лучевой диагностике, а в перспективе – и других видов изображений окружающего мира.

Такова, в нашем представлении, роль лучевой диагностики в цепочке эволюционного развития.

Изложенное позволяет предположить, что в ближайшем будущем произойдет значительное расширение возможностей зрительного анализатора человека за счет раннего обучения навыкам обработки и восприятия компьютерных изображений, что также будет способствовать ускорению эволюции.

Список литературы:

1. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.
2. Роуз А. Зрение человека и электронное зрение. – М.: Мир, 1977.
3. Блинов Н.Н. Глаз и изображение. – М.: Медицина, 2004.
4. Основы лучевой диагностики и терапии / Национальное руководство по лучевой диагностике и терапии под ред. С.К. Тернового. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.

*Николай Николаевич Блинов,
д-р техн. наук, профессор,
зав. лабораторией,
ФГБУ «ВНИИИМТ» Росздравнадзора,
г. Москва,
e-mail: otdel-22@mail.ru*

Н.Н. Потрахов

Диагностические возможности микрофокусной рентгенографии

Аннотация

Рассмотрены физико-технические основы технологии микрофокусной рентгенографии в медицинской диагностике. Приведены результаты экспериментального сравнения просвечивающих способностей методик стандартной и микрофокусной рентгенографии.

Введение

Понятие «микрофокусная рентгенография» включает в себя совокупность способов получения рентгеновских изображений с помощью источников излучения, размер фокусного пятна которых составляет менее 100 мкм [1]. Исследования, проводимые более 20 лет в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ», показали, что при использовании микрофокусных источников излучения для целей медицинской диагностики проявляется целый ряд особенностей формирования рентгено-

вского изображения просвечиваемого органа. В настоящее время всесторонне изучены и количественно оценены так называемые эффекты повышения контраста, снижения экспозиционной дозы, псевдообъемного изображения, фазового контраста и некоторые другие [2]. Благодаря перечисленным эффектам, принципиально повышается информативность получаемых рентгеновских снимков и одновременно снижается доза облучения пациентов и медперсонала. При этом мощность, потребляемая рентгеновским аппаратом, предназначенным для микрофокусной рентгенографии, при съемке одних и тех же объектов на один-два порядка меньше,