

Интеллектуальный анализ данных и распознавание образов

Извлечение и структуризация экспертных знаний для системы диагностики острого аппендицита у детей

М.И. Богатикова, Б.А. Кобринский

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлен процесс извлечения и структуризации знаний в медицинской предметной области для создаваемой экспертной системы диагностики острого аппендицита. Извлечение знаний происходило у двух экспертов. Отмечены сложности в формировании признакового пространства, которое необходимо для определения формы аппендицита, осложнений и дифференциальной диагностики с другими, сходными по клинической картине, заболеваниями. Особенностью структурированного представления полученных знаний является, наряду с атрибутом, характеристика и значение признака, а также дополнительная позиция «индексный знак», указывающая на стадию патологического процесса или возможный диагноз из дифференциально-диагностического ряда острого аппендицита.

Ключевые слова: экспертные знания, признаковое пространство, структуризация знаний, острый аппендицит, клиническая диагностика, ультразвуковая диагностика аппендицита, дифференциальный диагноз.

DOI: 10.14357/20790279250101 **EDN:** ZVHAAA

Введение

Острый аппендицит (ОА) у детей является одной из наиболее частых причин экстренного хирургического вмешательства. При оказании несвоевременной медицинской помощи возможен переход катарального аппендицита в деструктивную форму (флегмонозную, гангренозную, гангренозно-перфоративную) [1]. Осложнения острого аппендицита отмечаются, в среднем, у 10% больных, а атипичные формы (30% пациентов) могут привести к диагностическим ошибкам [2]. Частота гангренозного аппендицита у детей может достигать 12 – 13% [3].

Осложнениями, развивающимися при отсутствии своевременного лечения гангренозного ОА, являются перфорация, аппендикулярный инфильтрат, периаппендикулярный абсцесс, перитонит, забрюшинная флегмона, пилефлебит [4]. Из перечисленного наибольшую опасность для пациента представляет развитие местного или распространенного перитонита, имеющего высокий риск летального исхода. Этим определяется важность своевременной диагностики катаральной формы аппендицита и выявление ранних проявлений деструктивного процесса и других осложнений.

Вышеизложенное указывает на целесообразность создания системы интеллектуальной поддержки врача при принятии диагностического решения у детей с подозрением на острый аппендицит. Особенно важна такая поддержка молодым врачам и хирургам, которые не постоянно работают с детским контингентом. Выбор способа построения системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) на основе экспертных знаний определяется отсутствием достаточно больших наборов данных с разными формами осложнения острого аппендицита.

Одним из ключевых этапов работы с полученными знаниями является их структуризация. При этом необходимо помнить, что задача структурирования является неоднозначной, так как структурное представление сложной системы субъективно и на основе одних и тех же данных возможно разное ее видение [5].

Результатом структуризации является поле знаний – структурированное описание понятий и взаимосвязей между понятиями проблемной области, представленными на основе знаний эксперта.

В настоящем исследовании фактически необходимо было последовательно решить две задачи: вначале провести дифференциальную диагностику острого аппендицита с другой хирургической патологией и с не хирургическими заболеваниями [6, 7], затем выявить или исключить деструктивную форму аппендицита.

Извлечение знаний осуществлялось по общепринятым принципам [8, 9] последовательно у двух врачей разных специальностей: детского хирурга и специалиста ультразвуковой диагностики (УЗД). Анализ последовательных сеансов интервьюирования врачей-экспертов, в сочетании с анализом отечественной и зарубежной литературы по вопросам клинической и сонографической картины ОА у детей разных возрастных групп, способствовал формированию уточняющих вопросов когнитолога к врачам-экспертам.

1. Извлечение знаний у эксперта-хирурга

При первом интервью у эксперта-хирурга были получены сведения общего плана о типичном анамнезе пациентов, поступающих в хирургическое отделение с подозрением на ОА, и признаках, традиционно встречающихся при осмотре пациентов. Затем, в течение серии интервью, наряду с изложением статической картины ОА, у эксперта были извлечены знания об изменении проявлений болезни в динамике.

После анализа полученной информации о клинической картине ОА возник ряд вопросов,

требовавших дальнейшего уточнения у эксперта-хирурга. Так, экспертом была представлена типичная начальная картина заболевания – «неясно локализованные боли в животе, рвота, смещение боли в правую подвздошную область». Это потребовало уточнения вариантов начальной картины при данной патологии, динамики смены симптомов, способов оценки проявления и выраженности наблюдаемых признаков, отличий в клинической картине в разном возрасте.

Впоследствии у эксперта была уточнена динамика симптомов. Например, начальная нелокализованная боль в животе после рвоты обретает более четкую локализацию или боль может смещаться без рвоты или вообще не приобретать определенной локализации. Было отмечено, что последний вариант характерен для детей младшей возрастной группы (до 3-х лет). Эксперт также подчеркивал, что начальная клиническая картина может быть смазана в связи с тем, что часть симптомов сменяется до поступления пациента в отделение и может быть описана только со слов ребенка или родителей.

Следствием уточняющих вопросов к эксперту явилось выявление определенной нечеткости в характеристике вариантов развития патологического процесса. Большая вариативность клинической симптоматики выявилась при обсуждении вопроса о локализации аппендикса и признаках, классифицирующих различные клинические формы. Было выяснено, что основным дифференцирующим признаком является локализация боли. При типичной форме ОА боль локализуется в правой подвздошной области, при ретроцекальной – в поясничной области справа, при тазовой – в лонной, тазовой области. Также была определена важность сопутствующих симптомов для разных клинических форм ОА. Так, при тазовой форме ОА необходимо уточнить наличие симптомов дизурии или нарушений стула, так как стенка мочевого пузыря и прямой кишки может вовлекаться в воспалительный процесс вследствие находящегося рядом пораженного аппендикса.

Наибольшего внимания когнитолога потребовала характеристика болевого синдрома, его динамика во времени и по локализации, а также болевая реакция при пальпации. Это объясняется тем, что боль является основным симптомом большинства патологий органов брюшной полости и малого таза, в связи с чем может выступать в качестве ведущего дифференциально-диагностического клинического критерия.

В отношении попытки градуирования силы болевого симптома была уточнена некорректность постановки такого вопроса при ОА, так как: ребен-

ку, особенно в раннем возрасте, сложно или даже невозможно детально описать свое состояние в силу языкового барьера; интенсивность боли при ОА крайне вариативна. В то же время, на этом этапе интервьюирования эксперт отметил, что характер боли при ОА отличается от других, схожих по клинической картине заболеваний. При оментите боль может иметь схожую с ОА локализацию, но отмечается постепенно нарастающий характер, в то время как при ОА боль имеет постоянный характер, но незначительную интенсивность. При механической кишечной непроходимости, напротив, наблюдается сильный, схваткообразный характер болевого симптома и более распространенная его локализация. То есть в дифференциальной диагностике ОА выявляется необходимость учета как выраженности, так и локализации болевого симптома.

Деструктивные формы ОА характеризуются постепенным повреждением стенки аппендикса и различаются наличием и характером боли: при флегманозной стадии боль несильная и постоянная, при гангренозной боль стихает.

На основе полученной у эксперта информации о болевом синдроме, его характеристиках, изменении локализации и сопутствующих ему симптомах были сформулированы периоды развития ОА, отвечающие смене симптоматики, в которые необходима оценка/переоценка наблюдаемых признаков.

1. Начальный период (0 – 3 часа): боль несильная, постоянная, без четкой локализации; пациент не мечется, относительно спокоен, лежит на правом боку подогнув колени. Данный период может также характеризоваться рвотой, нарушением стула, подъемом температуры до субфебрильных значений.
2. Период разгара (3 – 24 часа): боль смещается в конкретную область в зависимости от локализации отростка (правую подвздошную, тазовую или поясничную). Ярко выражены пальпаторные признаки болевого симптома. В этот период, при неоднозначности диагноза, больной может быть оставлен для наблюдения с повторными осмотрами в течение 24 часов.
3. Немой период (24 – 48 часов): боль постепенно стихает, пропадают пальпаторные признаки. Это может указывать как на самостоятельное разрешение ОА, так и на глубокие некротические изменения в стенке отростка, предшествующие наступлению осложнений.
4. Период осложнений (после 48 часов): сильная, кинжальная боль в момент перфорации стенки отростка, с последующим развитием медленно нарастающих сильных болей, сопровождающихся усилением мышечного дефанса, разлитого

го или локального, в зависимости от характера осложнений.

Представленные периоды течения болезни являются нечеткими, что необходимо учитывать при разработке автоматизированной диагностической системы.

В отношении дифференциальной диагностики аппендицита с другой патологией экспертом было обозначено заболевание, с которым наиболее важно дифференцировать ОА – это кишечная инфекция. Были выделены количественные границы признаков, встречающихся при обоих заболеваниях – повышение температуры и учащение пульса. Для температуры граничным значением было названо 37,5°C. Значения ниже этого порога более характерны для ОА, а выше – для кишечной инфекции. Пульс при ОА характеризуется аномальными в соотношении к температуре значениями: превышение на 25-30% относительно возрастной нормы.

В рамках уточняющих интервью, у эксперта была уточнена связь между локализацией аппендикса и кругом дифференцируемых заболеваний: кишечная и респираторная инфекция, патологии верхних отделов желудочно-кишечного тракта, разнообразие форм механической кишечной непроходимости, воспалительные процессы в малом тазу, в том числе, гинекологическая патология. Об этом необходимо помнить при обследовании пациентов с подозрением на ОА. В отдельную группу была выделена патология органов малого таза у девочек: апоплексия яичника, альгодисменорея, рефлюкс менструальной крови в брюшную полость и другие состояния, сопряженные с раздражением брюшины. Однако для этих нозологий не существует признаков на этапе сбора анамнеза и опроса о жалобах, которые позволили бы дифференцировать их от ОА. При подозрении на патологию органов малого таза, которое возникает чаще всего у девочек, необходимо провести УЗИ или диагностическую лапароскопию. Аналогичные действия предпринимаются и в случае диагностики пациентов с мезаденитом и дивертикулитом, которые могут скрываться за симптомами ОА или имитировать их. Также отмечены нехирургические заболевания, которые могут имитировать симптомы ОА – язвенная болезнь желудка и гастроудоденит, в особенности у пациентов подросткового возраста.

2. Структуризация клинической информации

Знания, полученные в процессе интервьюирования эксперта-хирурга, были структурированы [8,

10], в классическом варианте «признак – атрибут – характеристика – значение», но с добавлением позиции «индексный знак», который указывает на один из возможных дифференцируемых диагнозов или состояние и период проявления признака (табл. 1).

3. Ультразвуковая диагностика при подозрении на аппендицит

Вне зависимости от результатов осмотра пациента хирургом, процесс диагностики сопровождается ультразвуковым исследованием (УЗИ). При этом специалист УЗД не получает от врача-хирурга никакой информации о предполагаемом диагнозе. Это делается для того, чтобы результат УЗД был полностью независим от результатов опроса и осмотра пациента.

Необходимо отметить, что извлечение знаний о картине УЗИ брюшной полости является непростой задачей, ввиду трудности характеристики визуально наблюдаемых проявлений для самого специалиста по УЗД. Сложная в диагностическом плане ультразвуковая картина требует детального описания с максимально полным пояснением характеристик тех или иных признаков, большинство из которых являются нечеткими.

В процессе извлечения знаний у специалиста по УЗД вначале была получена общая информация о количественных (увеличение диаметра аппендикулярного отростка и толщины его стенок) и качественных сонографических признаках аппендицита, а также сведения о вариации сонографической картины в зависимости от локализации отростка в брюшной полости.

На основе обсуждения заключения, формируемого по результатам УЗИ, был составлен список формулировок, использующихся для описания сонографических явлений, и было разработано 11 лингвистических шкал для признаков: полость аппендикулярного отростка, дозированная компрессия датчиком по Ruylaert, свободная жидкость в полости малого таза, свободная жидкость в Дугласовом пространстве, размер мезентериальных лимфоузлов, дифференцировка слоев стенок аппендикса, кровоток в стенках аппендикса при цветовом доплеровском картировании, характер параколической и паранефральной клетчатки в проекции нижнего сегмента правой почки, визуализация стенок кишечных петель и пряди большого сальника.

Для структурированного представления нечетких признаков были построены лингвистиче-

Табл. 1

Структурированные клинические знания (фрагмент)

Признак	Атрибут	Характеристика	Значение	Индексный знак
Температура	Нормальная			
	Повышенная	Субфебрильная после возникновения болевого синдрома	37.3-37.5	ОА, типичная картина
		Субфебрильная до возникновения болевого синдрома		Инфекционный процесс
		Гипертермия после возникновения болевого синдрома	>38	Инфекционный процесс
		Гипертермия до возникновения болевого синдрома		Кишечная инфекция
Болевой синдром	Боль в животе	Отсутствует		ОА, немой период
Пульс	Ускорен	При субфебрилитете (37.5С)	На 25-30% от возрастной нормы	ОА типичная картина
Язык	Сухой	Обложенный		ОА типичная картина
	Сухой	Как терка		Перитонит
Боль при пальпации	Не локализуется			ОА, немой период
	Правая подвздошная область			ОА, типичная локализация
	Поясничная область справа	Через 3-4 ч после начала не локализованной боли		ОА, ретроцекальная локализация
	«Под лоном», лобковая область			1. ОА, тазовая локализация 2. Воспаление органов малого таза

ские шкалы. В качестве примеров, рассмотрим две лингвистические шкалы. Во-первых, для описания полости аппендикулярного отростка на УЗИ:

- полость отростка «сомкнута», что означает норму ультразвуковой картины;
- полость отростка «анэхогенна», что соответствует наличию жидкости без осадка, т.е. не инфицированной;
- полость отростка «заполнена гипозоногенными массами», т.е. обнаруживается жидкость с осадком, являющаяся признаком инфекционно-воспалительного процесса;
- полость отростка «заполнена гетерогенными массами», что соответствует обнаружению жидкости с крупнодисперсным осадком (например, кусочки фибрина), указывающим на инфекционно-воспалительный процесс.

Во-вторых, качественно-количественная (качественно-интервальная) лингвистическая шкала для описания размера мезентериальных узлов, увеличение которых является признаком воспалительного процесса:

- «в норме» – до 10 мм включительно;
- «умеренно увеличены» – 10-12 мм;
- «увеличены» – 12-15 мм;
- «значительно увеличены» – 15-20 мм.

Были выявлены синонимичные признаки, из которых, совместно с экспертом, были отобраны наиболее ясно характеризующие наблюдаемые яв-

ления. Примером могут служить синонимичные признаки «Паранефральная клетчатка в проекции нижнего сегмента правой почки» и «Паранефральное пространство правой почки», описывающие состояние паранефральной клетчатки, из которых было выбрано первое определение. Этот признак особенно важен в случае аппендицита ретроцелочной локализации. Для него была построена следующая лингвистическая шкала:

- «не утолщена»;
- «инфильтрирована»;
- «утолщена».

Для характеристики визуализируемых признаков рассмотрению с экспертом был подвергнут ряд сложных формулировок. Результатом этого явилось то, что формулировке «кровоток при цветном доплеровском картировании (ЦДК) практически не виден» было поставлено в соответствие полное отсутствие локусов сосудов при УЗИ или их единичный характер; формулировке «аппендикулярный отросток при тазовой локализации тяжело визуализируется», которая используется при описании ситуации, когда удается визуализировать тело и основание отростка, но не визуализируется его верхушка, было сопоставлено понятие «нельзя исключить тазовую локализацию».

Фрагмент структуризации знаний о сонографической картине аппендицита у детей, полученных от эксперта по УЗИ, представлен в табл. 2. Как

Табл. 2

Структурированные знания УЗИ ОА у детей (фрагмент)

Признак	Атрибут	Характеристика	Значение	Индексный знак
Полость отростка	Сомкнута	Норма		
	Анэхогенна	Жидкость без осадка		Признак отсутствия воспаления в брюшной полости
	Заполнена гипозоногенными массами	Жидкость со взвесью осадка		Признак инфекционно-воспалительного процесса
	Заполнена гетерогенными массами	Крупнодисперсная взвесь		Признак инфекционно-воспалительного процесса
Мезентериальные лимфоузлы	Мезаденит (мезентериальный лимфаденит)	В норме	≤10 мм	
		Умеренно увеличены	10-12 мм	
		Увеличены	12-15 мм	
		Значительно увеличены	>15 мм	
ЦДК аппендикулярного отростка	Кровоток в стенках аппендикулярного отростка	Не изменен		Варианты нормы
		Не регистрируется	Единичные локусы	
		Фрагментарный	Преимущественно в области тела и верхушки	Признак гангренозной или гангренозно-перфоративной стадии ОА
		Усилен	Преимущественно в области тела и верхушки	Признак катаральной или флегманозной стадии ОА

и клинические признаки, они представлены в традиционном варианте «признак – атрибут – характеристика – значение», но с добавлением позиции «индексный знак», который указывает на норму или характеризует выявленные отклонения (табл. 1).

Заключение

Результатом серии интервью с экспертами (врачом-хирургом и врачом ультразвуковой диагностики) явилось получение и последовательное уточнение знаний о различных вариантах проявления аппендицита и его осложненных форм в детском возрасте, а также о заболеваниях, которые входят в круг его дифференциальной диагностики. Признаковое пространство в окончательном варианте включало 43 симптома, из которых 19 относились к анамнезу и осмотру пациентов, 24 – к ультразвуковому исследованию.

Структурированное представление знаний отличается от традиционного включением дополнительной позиции «индексный знак», указывающей на наличие инфекционно-воспалительного процесса и возможный диагноз, включая осложнения.

Извлеченные и структурированные знания об остром аппендиците и дифференцируемой с ним патологии являются основой для разработки экспертной диагностической системы.

Литература

1. Майстренко Н.А., Ромащенко П.Н., Ягин М.В. Современные тенденции в диагностике и лечении деструктивного аппендицита // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2017. Т. 176. №3. С. 67-73.
2. Авакян Ш.Г., Усаткин А.А., Кашаев О.А., Боженко О.П., Пуличева Е.В. К вопросу возможности УЗИ при диагностике острого аппендицита // Главный врач. 2014. Т. 5. №41. С. 17-18.
3. Charalampopoulos A., Koliakos N., Bagias G., Bompetsi G., Zavras N., Davris D., Farrugia F., Kopanakis K. Acute Appendicitis: After Correct Diagnosis Conservative Treatment or Surgery? // Doubts, Problems and Certainties about Acute Appendicitis. London: IntechOpen. 2022. P. 81-91.
4. Amer E. Mimickers of Acute Appendicitis // Doubts, Problems and Certainties about Acute Appendicitis. London: IntechOpen. 2021. P. 55-64.
5. Гаврилова Т.А., Малиновская О.Л. Многоуровневое структурирование знаний и формирование гибких концептуальных атласов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2011. Т. 183. №4. С. 189-202.
6. Shahba L., Parizi M.K., Shafie M. Comparison of Clinical and Laboratory Manifestations Between Acute Appendicitis and Mesenteric Lymphadenitis in Children // Cureus. 2024. Vol. 16. No.6. e62437.
7. Buel KL, Wilcox J, Mingo PT. Acute Abdominal Pain in Children: Evaluation and Management // Am Fam Physician. 2024. P. 110. No.6. P.621-631.
8. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. СПб.: Лань, 2016. 324 с.
9. Kendal S.L., Creen M. An Introduction to Knowledge Engineering. London: Springer. 2007. 300 p.
10. Бабанов А.М. Методика структуризации данных в семантических моделях типа «Сущность–Связь» // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 60. С.93–101.

Богатикова Марина Ильинична. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Техник 1-ой категории. Область научных интересов: инженерия знаний, экспертные медицинские системы. E-mail: marya-00@list.ru

Кобринский Борис Аркадьевич. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Заведующий отделом, доктор медицинских наук, профессор. Область научных интересов: инженерия знаний, нечеткая логика, объяснимый искусственный интеллект, экспертные системы, гибридные интеллектуальные системы, прикладные медицинские системы. E-mail: kba_05@mail.ru (Ответственный за переписку).

Extraction and structuring of expert knowledge for a diagnostic system for acute appendicitis in children

M.I. Bogatikova, B.A. Kobrinsky

Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The article presents the process of knowledge extraction and structuring in the medical subject area for the created expert system for diagnosing acute appendicitis. Knowledge was elicited from two experts. Difficulties in the formation of the feature space, which is necessary to determine the form of appendicitis, complications and differential diagnostics with other diseases similar in clinical picture, are noted. A key feature of the structured knowledge representation is, along with the attribute, characteristic and value of the feature, the inclusion of an "index sign" position, which indicates the stage of the pathological process or a possible diagnosis from the differential diagnostic range of acute appendicitis.

Keyword: *expert knowledge, feature space, knowledge structuring, acute appendicitis, clinical diagnosis, ultrasound diagnosis of appendicitis, differential diagnosis.*

DOI: 10.14357/20790279250101 **EDN:** ZVHAAA

References

1. *Maistrenko N.A., Romashchenko P.N., Yagin M.V.* Modern tendencies in diagnostics and treatment of destructive appendicitis. Department and clinic of faculty surgery named after S. P. Fedorov, S. M. Kirov Military Medical Academy. 2017;176(3):67-73 (In Russ). doi: 10.24884/0042-4625-2017-176-3-67-73
2. *Avakyan Sh.G., Usatkin A.A., Kashaev O.A., Bozhenko O.P., Pulicheva E.V.* On the Use of Ultrasound for Diagnosing Acute Appendicitis. *Glavnyy vrach.* 2014;5(41):17-18 (In Russ).
3. *Charalampopoulos A., Koliakos N., Bagias G., Bompetsi G., Zavras N., Davris D., Farrugia F., Kopanakis K.* Acute Appendicitis: After Correct Diagnosis Conservative Treatment or Surgery? In: Guttadauro A. Doubts, Problems and Certainties about Acute Appendicitis. London: IntechOpen; 2021. p. 81-91.
4. *Amer E.* Mimickers of Acute Appendicitis. In: Guttadauro A. Doubts, Problems and Certainties about Acute Appendicitis. London: IntechOpen; 2021. p. 55-64.
5. *Gavrilova T.A., Malinovskaya O.L.* Multilevel knowledge structuring and flexible conceptual atlases design. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki.* 2011;183(4):189-202 (In Russ).
6. *Shahba L., Parizi M.K., Shafie M.* Comparison of Clinical and Laboratory Manifestations Between Acute Appendicitis and Mesenteric Lymphadenitis in Children. *Cureus.* 2024; 16(6):e62437. doi:10.7759/cureus.62437.
7. *Buel KL, Wilcox J, Mingo PT.* Acute Abdominal Pain in Children: Evaluation and Management. *Am Fam Physician.* 2024;110(6):621-631.
8. *Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D.I.* Knowledge Engineering. Models and methods: Textbook. St. Petersburg: Lan'; 2016. 324 p.
9. *Kendal S.L., Creen M.* An Introduction to Knowledge Engineering. London: Springer; 2007. 300 p.
10. *Babanov A.M.* Technique of data structuring in semantic models of the "Entity-Relationship" type. type. *Vestrik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika - Tomsk State University Journal of Control and Computer Science.* 2016; 60:93-101 (In Russ). doi: 10.17223/19988605/60/10.

Bogatikova Marina I. Assistant, Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, 44/2 Vavilova str., Moscow, 119333, Russia. E-mail: marya-00@list.ru

Kobrinsky Boris A. Professor, Doctor of medical sciences, Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, 44/2 Vavilova str., Moscow, 119333, Russia. E-mail: kba_05@mail.ru