

УНИФИКАЦИЯ ПРИЗНАКОВ НА КТ-ИЗОБРАЖЕНИЯХ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕМНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СРЕДОСТЕНИЯ И ЗАБРЮШИННОГО ПРОСТРАНСТВА

А. Недзьведь¹, Р. Исмаил-Заде², Е. Рущкая², П. Лукашевич¹, А. Белоцерковский¹

¹ Объединенный институт проблем информатики НАН Белоруси, Минск, Беларусь;

² Республиканский научно-практический центр детской онкологии и гематологии,
Минск, Беларусь

Рассматриваются характеристики объемных образований в органах средостения и забрюшинного пространства. Предлагается унификация характеристик позволяющая описать объемные образования вне зависимости от типа и формализация унифицированных характеристик.

Введение

Диагностика онкологических заболеваний является сложным процессом, представляющим собой комплекс морфологических, лабораторных и инструментальных методов исследования. Последние десятилетия ознаменовались прогрессом в лучевой диагностике. Одновременно развивается широкий спектр методов медицинской визуализации.

Компьютерная томография (КТ) на сегодняшний день является одним из ведущих неинвазивных визуализирующих методов диагностики новообразований, в том числе органов средостения и забрюшинного пространства. Современные модели компьютерных томографов позволяют получить качественное высокоинформативное изображение, а дозы лучевой нагрузки при исследовании стали сравнимы с обычной рентгенографией органов грудной клетки. Наряду с нативными КТ-исследованиями также используется КТ с контрастным усилением изображения, позволяющая более четко оценить очертания и структуру образования. При этом остается ряд актуальных проблем, в том числе связанных с улучшением первичной диагностики и мониторинга остаточной опухоли, которые могут быть решены путем повышения качества и информативности интерпретации результатов лучевых методов исследования, что особенно важно при опухолях средостения и забрюшинного пространства.

Средостение и забрюшинное пространство являются очень сложными в анатомическом плане структурами, которые могут поражаться как при гемобластозах, так и при солидных опухолях. Опухоли этих локализаций составляют более 15% всех новообразований у детей. Забрюшинное пространство является преимущественной локализацией опухолей у детей младшего возраста, переднее средостение – детей старше 10 лет и подростков.

Развитие опухоли может проходить разными путями и описываться множеством характеристик. Поэтому достоверное определение и интерпретация визуальных диагностических признаков играет очень важную роль в постановке диагноза и контроле за поведением опухоли.

Ознакомление с литературой приводит к заключению, что создание единой классификации различных опухолей, в полной мере отвечающей всем требованиям, является крайне сложной задачей. По мере развития онкологической науки и, в частности, углубления представлений о патогенетических механизмах возникновения и роста опухолей подходы к классификациям новообразований изменяются.

Примером наиболее полной и совершенной в настоящее время классификации новообразований может быть классификация опухолей почек Всемирной организации здравоохранения, подготовленная рабочей группой ведущих патологов из разных стран и принятая в результате консенсуса, достигнутого при обсуждении на конференции в Лионе 14–18 декабря 2002 г. Классификация издана Международным агентством по изучению рака (IARC) в 2004 г. [1]. Однако большинство признаков в подобных классификациях являются описательными, из чего следует слишком сильное влияние субъективного фактора исследователя (специалиста по компьютерной томографии) в интерпретации дифференциально-диагностических признаков за-

болеваний. Подобные классификации являются очень сложными для применения ее в системах автоматизации в медицинских учреждениях.

В данной работе сделана попытка унифицировать признаки, применяемые при анализе результатов исследования методом КТ для объемных образований органов средостения и забрюшинного пространства.

1. Характеристика объемных образований

Для принятия решения об унификации признаков были проанализированы КТ-изображения и протоколы КТ-обследования пациентов с патологическими объемными образованиями в средостении, брюшной полости и забрюшинном пространстве. В ходе анализа была выявлена закономерность в описании протоколов обследования в том, что в различном контексте повторяются следующие описательные признаки *объемного образования*: количество образований, контуры, структура, плотность, наибольший размер, патологическое накопление контрастных веществ (КВ). Единственное исключение – лимфоузлы, которые слишком малы, что в силу недостаточного разрешения и множественности образований не позволяет описать их этими признаками индивидуально. Таким образом, для лимфоузлов основными характеристиками являются их локализация и расположение («единичные», «множественные», «в конгломерате»). Это описание дублируется также и по положению образований: отдельно, в пакетах, в конгломерате. Однако если рассматривать их не по отдельности, а в целом, как единое образование, то можно рассмотреть по признакам объемного образования, заменив детальную локализацию названием области человеческого организма (например, средостение, забрюшинное пространство), а характеристику положения – размерами и описанием структуры.

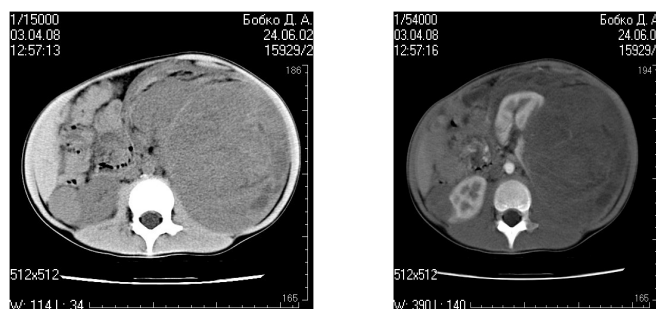
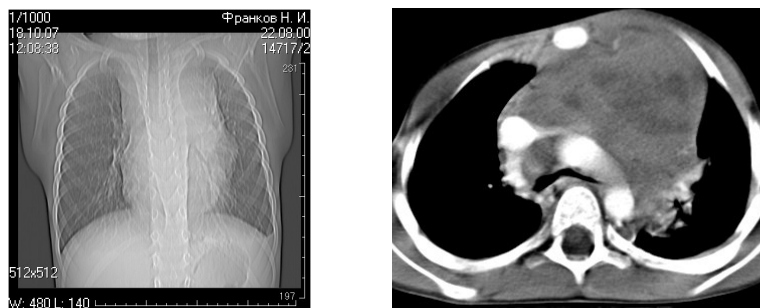


Рис. 1. Билатеральное опухолевое поражение обеих почек:
а) нативное изображение; б) КТ-ангиография с контрастированием почек в артериальной фазе



а)

б)

Рис. 2 Т-лимфома с поражением лимфоузлов средостения: а) стандартная рентгенография органов грудной клетки;

б) КТ-ангиография средостения(конгломерат пораженных лимфоузлов спереди от контрастированной аорты)

В результате проведенного анализа мы предлагаем следующую схему унификации признаков (рис. 3).

Подобное описание позволяет получить общую характеристику объемного образования и использовать ее для унифицированного хранения в базах данных и векторно-аналитического подхода в системах анализа, мониторинга и диагностики опухолевых процессов.

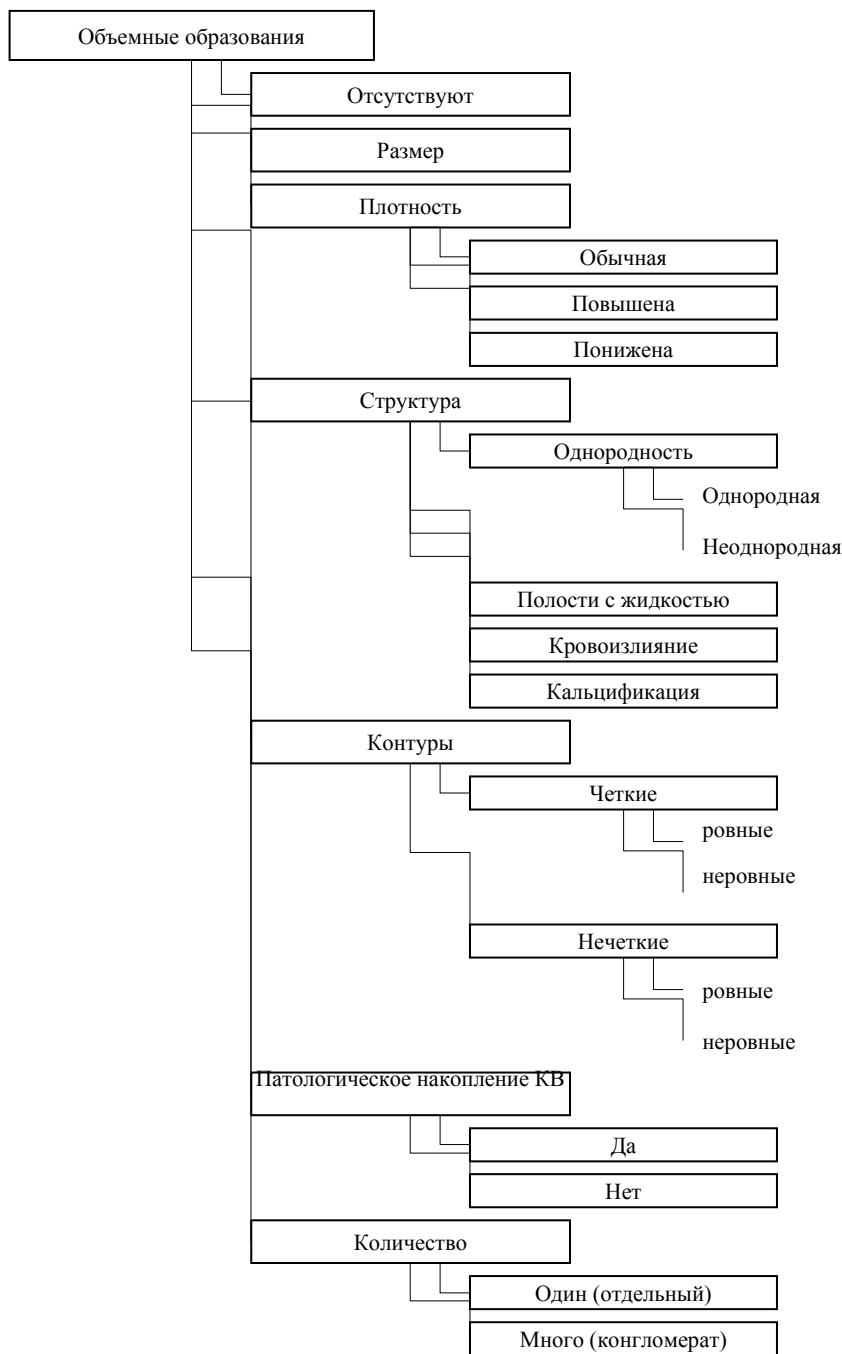


Рис. 3. Схема унификации описательных признаков объемного образования

2. Формализация характеристик объемных образований

Вычисление характеристик для признаков объемного образования выполняется на основе геометрических и денситометрических характеристик. Для характеристик размеров и положения объемного образования наиболее подходят:

Площадь. При традиционном способе измерений площадь равна сумме всех пикселей, умноженной на горизонтальный и вертикальный масштабные коэффициенты:

$$AREA = \sum_{\text{объект}} sw \cdot sh,$$

где sw – горизонтальный масштабный коэффициент; sh – вертикальный масштабный элемент. В случае если масштабные единицы равны, это будет сумма всех пикселей, умноженная на квадрат масштабного коэффициента.

Центр X, Центр Y – координаты центра тяжести образования.

Объем – одна из основных величин, связанных с геометрическими телами. В простейших случаях измеряется суммой уместающихся в теле площадей умноженной на корректирующий коэффициент, который соответствует расстоянию между этими плоскостями:

$$VOL = \sum_{\text{объект}} AREA \cdot sd,$$

где sd – масштабный коэффициент толщины слоя; $AREA$ – площадь каждого слоя. В более сложном случае используется интегральное исчисление.

Периметр и поверхность. Периметр является контурной характеристикой, поэтому к нему применяются правила контурного способа вычислений. Он определяется как сумма расстояний между граничными пикселями и характеризует длину контура объекта. Определяют два типа периметров, состоящих из 4-связных граничных точек (N_4) и 8-связных (N_8). На практике чаще всего используется определение на основе 8-связности, тогда как определение на основе 4-связности используется только для решения частных или промежуточных задач.

Число диагональных связей $N_4 - N_8$ и оставшиеся пиксели в 8-окрестности $N_8 - (N_4 - N_8)$ определяют общий периметр, который при равных масштабных коэффициентах определяется как

$$perimeter = (\sqrt{2} - 1) \cdot N_4 + (2 - \sqrt{2}) \cdot N_8.$$

Безусловно, для очень грубой оценки поверхности тоже можно использовать произведение расстояния между слоями на сумму всех периметров, но в случае более точной оценки необходимо построение изометрической поверхности.

Для формализации представления контуров необходимо использовать характеристику **выпуклости** (*convexity*) как отношение выпуклого периметра к обычному:

$$convexity = \frac{convex\ perimeter}{perimeter}.$$

Эта характеристика позволит охарактеризовать гладкость контура.

Для определения контрастности необходимо использовать градиентное представление изображения (например, фильтр Собеля), **величина средней яркости по контуру** образования будет соответствовать четкости границ объемного образования.

Для описания патологического образования используются всевозможные характеристики яркости:

Яркость (средняя яркость) объекта характеризует общую оптическую плотность объек-

та.

Максимальная и минимальная яркости объекта характеризуют оптический диапазон объекта.

Дисперсия яркости объекта характеризует оптическую неоднородность объекта.

Наиболее сложно охарактеризовать структуру, и здесь должны активно использоваться всевозможные способы описания текстуры, а также число Эйлера для темных и светлых объектов для характеристики наличия полости, или кальцификации, или кровоизлияния.

Число Эйлера равно числу объектов на изображении минус количество дыр в этих объектах. Параметр n определяет используемый критерий связности. Он может быть равен 4 или 8.

Для этого необходимо провести дополнительную сегментацию объемного образования по вышеописанным признакам. Так как полости кальцификата и кровоизлияния обладают различными значениями яркости по шкале Хансфилда, сегментацию можно выполнять пороговыми методами.

Заключение

Предлагаемая унификация описания объемных образований позволяет значительно упростить интерпретацию характеристик опухоли, обработку информации о ней с помощью вычислительной техники и математического анализа.

Данная работа проводилась при поддержке проектов ISTC #B1489 и ИТ06-501.

Список литературы

1. WHO histological classification of tumours of the kidney // Pathology and Genetics of Tumours of Urinary System and Male Genital Organs / Ed. John N. Eble, Guido Sauter, Jonathan I. Epstein, Isabell A. Sesterhenn. – Lyon: IARC Press, 2004. – P. 10.
2. Hartley R., Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision. – Cambridge University Press, 2001.
3. Singer M. A general approach to moment calculation for polygons and line segments // Pattern Recognition, vol. 26, n. 7, 1993. – P. 1019–1028.
4. Unser M. Splines: a perfect fit for medical imaging // In SPIE Proceedings. Vol. 4684, 2002. – P. 225–236.
5. Rutsкая E., Ismail-Zade R., Kotchubinsky D., Savva N. Timing of surgery in children with Wilms tumor depending on response to chemotherapy. / Material of 9th International SAC Seminar on new trend on PET, 2006. – P. 68.
6. Руцкая Е.А., Исмаил-Заде Р.С., Кочубинский Д.В. с соавт.. Опухоли почек у детей // Материалы съезда онкологов и радиологов СНГ. – Минск, Ч. 2, 2004. – С. 392–393.
7. Руцкая Е.А., Кавецкий С.И. Опыт применения КТ-ангиографии в онкологической клинике // Тезисы I-го Российского научного форума с международным участием «Радиология-2000». – Москва, МОРАГ-ЭКСПО, 2000. – С. 509–510.
8. Руцкая Е.А. Классическая лимфома Ходжкина. Компьютерная томография. – «Технологии визуализации в медицине», в 3-х книгах. Кн.1. Диагностика лимфом у детей под ред. О.В. Алейниковой. – Минск, 2006. С. 27–31. s