

В.П. СТАРЕНЬКИЙ, д-р мед. наук, с.н.с., ДУ "Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України", Харків,
Л.О. АВЕР'ЯНОВА, канд. техн. наук, доц., ХНУРЕ, Харків,
Л.Л. ВАСИЛЬСВ, лікар-радіолог ДУ "Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України", Харків

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОНТУРНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ТОМОГРАМ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТОПОМЕТРИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ КОНФОРМНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ

Проаналізовані питання удосконалення комп'ютерного планування дистанційної променевої терапії на етапі визначення контурів пухлини. Проведено аналіз можливостей методів контурної сегментації томограм головного мозку щодо автоматизованого визначення меж пухлинного осередку. Наведені результати експерименту з контурної сегментації томограм, які дозволяють зменшити суб'єктивну похибку радіолога-топометриста при пошуку меж пухлини. Іл.: 4. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: дистанційна променева терапія, топометрична підготовка, пухлина, томограма, контурна сегментація.

Постановка проблеми. Актуальною проблемою сучасної медицини є підвищення ефективності лікування онкологічних захворювань шляхом створення нових методів та прецизійних технологій дистанційної променевої терапії (ДПТ). Нині основними напрямками технічного удосконалення променевої терапії є впровадження сучасних апаратних засобів лікування (медичні прискорювачі) у комплексі з новітнім програмним забезпеченням для адаптивного керування процесом опромінення. Застосування сучасних комп'ютерних технологій дозволяє удосконалити всі етапи ДПТ: обробку клінічних, топометричних та дозиметричних даних, створення оптимального плану променевого лікування, управління радіотерапевтичними апаратами під час процедури.

Топометрична підготовка є найбільш важливим етапом планування ДПТ, який, врешті решт, обумовлює загальну результативність променевого лікування. Суть топометричної підготовки ДПТ полягає у якомога правильній ідентифікації та позначенні меж пухлинного осередку на променевих діагностичних зображеннях певної модальності. Завданням лікаря-топометриста є визначення макроскопічного об'єму пухлини (GTV), на основі якого встановлюються об'єми мішені для ДПТ: клінічний об'єм (CTV); об'єм, що планується (PTV); об'єм, що підлягає лікуванню (*treated volume*) та опроміненню (*irradiated volume*) (рис.1). Визначаються також межі органів, критичних до опромінення [1]. Нині

всі ці операції технологічно здійснюються шляхом комп'ютерного аналізу томографічних зображень, на кожному з яких має бути позначений контур пухлини. Далі комп'ютерна система планування ДПТ буде об'ємні моделі тіла пацієнта, пухлини та критичних органів (рис. 2).

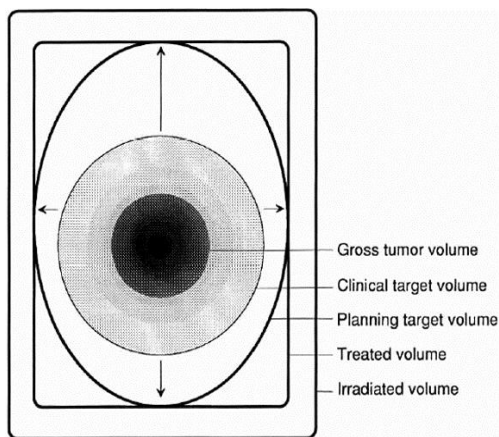


Рис. 1. Співвідношення об'ємів пухлини та мішені для опромінення

Задача точного визначення меж пухлин наразі є неоднозначною насамперед через різноманіття варіантів патологічних ушкоджень тканин та особливості їх візуалізації у різних модальностях [2]. Також має значення досвід та інтуїція спеціаліста, який проводить аналіз зображення. Він може мати навички більш у діагностичній або лікувальній діяльності. Отже, для вирішення поставленої задачі мають бути розроблені нові методики аналізу діагностичних зображень [3], які, у тому числі, зменшать вплив суб'єктивних елементів цього процесу.

Аналіз літератури. Визначення контуру пухлини – досить складна обчислювальна задача, яка дозволяє запобігти суб'єктивним помилкам при розрахунку GTV. Нині широко застосовуються засоби програмного аналізу томографічних зображень у заданому діапазоні чисел Гаунсфілда з використанням сегментації та морфологічних перетворень, метою яких є автоматична побудова контуру GTV [2, 4]. З клінічних міркувань цей контур може бути скоригований за допомогою інтерактивних інструментів графічного редагування. У сучасних системах планування удосконалено процес оконтурювання анатомічних структур за рахунок автоматичного суміщення томограм різної модальності з подальшою

обробкою поєднаного зображення. Інша технологія, направлена на підвищення точності оконтурювання структур – автосегментація, яка базується на застосуванні зображень анатомічних атласів. Наперед визначені за атласом обриси органів програмно адаптуються до обрисів органів конкретного пацієнта [5].

Незважаючи на всі ці можливості, топометристи припускаються значних (аж до 5 см) відхилень навіть при оконтурюванні нормальних анатомічних структур [6]. За такої ситуації існує вірогідність суттєвої помилки при визначенні GTV та меж критичних органів, що може призвести до вкрай негативних наслідків променевого лікування. Отже, при плануванні ДПТ задача правильного визначення меж анатомічних структур на томограмах набуває особливої ваги.

Мета статті – аналіз можливостей застосування методів контурної сегментації томограм при ідентифікації пухлин головного мозку з метою уникнення суб'єктивних похибок радіолога-топометриста.

Матеріали дослідження. В роботі аналізувались напівтонові томограми голови у двох модальностях (ікс-променева комп'ютерна томограма КТ – рис. 2, а та магніторезонансна томограма МРТ – рис. 2, б), на яких виявлені ознаки пухлини.

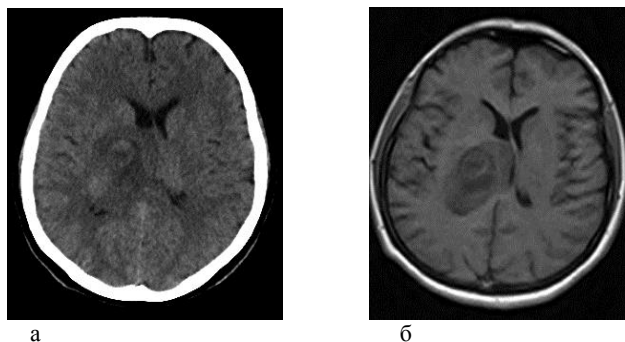


Рис. 2. Томограми голови (астроцитома головного мозку): а – КТ; б – МРТ

Контури пухлини на цих зображеннях були визначені за допомогою програмного засобу – віртуального симулятора системи планування радіотерапевтичного комплексу Varian. Контур пухлини був позначений в результаті візуального аналізу зображень.

Авторами був проведений комп'ютерний експеримент з автоматичного оконтурювання пухлини (рис. 2) за допомогою пакету IPT Matlab. Застосовані градієнтні методи контурної сегментації – Собеля,

Прюїтт, Робертса та Кенні [7, 8]. Результат обробки зображень модальностей КТ та МРТ наведений на рис. 3, де для кожного методу вказані значення порогу *thresh*, при якому визначено найбільше елементів контуру пухлини. Порівняльний аналіз результатів контурної сегментації зображень свідчить про наступне.

1. За рахунок кращого тканинного контрасту "пухлина-мозок" на МРТ-зрізі всі методи пошуку меж дали кращі результати, ніж для КТ-зрізу, на якому елементи контуру пухлини неможливо з'єднати через значну зашумленість самих КТ-зображень. Отже, результат визначення контурів насамперед залежить від модальності томографічного зображення та методів його реконструкції.

2. При побудові меж пухлини на МРТ-зрізі найкращим є метод Кенні, який є результативним в широкому діапазоні обраних порогів виділення межі, у той же час результати інших методів були вкрай критичні до найменшої зміни порогу.

3. Для правильного виділення меж пухлини виявилось недостатньо тільки КТ-зрізу, в даному випадку саме МРТ-зображення стало визначальним при пошуку контурів пухлини. Найкращим є результат обробки суміщеного зображення КТ + МРТ.

4. Порівняння контуру пухлини і отриманого в результаті обробки цього ж зображення методом Кенні (рис. 3) показують, що площа пухлини насправді виявилася більшою (рис. 4).

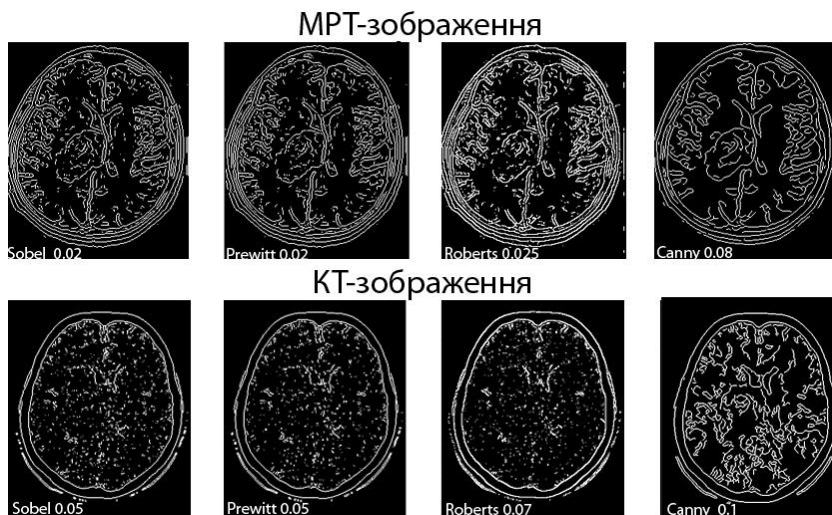


Рис. 3. Результат визначення контурів структур мозку на томограмах



Рис. 4. Контур пухлини, визначений за методом Кенні, та результат його суміщення з контуром, позначеним вручну

Висновки. Проведено аналіз можливостей застосування градієнтних методів контурної сегментації щодо аналізу томограм головного мозку (КТ, МРТ) з ознаками пухлинного осередку. Серед досліджених методів пошуку меж пухлини стабільно прийнятний результат для томограм обох модальностей дав метод Кенні. Застосування цього методу дозволить об'єктивізувати процес топометричної підготовки ДПТ і забезпечити найбільш точну відповідність форми мішені та поля опромінення.

Список літератури: 1. International Commission on Radiation Units and Measurements: Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (ICRU Report 50). – Bethesda, MD, International Commission on Radiation Units and Measurements, 1993. 2. *Newbold K.* Advanced imaging applied to radiotherapy planning in head and neck cancer: a clinical review / *K. Newbold, M. Partridge, G. Cook, S.A. Sohaib, E. Charles-Edwards, P. Rhys-Evans, K. Harrington, C. Nutting.* – 2006. – 79. – С. 554–561. 3. *Розенфельд Л.Г.* Возможности постобработки диагностических КТ и МРТ-изображений на персональном компьютере. – Український медичний часопис. – 2006. – № 6 (56) – XI/XII. – С. 69-72. 4. *Гонсалес, Р.* Цифровая обработка изображений / *Р. Гонсалес, Р. Вудс.* – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. 5. *Старенький В.П.* Аналіз інформаційних і технічних можливостей сучасних систем планування дистанційної радіотерапії / *В.П. Старенький, Л.О. Авер'янова, Л.Л. Васильєв, Ю.О. Орлова* // Наук.-метод. журнал "Клінінформат. і телемед." – 2011. – Т. 7. – Вип. 8. – С. 79-82. 6. *Dawn C. Collier.* Assessment of consistency in contouring of normal-tissue anatomic structures // *J. Arr. Clin. Med. Phys.* – 2003. – № 4. – Р. 17-24. 7. *Березький О.М.* Алгоритм проходження контуром об'єкта з використанням зворотного ходу / *О.М. Березький, Ю.М. Батько* // "Искусственный интеллект" – 2009. – № 3. – С. 516-522. 8. *Абакумов В.Г.* Базовые методы обработки биомедицинских изображений / *В.Г. Абакумов, С.Г. Антощук, В.Н. Крылов* // *Электроника и связь. Тем. вып. "Проблемы электроники".* – Ч. 2. – 2008. – С. 53-56.

Статью представил д.ф.-м.н., проф. ХНУРЕ Бих А.І.

УДК 616-073

Применение методов контурной сегментации томограмм для усовершенствования топометрической подготовки конформной лучевой терапии / Старенький В.П., Аверьянова Л.А., Васильев Л.Л. // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2012. – № 62 (968). – С. 194 – 199.

Проанализированы вопросы совершенствования компьютерного планирования дистанционной лучевой терапии на этапе определения контуров опухоли. Проведен анализ возможностей методов контурной сегментации томограмм головного мозга для

ISSN 2079-0031 Вестник НТУ "ХПИ", 2012, № 62 (968)

автоматизированного определения границ опухолевого очага. Приведены результаты эксперимента по контурной сегментации томограмм, которые позволяют уменьшить субъективную ошибку радиолога-топометриста при поиске границ опухоли. Ил.: 4. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: дистанционная лучевая терапия, топометрическая подготовка, опухоль, томограмма, контурная сегментация.

UDC 616-073

Application of the methods of tomograms contour segmentation for improvement of conformal radiotherapy topometric preparation / Starenkiy V.P., Averyanova L.O., Vasyliiev L.L. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2012. – №. 62 (968). – P. 194 – 199.

The issues of improvement of computed radiotherapy treatment planning at the stage of tumor boundary detection are analyzed. The analysis of the possibilities of the brain tomograms contour segmentation methods for the automated tumor boundary delineation is carried. The results of experiment on the contour segmentation of tomograms which allow reduce the subjective error of radiologist- topometrist in tumor boundaries finding are given. Figs: 4. Refs: 8 titles.

Keywords: radiotherapy treatment planning, topometric preparation, tumor volume, tomogram, contour segmentation.

Поступила в редакцию 13.07.2012