

Необходимо довести разработки созданных экспериментальных макетов (излучающий электрод- аппликатор; пульсволновой тонометр; криогенная система циркуляции хладагента; ультразвуковой термометр; адаптивный алгоритм с использованием массива данных ультразвукового термометра; комплекс «Экстратерм – XXI», использующий все эти наработки) до опытного образца. Требуется также большая работа по коммерциализации всех этих результатов, как в виде отдельных комплектующих и комплекса в целом, так и управляющего и адаптивного алгоритмов в виде программного продукта.

Заключение.

В настоящей работе описаны существенные пороки во всех коммерческих разработках ВЧ гипертермических комплексов, предназначенных для локальной гипертермии опухолей развитых форм и глубокой локализации. Дано изложение наших достижений по всем сформулированным выше проблемам. Сформулирована программа доведения полученных результатов до создания опытных образцов соответствующих приборов.

Список литературы: 1. Гипертермическая онкология. Материалы международного конгресса. Рим. 1998г. 2. Всеукраинский семинар совещание: «Состояние гипертермии в Украине». НИИ онкологии. Киев. 1998г. 3. Интернет – форум «Онкотерм» под руководством С. В. Русакова. <http://oncothermia.ru/?view=20362003> 4. *Поспелов Л. А. (1994) Міжнародній конференції: «СВЧ-техніка і супутниковий зв'язок», Севастополь, 1994.* 5. *Поспелов Л. А. Фізико-технічні проблеми ВЧ-гіпертермії. Доповідь Міжнародної конференції: «СВЧ-техніка і супутниковий зв'язок», Севастополь, 1995.*

Bibliography (transliterated): 1. Hyperthermic Oncology (1998). Proceedings of the International Congress. Rome. 1998. 2. Ukrainian seminar meeting: "The state of hyperthermia in Ukraine." Oncology Research Institute. Kiev. (1998). 3. Internet - Forum "Oncothermia" led by S. V. Rusakov <http://oncothermia.ru/?view=20362003>. 4. Pospelov L. A. (1994) Report International conference: "Microwave tehnika i satellite reception", Sevastopol. 5. Pospelov L. A. (1995) Physic-Technical merit problemi RF hypertermii. Report International conference: "Microwave tehnika i satellite reception", Sevastopol.

Надійшла (received) 02.06.2014

УДК 615.47

М. Ю. ТЫМКОВИЧ, аспирант, ХНУРЭ, Харьков;
О. Г. АВРУНИН, д-р. техн. наук, проф., ХНУРЭ, Харьков;
Х. И. ФАРУК, аспирант, ХНУРЭ, Харьков;

МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКИХ ДОСТУПОВ

В работе рассматриваются вопросы, связанные с разработкой компьютерной системы планирования нейрохирургических вмешательств. Одной из важных составляющих является определение значения инвазивности хирургического доступа. Рассмотрены различные подходы к определению инвазивности нейрохирургических доступов, выявлены их недостатки и преимущества. Показано, что карта инвазивности мозга человека является эффективным подходом при определении риска хирургического доступа.

© М. Ю. ТИМКОВИЧ, О. Г. АВРУНИН, Х. И. ФАРУК, 2014

Ключевые слова: система планирования, инвазивность доступа, хирургический доступ, нейрохирургическое вмешательство.

Введение. Стремительное развитие медицинской техники, и особенно, интроскопического оборудования, приводит современную нейрохиргию на качественно иной уровень. Использование актуальных техник визуализаций, кроме выявления структурных аномалий, дефектов, травм позволяет в некоторой степени определить анатомические особенности строения пациента, и, как следствие, учитывать их при выборе хирургических доступов.

Актуальность. Компьютерные системы планирования хирургических операций медицинского назначения широко применяются в медицинской практике. Это в первую очередь обусловлено сложностью расчета достоверного подхода, который бы привел к наиболее позитивному исходу вмешательства. В то же время, системы планирования позволяют решить данные проблемы, взяв на себя значительную часть задач.

Анализ последних исследований и литературы. Применение зарубежных коммерческих систем компьютерного планирования нейрохирургических вмешательств широко освещено в отечественной литературе [1-3]. Практические задачи реализуются за рубежом [4-7].

Цель работы. Разработка компьютерной системы планирования нейрохирургических вмешательств является главной задачей. При её разработке возникает важный вопрос, связанный с определением риска вмешательства конкретного хирургического доступа. Это в значительной степени опосредованно определяет качество системы планирования, и как следствие определяет исход операции, характер жизни пациента и т.п. Поэтому целью данной работы является исследование различных методов и подходов по определению инвазивности нейрохирургических доступов.

Структура компьютерной системы планирования нейрохирургических вмешательств. Рассмотрим обобщенную структурную схему компьютерной системы планирования нейрохирургических вмешательств (см. рис. 1).

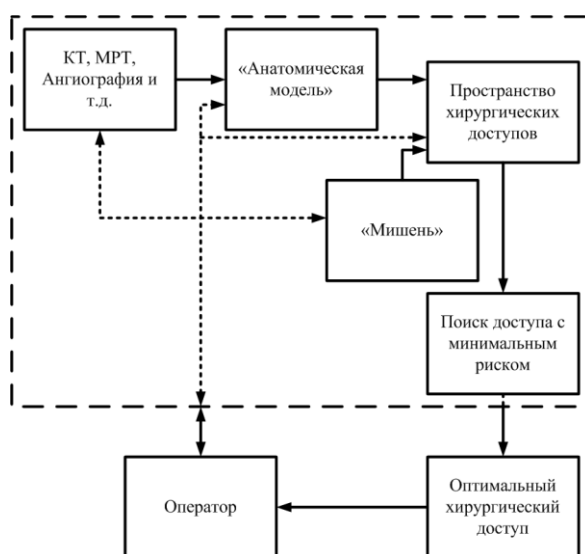


Рис. 1 – Обобщенная структурная схема компьютерная система планирования нейрохирургических вмешательств

Данные интроскопического исследования загружаются в систему, по этим данным строится анатомическая модель, которая описывает пациента в соответствии с определенными предположениями. Основываясь на анатомической модели, а также мишени определяется пространство хирургических доступов. Весь процесс выбора хирургического доступа управляется оператором, результатом работы системы планирования нейрохирургических вмешательств является оптимальный хирургический доступ, который вычисляется по пространству возможных хирургических доступов, либо совокупность таких доступов [8-12].

На рис. 2 представлен пример нейрохирургического доступа к цели Т.

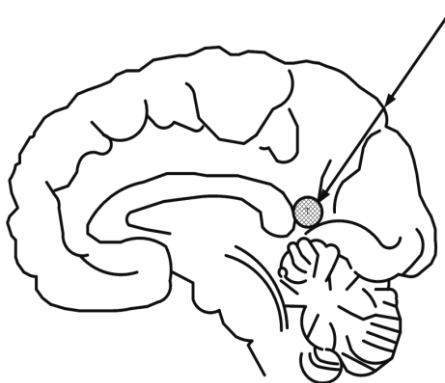


Рис. 2 – Иллюстрация нейрохирургического доступа

Инвазивность хирургического доступа. Для оценки конкретного хирургического доступа необходимо формализовать параметры, определяющие риск такого доступа. Это позволяет конкретному хирургическому доступу выставить в соответствие численное значение, которое характеризует его инвазивность, и как следствие выбрать наименее травматический нейрохирургический доступ.

Каждый элемент траектории хирургического доступа n ($x(n)$, $y(n)$, $z(n)$) описывается выражением (1) исходя из координат цели (x_T , y_T , z_T), интактных координат (x_M , y_M , z_M), а также шага (Δt).

$$\begin{cases} x(n) = x_T + (x_I - x_T)n \cdot \Delta t; \\ y(n) = y_T + (y_I - y_T)n \cdot \Delta t; \\ z(n) = z_T + (z_I - z_T)n \cdot \Delta t, \end{cases} \quad (1)$$

Результаты исследований. Следует принять во внимание, что стереотаксический доступ представляет собой прямой доступ к мишени в трёхмерном пространстве (1). В данной же работе, в качестве иллюстраций будем использовать двумерные схемы, с целью увеличения наглядности материала и улучшения его восприятия. Исходя из этого, хирургический доступ в одной плоскости однозначно определяется мишенью и углом.

Рассмотрим различные методы к определению инвазивности хирургического доступа.

Наиболее простым методом (2), описывающим риск (R_E) хирургического доступа, является расстояние от внешней точки траектории (интактной – Т), к точке стереотаксической мишени (I).

$$R_E = \sqrt{(Tx - Ix)^2 + (Ty - Iy)^2} \quad (2)$$

На рис. 3 представлен риск хирургического вмешательства по (2) для 24 доступов, причем, чем меньше риск, тем темнее он представлен в геометрическом представлении (рис. 3 а).

Нормализованные значения риска приведены на рис. 3 б (квадрат расстояния и расстояние). Таким образом, данный метод к определению значения риска хирургического вмешательства не учитывает анатомические особенности строения человеческого мозга, и поэтому он не может быть использован в реальных нейрохирургических планирующих системах.

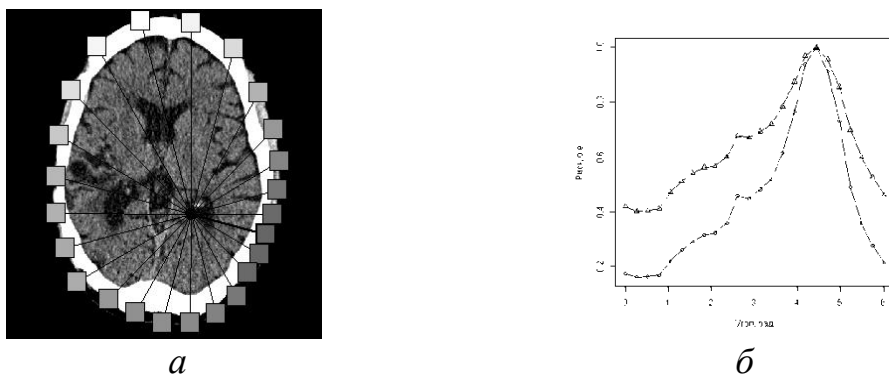


Рис. 3 – Риск нейрохирургического доступа:

а – геометрическое представление; *б* – графическое представление

Поэтому необходимо включить персональную объемную карту инвазивности, которая бы учитывала физиологическую значимость каждой анатомической структуры, а также опасность при хирургическом воздействии [8].

На рис. 4 представлен пример КТ-снимка мозга человека и соответствующей ему присвоенная карта инвазивности (чем светлее изображение структуры, тем выше риск при хирургическом вмешательстве). Следует принять во внимание, что использование дополнительного интроскопического исследования как ангиография, позволяет расширить и значительно улучшить карту инвазивности.

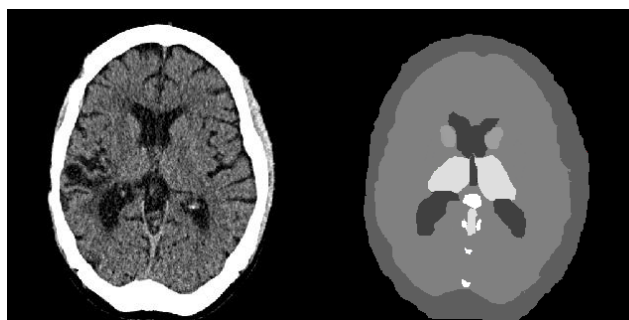


Рис. 4 – КТ срез мозга и карта инвазивности

Это объясняется в первую очередь большим значением индекса инвазивности для кровеносных сосудов. Воспользовавшись картой инвазивности, риск вмешательства (R_A) можно выразить суммой значений индексов (ID) вдоль исследуемого хирургического вмешательства (3).

$$R_A = \sum_{i=1}^N ID_i \quad (3)$$

На рис. 5 представлено пример расчета нейрохирургического доступа по (2) и (3). Как видно из рис. 5 б, в подходе по (3), появляются дополнительные минимумы, которые соответствуют оптимальным путям в данном срезе. С уменьшением шага угла, определяющим хирургический доступ, увеличивается точность, а также обнаруживаются подходы, которые располагаются возле опасных анатомических структур (структур с высоким риском при хирургическом вмешательстве).

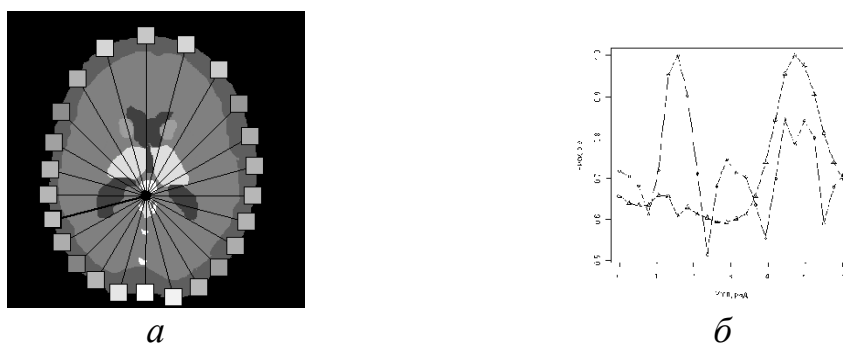


Рис. 5 – Риск нейрохирургического доступа
а – геометрическое представление; *б* – графическое представление

Выводы. В результате исследования были сделаны следующие выводы:

- карта инвазивности структур головного мозга является эффективным подходом к определению риска хирургического доступа;
- выбор хирургического доступа должен учитывать геометрию хирургического инструмента, а также погрешность наведения стереотаксической системы;
- точность навигационного устройства должна быть на порядок выше разрешения визуализации;
- при выборе хирургического доступа следует принимать во внимание возможные смещения структур головного мозга, в соответствии с типом трепанации.

Перспективным направлением для дальнейших исследований в данной области является реализация описанных подходов в компьютерной системе планирования нейрохирургических вмешательств. Также необходимо определить стандартные хирургические доступы, взятие во внимание которых позволит определять траекторию, в том числе при минимуме с широким пологим участком.

Список литературы: 1. *О. Ю. Чувашова.* Изменения функционально значимых проводящих путей головного мозга при глиомах низкой степени анаплазии по данным магниторезонансной

трактографии / *О. Ю. Чувашова, К. О. Робак* // Український нейрохірургічний журнал. – Київ, 2013. – № 4. – С. 29-34. **2.** *В. Д. Розуменко*. Применение данных магниторезонансной трактографии в нейронавигационном сопровождении хирургических вмешательств при опухолях полушарий большого мозга / *В. Д. Розуменко, О. Ю. Чувашова, В. И. Рудица* [и др.] // Український нейрохірургічний журнал. – Київ, 2011. – № 2. – С. 65-69. **3.** *В. Д. Розуменко*. Применение мультимодальной нейронавигации в хирургии опухолей головного мозга / *В. Д. Розуменко, А. В. Розуменко* // Український нейрохірургічний журнал. – Київ, 2010. – № 4. – С. 51-57. **4.** *N. V. Navkar*. Visualization and Planning of Neurosurgical Interventions with Straight Access / *N. V. Navkar, N. V. Tsekos, J. R. Stafford* [и др.] // Proc. of Int'l Conf. on Information Processing in Computer-Assisted Interventions (IPCAI), 2010. – С. 1-11. **5.** *C. Essert*. Automatic Computation of Electrodes Trajectories for Deep Brain Stimulation / *C. Essert, C. Haegelen, F. Lalys* [и др.] // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery (IJCARS), 2012. – С. 1-16. **6.** *R. R. Shamir*. Trajectory planning method for reduced patient risk in image-guided neurosurgery: concept and preliminary results / *R. R. Shamir, L. Joskowicz, L. Antiga* [и др.] // Proc. of SPIE Vol. 7625. Medical Imaging 2010: Visualization, Image-Guided Procedures, and Modeling, 2010. **7.** *R. R. Shamir*. Trajectory Planning with Augmented Reality for Improved Risk Assessment in Image-Guided Keyhole Neurosurgery / *R. R. Shamir, M. Horn, T. Blum* [и др.] // IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro (ISBI 2011), – Chicago, 2011. **8.** *О. Г. Аврунин*. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / *О. Г. Аврунин, М. Ю. Тымкович, Х. И. Фарук* // Бионика интеллекта. – Харьков, 2013. – №2. – С. 101-104. **9.** *M. Vaillant*. A Path-Planning Algorithm for Image-Guided Neurosurgery / *M. Vaillant, C. Davatzikos, R. H. Taylor* [и др.] // First Joint Conference Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine and Medical Robotics and Computer-Assisted Surgery. – Grenoble, 1997. – С. 467-476. **10.** *E. J. L. Brunenberg*. Automatic Trajectory Planning for Deep Brain Stimulation: A Feasibility Study / *E. J. L. Brunenberg, A. Vilanova, V. Visser-Vandewalle* [и др.] // MICCAI. – 2007. – Part I. – С. 584-592. **11.** *J. Beyer*. High-Quality Multimodal Volume Rendering for Preoperative Planning of Neurosurgical Interventions / *J. Beyer, M. Hadwiger, S. Wolfsberger, K. Buhler* // Visualization and Computer Graphics. – V. 13, – I. 6, – С. 1696-1703. **12.** *R. R. Shamir*. A method for planning safe trajectories in image-guided keyhole neurosurgery / *R. R. Shamir, I. Tamir, E. Dabool* [и др.] // Med Image Comput Assist Interv. – 2010, – С. 457-464.

Bibliography (transliterated): **1.** *O. Y. Chuvashova K. O. Robak*. Chagnes of functionally significant pathways of the brain at low-grade gliomas according to magnetic resonance tractography. Ukrainian Neurosurgical Journal. Kyiv, 2013. № 4. 29-34. **2.** *V. D. Rozumenko, O. Y. Chuvashova, V. I. Ruditsa* [et al]. MR-tractography in image-guide surgery of brain tumors. Ukrainian Neurosurgical Journal. Kyiv, 2011. № 2. 65-69. **3.** *V. D. Rozumenko, A. V. Rozumenko*. Multimodal neuronavigation using in surgery of brain tumors. Ukrainian Neurosurgical Journal. Kyiv, 2010. № 4. 51-57. **4.** *N. V. Navkar, N. V. Tsekos, J. R. Stafford* [et al]. Visualization and Planning of Neurosurgical Interventions with Straight Access. Proc. of Int'l Conf. on Information Processing in Computer-Assisted Interventions (IPCAI), 2010. 1-11. **5.** *C. Essert, C. Haegelen, F. Lalys* [et al]. Automatic Computation of Electrodes Trajectories for Deep Brain Stimulation. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery (IJCARS), 2012. 1-16. **6.** *R. R. Shamir, L. Joskowicz, L. Antiga* [et al]. Trajectory planning method for reduced patient risk in image-guided neurosurgery: concept and preliminary results. Proc. of SPIE Vol. 7625. Medical Imaging 2010: Visualization, Image-Guided Procedures, and Modeling, 2010. **7.** *R. R. Shamir, M. Horn, T. Blum* [et al]. Trajectory Planning with Augmented Reality for Improved Risk Assessment in Image-Guided Keyhole Neurosurgery. IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro (ISBI 2011). Chicago. 2011. **8.** *O. G. Avrunin, M. Y. Tymkovych, H. I. Farouk*. Determining the degree of invasiveness of surgical access for planning surgery. Bionics of Intelligence. Kharkov, 2013. №2. 101-104. **9.** *M. Vaillant, C. Davatzikos, R. H. Taylor* [et al] A Path-Planning Algorithm for Image-Guided Neurosurgery. First Joint Conference Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine and Medical Robotics and Computer-

Assisted Surgery. Grenoble, 1997. 467-476. **10.** E. J. L. Brunenberg, A. Vilanova, V. Visser-Vandewalle [et al]. Automatic Trajectory Planning for Deep Brain Stimulation: A Feasibility Study. MICCAI. 2007. Part I. 584-592. **11.** J. Beyer, M. Hadwiger, S. Wolfsberger, K. Buhler. High-Quality Multimodal Volume Rendering for Preoperative Planning of Neurosurgical Interventions. Visualization and Computer Graphics. V. 13. I. 6. 1696-1703. **12.** R. R. Shamir, I. Tamir, E. Dabool [et al]. A method for planning safe trajectories in image-guided keyhole neurosurgery. Med Image Comput Assist Interv. 2010. 457-464.

Надійшла (received) 05.07.2014

УДК 621.391.26

А. С. ПОРЕВА, ассистент, НТУУ «КПИ», Киев;

А. А. МАКАРЕНКОВА, канд. физ-мат. наук, Институт Гидромеханики НАН Украины, Киев;

А. С. КАРПЛЮК, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ», Киев;

А. А. ГОНЧАРЕНКО, студент кафедры ФБМЭ, НТУУ «КПИ», Киев

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ В ЗВУКАХ ДЫХАНИЯ БОЛЬНЫХ ХОБЛ

В работе предложен метод анализа звуков дыхания здоровых людей и пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) на основе статистик высших порядков, а именно на расчетах функции бикогерентности и коэффициентов асимметрии. Разработана итерационная методика анализа зарегистрированных на грудной клетки пациентов звуков дыхания, позволившая с высокой степенью вероятности классифицировать состояние здоровья пациентов. В результате предложенной методики, основанной на расчете функций бикогерентности и коэффициентов асимметрии, выполнена классификация звуков по категориям «здоровый» и «болен ХОБЛ».

Ключевые слова: звуки дыхания, функция бикогерентности, коэффициент асимметрии, ХОБЛ, биспектр.

Введение. Заболевания бронхолегочной системы являются наиболее распространенными патологиями в мире, приводящие к смерти пациентов. На четвертом месте среди причин смертности во всем мире занимает хроническая обструктивная болезнь легких. Как показали исследования, распространенность заболеваний ХОБЛ возрастает с каждым годом [1], поэтому поиск новых методов диагностики данной болезни был и остается является актуальной задачей для ученых.

За последние годы проведен большой объем научных работ по идентификации ХОБЛ, основанных на различных подходах, таких как измерения форсированных колебаний с использованием нейронных сетей [2, 3], объектно-ориентированный методологии [4], обработка КТ-изображений [5-7] и другие.

Наряду с этим все более широкое применение в медицине находит и электронная аускультация, которая позволяет выявлять и объективизировать характерные диагностические признаки заболеваний бронхолегочной системы. В

© А. С. ПОРЕВА, А. А. МАКАРЕНКОВА, А. С. КАРПЛЮК, А. А. ГОНЧАРЕНКО, 2014