

ВИЗУАЛИЗАЦІЯ ОБОНЯТЕЛЬНОЇ ЩЕЛИ

Я. В. НОСОВА^{1*}, Н. О. ШУШЛЯПИНА², Т. В. НОСОВА¹¹ Кафедра біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, УКРАЇНА² Кафедра оториноларингології, Харківський національний медичний університет, Харків, УКРАЇНА*email: nyav007@gmail.com

АНОТАЦІЯ. Стаття присвячена проблемі візуалізації нюхової щілини. Вивчення процесу сприйняття та ідентифікації пахучих речовин необхідно для багатьох галузей життєдіяльності людини: від парфумерії та рекламного бізнесу до оборонної промисловості. Нюхова щілина є однією з основних складових частин нюхового аналізатора, тому візуалізація її внутрішніх структур являє собою важливу задачу для дослідження процесу сприйняття запахів. Розглянуто основні методи візуалізації верхніх дихальних шляхів.

Ключові слова: запах, ніс, щілину нюхова, пухлина, клітини базальні

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена проблеме визуализации обонятельной щели. Изучение процесса восприятия и идентификации пахучих веществ необходимо для многих отраслей жизнедеятельности человека: от парфюмерии и рекламного бизнеса до оборонной промышленности. Обонятельная щель является одной из основных составляющих частей обонятельного анализатора, поэтому визуализация ее внутренних структур представляет собой важную задачу для исследования процесса восприятия запахов. Рассмотрены основные методы визуализации верхних дыхательных путей.

Ключевые слова: запах, нос, щель обонятельная, опухоль, клетки базальные

VISUALIZATION OF THE OLFACTORY SLIT

Y. NOSOVA^{1*}, N. SHUSHLYAPINA², T. NOSOVA¹¹ Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, UKRAINE² Department of Otorhinolaryngology, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, UKRAINE*email: nyav007@gmail.com

ABSTRACT Purpose of work is consider possibilities of visualization of the olfactory slit for diagnostics of pathological conditions of the upper respiratory tract. The objectives of the work are the analysis of hardware and imaging techniques structures olfactory analyzer. Traditionally introscope diagnosis of diseases of the nasal cavity was performed by X-ray. At the present stage, to determine the configuration of the upper respiratory tract is expedient to use X-ray data spiral computed tomography. Visualization of the olfactory slit by digital volume tomography is recommended as the most informative methods in the complex preoperative examination of patients with diseases of the nose and paranasal sinuses, which are planned surgical intervention in the olfactory slit. Imaging Systems of computer tomographs often have modules dimensional (2D), as well as space (3D) processing and display of data. In the 2D module implements the functionality of building multiplanar reconstruction and segmentation of tomographic images on individual anatomical structures. When forming tomographic images reconstructed by means of spiral CT region seems set of elementary volumes - voxels (voxel - volume element), each of which is characterized by the density in Hounsfield units NU. Thus, the presented methods and imaging hardware olfactory slit through which is carried a correct diagnosis of pathological conditions of the upper respiratory tract, in particular the olfactory apparatus. considered methods make it possible to develop algorithms to generate optimal endosurgical access based on process modeling of of surgical interventions and post-operative monitoring of the patients.

Keywords: smell, nose, olfactory slit, tumor cells basal

Введение

Постановка проблеми. Проблема дослідження обонятельного аналізатора людини набирає все більшу популярність в останнє десятиліття. Не дивлячись на те, що практикуючі оториноларингологи дуже рідко вдаються до обстеження обонятельної функції пацієнтів в час прийому, даний питання ніколи не перестає цікавити вчених. Так як процес сприйняття і аналізу запахів до кінця не вивчений, ця проблема займає вчених різних спеціалізацій – від біологів і

хіміків до спеціалістів по створенню штучного інтелекту (для моделювання розпізнавання аромату розробляють нейронні мережі).

Аналіз останніх досліджень. На основі знань про будову і властивості обонятельного аналізатора виникла така галузь ринкової економіки, як ароматмаркетинг – "наука" про залучення клієнтів (покупателів) з допомогою розпилювання в торгових приміщеннях приємних запахів. Наприклад, запах шкіри навіває покупця думки про дороге якісне товари, аромат кави

побуждает к покупкам для домашнего ужина, в офисах туристических компаний начала применяться ароматизация воздуха экзотическими ароматами начиная от ароматов кокосового масла и заканчивая запахами апельсиновых рощ, для стимуляции у клиентов праздничного отпускного настроения и т.д. [1].

Данный вопрос также является актуальным в свете проведения АТО на востоке Украины, так как исследования в данной области может стать основой разработки нового оружия массового поражения. Например, американские военные "парфюмеры" разработали на редкость, дурно пахнущую бомбу, способную не только вызвать отвращение, но и разогнать солдат противника или агрессивно настроенную толпу [1]. Эту бомбу невозможно было бы создать без фундаментальных знаний касающихся функции обоняния.

Анатомические особенности человека не позволяют рассматривать обонятельный анализатор обособленно, так как визуализация внутренних структур может говорить не только, о нарушении правильного восприятия пахучих веществ, но и об других опасных заболеваниях.

Обонятельная дисфункция различной степени наблюдается при остром, аллергическом, вазомоторном ринитах, синуситах, аденоидитах, полипах носа, опухолях носа и околоносовых пазух, инфекционных гранулёмах. Практически при всех заболеваниях полости носа, протекающих с обструкцией её просвета, препятствующей поступлению воздушной струи и запахов к обонятельному эпителию, страдает обонятельная функция.

Цель работы

Целью работы является рассмотрение возможностей визуализации обонятельной щели для диагностики патологических состояний верхних дыхательных путей.

Задачами работы является анализ аппаратных средств и методов визуализации структур обонятельного анализатора.

В зависимости от степени затруднения доступа в обонятельную щель вдыхаемого воздуха, содержащего пахнущие вещества, развивается либо гипосмия (когда доступ затруднен) или аносмия (когда доступ полностью прекращен) [2].

Изложение основного материала

Обонятельная щель представляет собой пространство между медиальной поверхностью средней носовой раковины и противолежащим участком перегородки носа.

Обонятельная щель выстлана особым эпителием, занимающим общую площадь в обоих носовых ходах около 5 см² [3].

Обонятельный эпителий включает три типа клеток:

Обонятельные нейроны – производят первый этап обработки обонятельной информации.

Клетки «поддержки» – питают обонятельные нейроны и являются их физической опорой. Базальные клетки – обеспечивают дифференциацию и обновление поврежденных нейронов.

Базальная клетка при делении может образовать обонятельный нейрон или клетку «поддержки». В результате регулярного деления базальных клеток обонятельный эпителий обновляется каждые 2-4 недели [4].

Однако, из базальных резервных клеток стволового обонятельного эпителия могут развиваться опухоли – новообразование головного мозга – обонятельная нейробластома (эстезионейробластома – ЭНБ).

Материалы и методы исследования. Методами визуализации ЭНБ являются спиральная компьютерная томография с трехмерной реконструкцией в комбинации с магнитно-резонансной томографией (МРТ). При этом опухоль не имеет специфических радиологических признаков, однако, расположение ее на ранних стадиях в области обонятельной щели помогает установить диагноз. Посредством компьютерной томографии (КТ) устанавливают стадию опухоли, состояние кривбразной и ситовидной пластинок, в то время как МРТ позволяет определить степень вовлечения в опухолевый процесс окружающих мягкотканых структур (а именно – твердой мозговой оболочки), а также дифференцировать опухоль от кистозного образования [5].

Первичным методом исследования обонятельной щели является передняя риноскопия. Этот метод позволяет оценить размеры и содержимое носовых ходов, особенно среднего и в области обонятельной щели. При наличии полипов, папиллом или других патологических тканей оценивают их внешний вид и при необходимости проводят забор ткани для биопсии.

С помощью микроэндофотографирования установлено, что в норме обонятельная щель всегда и на всем протяжении полностью открыта, а при воспалении слизистой оболочки носа на некоторых участках закрывается вследствие её утолщения и гиперсекреции: при полипах, синехиях, гипертрофии средней носовой раковины обонятельная щель может быть закрыта полностью [6].

Визуализация обонятельной щели методом цифровой объемной томографии рекомендуется в качестве наиболее информативного метода в комплексном предоперационном обследовании пациентов с заболеваниями носа и околоносовых пазух, которым планируется проведение

хирургического вмешательства в области обонятельной щели [7].

Традиционно интраскопическая диагностика заболеваний полости носа выполнялась с помощью рентгенографии. На современном этапе для определения конфигурации верхних дыхательных путей целесообразно использовать данные рентгеновской спиральной компьютерной томографии (СКТ), позволяющие выявлять костные и воздухоносные структуры с пространственным разрешением менее 1 мм [8].

Ввиду того, что верхние дыхательные пути представляют собой совокупность воздухоносных каналов, разделенных костными и хрящевыми структурами, для обеспечения более высокой пространственной разрешающей способности диагностических изображений целесообразно использовать средства рентгеновской томографии, обладающей, по сравнению с магнитно-резонансными установками, большей точностью при анатомическом картировании объектов, существенно различающихся по плотности [9-12].

Обсуждение результатов

Методы и алгоритмы, реализованные в программных модулях систем визуализации компьютерных томографов, представляют собой особый класс вычислительных задач. Процесс предварительной обработки томографических изображений состоит из процедур гистограммной коррекции и пространственной фильтрации, а так же подготовку к последующим стадиям анализа изображений.

Системы визуализации компьютерных томографов зачастую обладают модулями двухмерной (2D), а также пространственной (3D) обработки и отображения данных.

В 2D модуле реализуются функции построения мультипланарных реконструкций и сегментации томографических изображений на отдельные анатомические структуры (рис.1). Создание мультипланарных реконструкций позволяет визуализировать структуру верхних дыхательных путей в плоскостях, ориентация которых не совпадает с плоскостью сканирования. Данный режим позволяет отображать конфигурацию разветвленной системы воздухоносных каналов и прилегающих анатомических объектов [8, 12].

Построение изображения при этом основано на указании плоскости R реконструкции по трем точкам $A(a_x, a_y, a_z)$, $B(b_x, b_y, b_z)$ и $C(c_x, c_y, c_z)$, две из которых, как правило, задаются в плоскости выбранного томографического среза, а третья определяет пространственную ориентацию плоскости реконструкции: Исходя из этого, плоскость реконструкции R определяется (параметрически, в координатной форме) из выражения:

$$R(t, l) = (C_x + a_x t + b_x l, C_y + a_y t + b_y l, C_z + a_z t + b_z l),$$

где t и l – параметры, причем $t, l \in [0, 1]$.

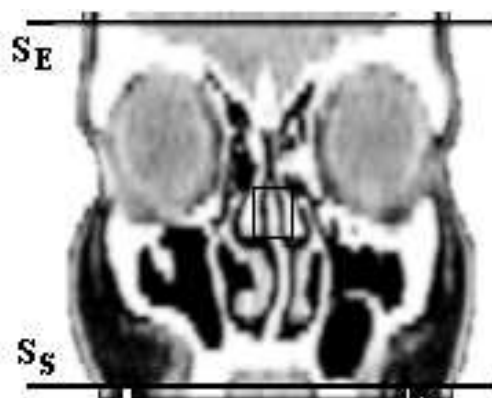


Рис. 1 – Пример мультипланарной реконструкции верхних дыхательных путей во фронтальной плоскости приведен на (обонятельная щель отмечена прямоугольником)

Режим пространственной (3D) визуализации данных является одним из наиболее информативных методов для применения при хирургическом планировании (рис. 2).

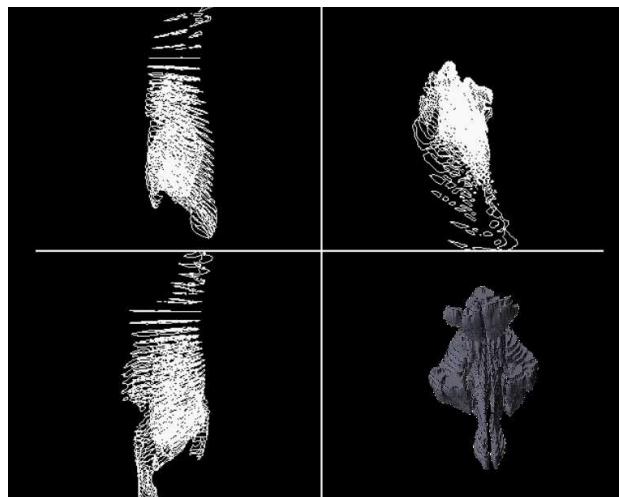


Рис. 2 – 3D многоакурсная визуализация объемных моделей дыхательных путей в 3х проекциях (сагитальная, фронтальная, аксиальная проекции)

При формировании томографических изображений средствами СКТ реконструированная область представляется совокупностью элементарных объемов – вокселей (voxel – volume element), каждый из которых характеризуется показателем плотности в единицах Хаунсфилда HU [8].

В результате формируется структурированное множество данных, представляющее собой

трехмерный массив значений интенсивности в точках с координатами $\{x_i, y_j, z_k\}$:

$$V(i, j, k) = V(x_i, y_j, z_k),$$

где

$$x_i = x_0 + i\Delta x,$$

$$y_j = y_0 + j\Delta y,$$

$$z_k = z_0 + k\Delta z.$$

Каждое значение $V(i, j, k)$ является результатом усреднения скалярного поля в прямоугольном параллелепипеде со сторонами длиной $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ и центром в точке (x_i, y_j, z_k) .

С помощью варьирования параметрами прозрачности вокселей, принадлежащих различным объектам, можно выполнять визуализацию методом частичных разрезов, отмечая прозрачными воксели объектов, подлежащих удалению. Данный метод визуализации позволяет оценить пространственные взаимоотношения между воздухоносными полостями, носовыми ходами и окружающими структурами [8].

Пример визуализации объемной воксельной модели для исследования верхних дыхательных путей по данным СКТ приводится на рис. 3.

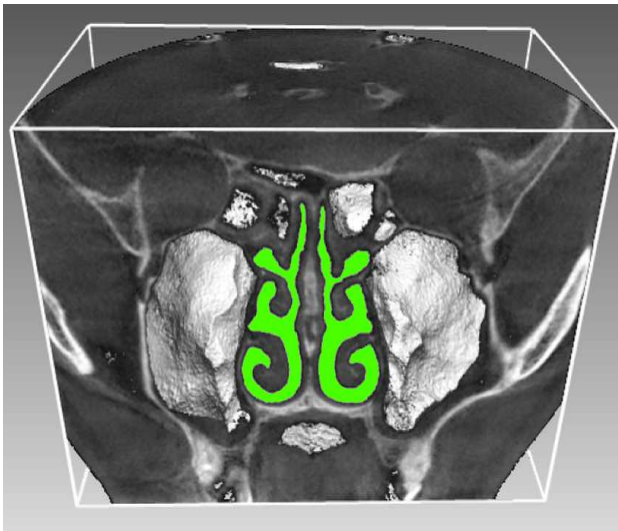


Рис. 3 – Объемная воксельная модель верхних дыхательных путей с сегментацией носовой полости

Пример многоракурсной визуализации пространственной модели воздушных путей полости носа (пустотами показаны костно-хрящевые структуры, носовые раковины) приводится на рис. 4.

Для многоракурсной визуализации объемных моделей применяются аффинные преобразования координат вокселей:

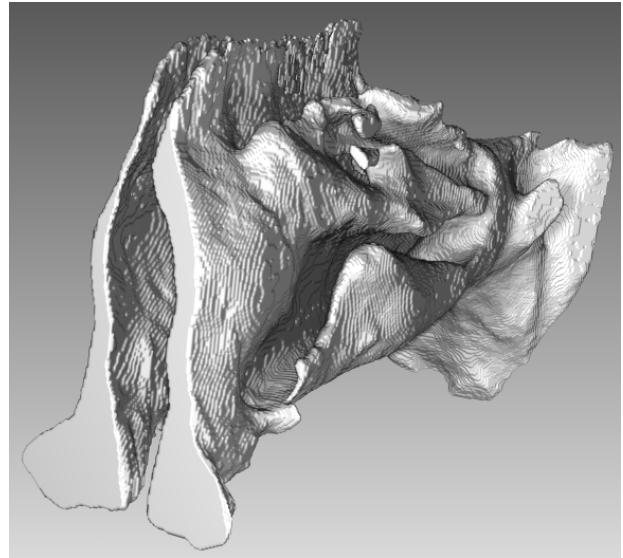


Рис. 4 – 3D визуализация верхних дыхательных путей

$$\begin{cases} X = Ax + By + Cz + D; \\ Y = Ex + Fy + Gz + H; \\ Z = Kx + Ly + Mz + N, \end{cases}$$

где $A, B, \dots, N$ – константы, (x, y, z) и (X, Y, Z) – координаты вокселей до и после преобразования соответственно. При вычислениях используется матричная форма представления преобразований в однородных координатах.

Выводы

В работе показаны возможности интроскопических аппаратных средств и представлены методы визуализации обонятельной щели, с помощью которых проводят оценку состояния верхних дыхательных путей, в частности, области обонятельного анализатора. Также рассмотрены методы реконструкции, позволяющие выявлять необходимую диагностическую информацию об состоянии обонятельной щели.

Перспективным методом объективной диагностики обонятельной функции является высокоточная (с разрешением порядка 0,4 мм) томографическая визуализация обонятельной щели, с помощью которого возможно изучение доступа потока воздуха к обонятельным рецепторам. Рассмотренные методы в комплексе с функциональным контролем дыхания и обоняния дают возможность разработать алгоритмы для формирования оптимальных эндохирургических доступов на основе моделирования процессов проведения оперативных вмешательств и послеоперационного контроля состояния пациентов.

Список литературы

- 1 **Майоров, В.** Восприятие запахов / **В. Майоров** // *Наука и жизнь*. – 2007. – № 2. – С.64-69.
- 2 **Farouk, H.** An attempt of the Determination of Aerodynamic Characteristics of Nasal Airways / **H. Farouk, A. Khaleel, O. Avrunin** // *Advances in Intelligent and Soft Computing: Image Processing and Communications Challenges 3*. – Springer, 2011. – Vol. 102. – S. 311-322.
- 3 **Farouk, H.** The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities / **H. Farouk, E. Abaida, A. Khaleel, O. Avrunin** // *International Journal of Life Science and Medical Research*. – 2012. – Vol. 2. № 3. – P. 52-55.
- 4 **Keller, A.** Hidden consequences of olfactory dysfunction: a patient report series / **Andreas Keller, Dolores Malaspina** // *BMC Ear, Nose and Throat Disorders*. – 2013. – № 13:8. – 20 p.
- 5 **Меркулов, О. А.** Эндоскопически ассистированный эндоназальный поход в хирургическом лечении эстезионейробластомы у детей / **О. А. Меркулов** // *Опухоли головы и шеи*. – Москва, 2012. – № 1. – С. 37-41.
- 6 **Алексеева, Н. С.** Оториноларингология / **Н. С. Алексеева, Л. Ф. Азнабаева, В. Ф. Антонив** и др. / Под ред. **В. Т. Пальчуна** – М: ГЭОТАР-Медиа, 2009 – 954 с.
- 7 **Савватеева, Д. М.** Клинические особенности периферических обонятельных расстройств: автореф. дис. канд. мед. наук : 14.01.03 / *Первый Моск. гос. мед. ун-т им. И. М. Сеченова*. – Москва: 2011. – 24 с.
- 8 **Аврунин, О. Г.** Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии / **О. Г. Аврунин** // *Радиоэлектроника и информатика*. – 2007. – № 4. – С. 119-122.
- 9 **Hirabayashi, H.** Comparison between stereotactic CT and MRI coordinates of pallidal and thalamic targets using the Laitinen noninvasive stereoadapter / **H. Hirabayashi, M. I. Hariz, M. Fagerlund** // *Stereotact. funct. neurosurg.* – 1998. – Vol. 71, № 3. – P. 117-130.
- 10 **Farouk, H.** Comparison Discriminate Characteristics Between Modern TNDA-PRH Rhinomanometer And Previously Methodology / **H. Farouk, O. Avrunin** // *International Journal of General Engineering and Technology (IJGET)* ISSN 2278-9928. – 2013 – Vol. 2, Is. 2, – P. 39-50.
- 11 **Farouk, H.** Analysis of Changes of the Hydraulic Diameter and Determination of the Air Flow Modes in the Nasal Cavity/ **H. Farouk, A. Khaleel, O. Avrunin**// *Advances in Intelligent and Soft Computing: Image Processing and Communications Challenges 3*. – Springer, 2011. – Vol. 102. – P. 303-310.
- 12 **Kwon, J.** Comparative computation of orbital volume from axial and coronal CT using three-dimensional image analysis / **J. Kwon, J. Barrera, S. Most**. // *Ophthal. Plast. Reconstr. Surg.* – 2010. – № 26 (1). – P. 26-29.

Bibliography (transliterated)

- 1 **Mayorov, V.** Vospriyatie zapakhov. *Nauka i zhizn'*. – 2007. – № 2. – S. 64-69.
- 2 **Farouk, H., Khaleel, A., Avrunin, O.** An attempt of the Determination of Aerodynamic Characteristics of Nasal Airways. *Advances in Intelligent and Soft Computing: Image Processing and Communications Challenges 3*. – Springer, 2011. – Vol. 102. – S. 311-322
- 3 **Farouk, H., Abaida, E., Khaleel, A., Avrunin, O.** The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities. *International Journal of Life Science and Medical Research*. – 2012. – Vol. 2. № 3. – P. 52-55.
- 4 **Keller, A., Malaspina, D.** Hidden consequences of olfactory dysfunction: a patient report series. *BMC Ear, Nose and Throat Disorders*, 2013, – 13:8. – P.20
- 5 **Merkulov, O. A.** Endoskopicheski assistirovanny endonazal'nyy pokhod v khirurgicheskom lechenii estezioneyroblastomy u detey. *Opukholi golovy i shei*. – Moskva, 2012. – № 1. – S. 37 - 41.
- 6 **Alekseeva, N. S., Aznabaeva, L. F., Antoniv, V. F. et. al.** Otorinolaringologiya / Pod red. **V. T. Pal'chuna** – M: GEOTAR-Media, – 2009 – 954 s.
- 7 **Savvateeva, D. M.** Klinicheskie osobennosti perifericheskikh obonyatel'nykh rasstroystv: avtoref. dis. kand. med. nauk: 14.01.03 / *Pervyy Mosk. gos. med. un-t im. I. M. Sechenova*. – Moskva: 2011. – 24 s.
- 8 **Avrunin, O. G.** Vizualizatsiya verkhnikh dykhatel'nykh putey po dannym komp'yuternoy tomografii. *Radioelektronika i informatika*. – 2007. – № 4. – S. 119-122.
- 9 **Hirabayashi, H., Hariz, M. I., Fagerlund, M.** Comparison between stereotactic CT and MRI coordinates of pallidal and thalamic targets using the Laitinen noninvasive stereoadapter. *Stereotact. funct. Neurosurg*, 1998. – Vol. 71, – № 3. – P. 117–130.
- 10 **Farouk, H., Avrunin, O.** Comparison Discriminate Characteristics Between Modern TNDA-PRH Rhinomanometer And Previously Methodology. *International Journal of General Engineering and Technology (IJGET)* ISSN 2278-9928. – 2013 – Vol. 2, Is. 2, – P. 39-50.
- 11 **Farouk, H., Khaleel, A., Avrunin, O.** Analysis of Changes of the Hydraulic Diameter and Determination of the Air Flow Modes in the Nasal Cavity. *Advances in Intelligent and Soft Computing: Image Processing and Communications Challenges 3*. – Springer, 2011. – Vol. 102. – S. 303-310.
- 12 **Kwon, J., Barrera, J., Most, S.** Comparative computation of orbital volume from axial and coronal CT using three-dimensional image analysis. *Ophthal. Plast. Reconstr. Surg.* – 2010. – № 26 (1). – P. 26-29.

Поступила (received) 23.06.2015