

Клінічний випадок лікування загруднинного зоба великого розміру з використанням для діагностики та планування оперативного втручання індивідуально виготовлених пластикових прототипів за 3D-технологією



О. І. Галузинська, А. М. Кваченюк, В. В. Мороз

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, Київ

Загруднинний зоб — аномально низьке розміщення та збільшення щитоподібної залози (ЩЗ), і 1/3 об'єму якої розташовано нижче верхнього краю яремної вирізки груднини [1]. Процес може тривалий час залишатися не діагностованим аж до появи симптомів компресії [2]. Однією з причин екзогенного здавлювання трахеї і бронхів є захворювання ЩЗ, які можуть призводити до обструкції дихальних шляхів, а в деяких випадках — до асфіксії [3]. Проблема своєчасної діагностики захворювань ЩЗ є актуальною для клінічної ендокринології, хірургії та онкології, що зумовлено тенденцією до виникнення прихованих і латентних форм злоякісних пухлин, високою ймовірністю малигнізації доброякісних утворень залози, складністю клінічного розпізнавання хвороби на ранніх стадіях [4]. Важливе значення при оперативному втручанні має розташування ЩЗ щодо суміжних органів, судин і нервів. Наведені дані обґрунтовують необхідність пошуку високоінформативних методів дослідження для своєчасної діагностики новоутворень ЩЗ [5].

Найпоширенішим способом візуалізації новоутворень ЩЗ є ультразвукове дослідження (УЗД). Для

проведення УЗД ЩЗ використовують лінійні датчики, які дають зображення в двовимірному (плоскому) зображенні, що не завжди відповідає реальній анатомічній будові та неточно відображує розташування ЩЗ щодо суміжних органів, судин і нервів [6]. Крім того, візуалізація за допомогою УЗД має обмеження через довжину хвилі. Важливе значення має трактування результатів обстеження суміжними спеціалістами, а описова частина обстеження залежить від кваліфікації лікаря з ультразвукової діагностики [7].

Удосконалення способу діагностики новоутворень ЩЗ та її судинних структур полягало в застосуванні комп'ютерної томографії (КТ) органів шиї з контрастуванням і адитивних технологій тривимірного друку зображення органа з органомкомплексом [8].

ОПИС МЕТОДИКИ

Пацієнту з виявленим новоутворенням ЩЗ додатково призначали променево дослідження. Двовимірне зображення ЩЗ на КТ із використанням контрастної речовини аналізується лікарем-спеціалістом, який обирає площини найкращої візуалізації

певного сегмента. Для побудови моделі використовують три площини: фронтальну, сагітальну, аксіальну, для цифрових даних — файли формату DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). За допомогою спеціальних програм файли формату DICOM переводять у формат STL, який є основним для технології тривимірного зображення та друку. Для можливості виконання автоматичного або ручного виправлення тривимірної моделі проводили експорт збереженого файла у форматі STL у програму Autodesk NetFab. Ця програма дає змогу передбачити можливі дефекти зображення, що можуть спотворити тривимірну модель під час друку. Останнім етапом у виготовленні органоконструкції є переведення готової комп'ютерної 3D-вимірної моделі на принтер [9]. Використовували пошарове наплавлення пластичного матеріалу для виготовлення моделі із застосуванням різних типів пластику та принтерів. Ця методика називається Fusing Deposition Modeling (FDM). З використанням принтера Flashforge guider II та програми Flash Print друкували модель із твердого пластику PLA. Для еластичного пластику Primalloy, з якого виготовляли ЩЗ, використовували принтер Kleta з програмним забезпеченням Kura (компанія FAQ, США). Після формування та друку моделі оцінювали такі параметри органоконструкції ЩЗ: розмір, форма, анатомічна будова та розташування щодо сусідніх органів і структур, потім розробляли персоналізований спосіб оперативного втручання.

КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК

Хвора Н., 1957 року народження. Госпіталізована в хірургічне відділення зі скаргами на задишку, перхоту в горлі, відчуття стиснення під час ковтання. Хвору обстежено за допомогою клінічних і лабораторних методів. Проведено УЗД ЩЗ: у нижньому полюсі лівої частки залози діагностовано вузлове утворення до 6 см у діаметрі, але візуалізувати остаточний розмір вузла було неможливо через загроуднинне його розташування. *Діагноз:* лівобічний вузловий еутиреоїдний зоб II ступеня, загроуднинне розташування ЩЗ.

Хворій виконано КТ органів шиї з контрастуванням за допомогою КТ-сканера «Aquilion 16» із товщиною одного ряду 0,5 мм (Toshiba, Японія) з автоматичним двохколбовим інжектором контрастної речовини «Stellant» (MedRad, США). Як контрастну речовину використано «Томогексол 350». Виявлено збільшення розміру ЩЗ, наявність вузлових

утворень із кальцинатами і тенденцією до поширення за груднину та середостіння (рис. 1). Для процесорної обробки даних використано програмний пакет Osirix. За отриманими даними виконано 3D-реконструкцію, що дало змогу адекватно візуалізувати розміри, форму та розташування щодо сусідніх органів і судин у ділянці шиї. Установлено різку девіацію трахеї вправо, інтимне розміщення пухлиноподібного утворення щодо дуги аорти, компресію сонних та яремних судин (рис. 2).

На підставі отриманих даних та макета розроблено план оперативного втручання, змодельовано віртуально оперативне втручання до операції. Хворій виконано лівобічну гемітиреоїдектомію. Порівняння макета ЩЗ із нативним матеріалом (рис. 3) виявило повну відповідність макету залози. Під час ревізії регіональних метастазів не виявлено. У післяопераційний період ознак ускладнень не зареєстровано. Голос збережений, акт ковтання не порушений. Хвора здорова, без ознак рецидиву пухлини. Додаткових методів лікування після операції не застосовували.

Питання організації та технологічного забезпечення хірургічного лікування захворювань ЩЗ вивчали багато авторів. Відомо, що сучасні діагностичні методики досить складні та потребують спеціальної апаратури й висококваліфікованих спеціалістів, тому їх застосовують лише у спеціалізованих лікувально-профілактичних установах. Автори звертають увагу на роз'єднаність сучасної системи надання медичної допомоги пацієнтам із захворюваннями ЩЗ, що зумовлює необхідність відвідування хворим різних фахівців у різних закладах протягом тривалого часу. Це призводить до значного збільшення тривалості діагностичного і лікувального етапів [10].

На нашу думку, запропонована методика дає змогу різним фахівцям зрозуміти оптимальний підхід до радикального лікування загроуднинного зоба. Завдяки впровадженню методів сучасної візуалізації анатомічних структур у клінічну практику є можливість використати найраціональніший і малотравматичний доступ для видалення зоба.

Багато авторів [11, 12] запропонували малоінвазивні внутрішньотканинні методики деструкції тиреоїдних вузлів за допомогою склеротерапії етанолом, лазеріндукованої термотерапії та радіочастотної абляції, які ґрунтуються на особливостях впливу на деструкцію вузлів за допомогою хімічного чи термічного чинника. Однак ці методики мають обмеження залежно від розміру, характеристики та структури вогнищевої тиреоїдної патології

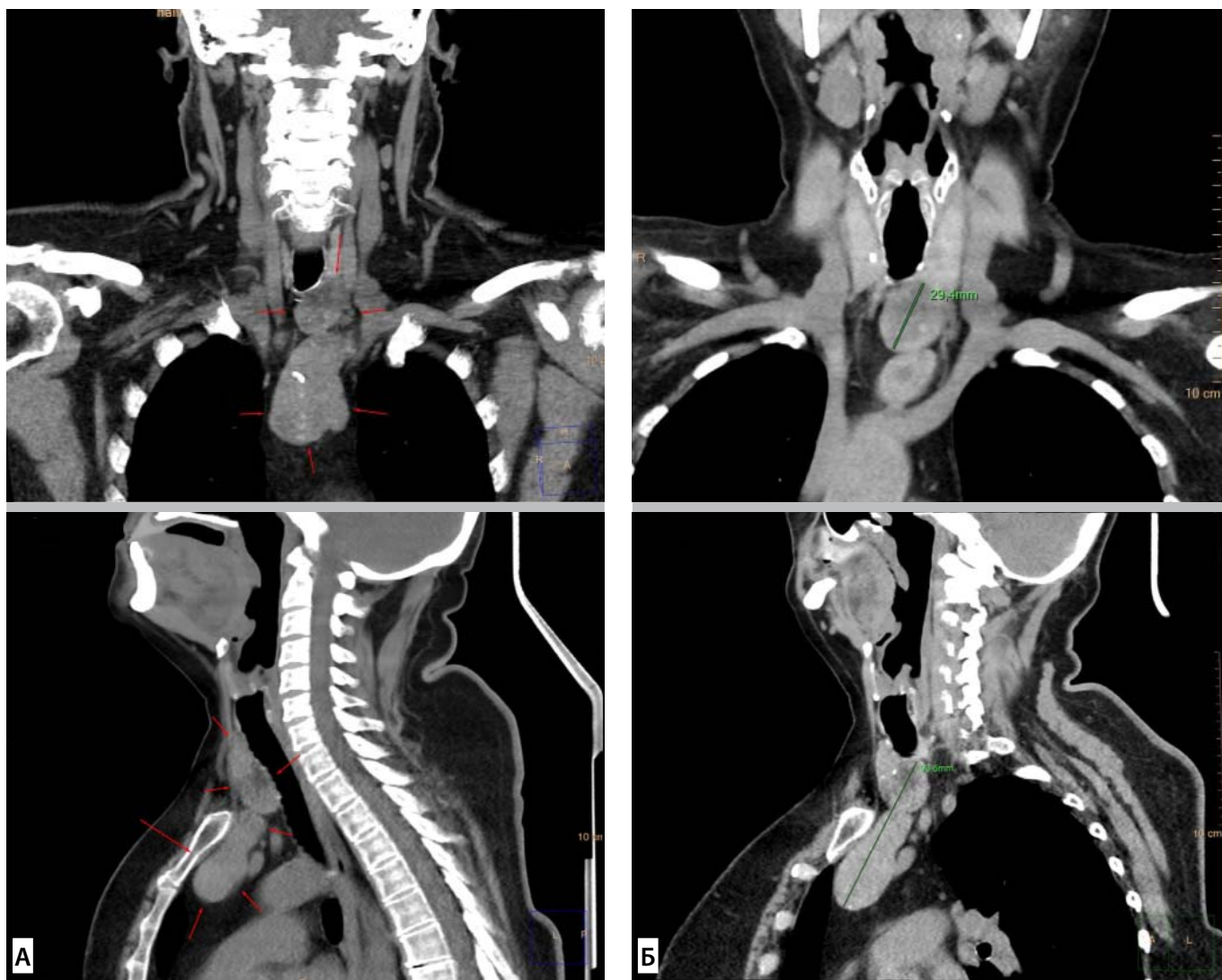


Рис. 1. Комп'ютерна томографія шиї з контрастуванням хворої Н.: А — фронтальна площина. Загруднинне розташування щитоподібної залози та її співвідношення із трахеєю. Остання з ознаками різкої дівіації вправо; Б — сагітальна площина. Розташування щитоподібної залози та її співвідношення з магістральними судинами

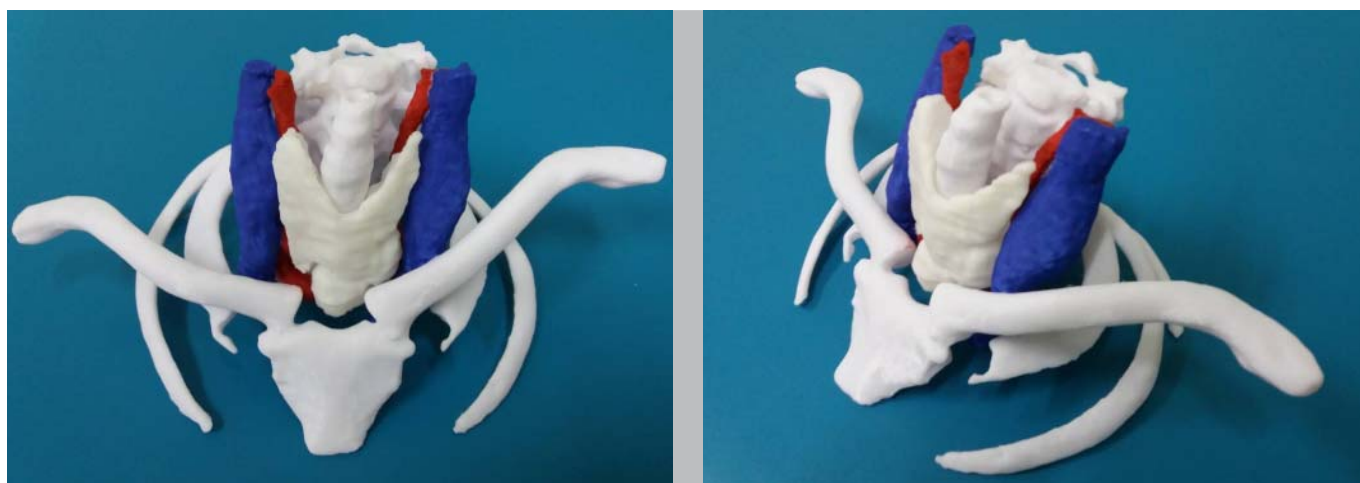


Рис. 2. 3D-модель щитоподібної залози з магістральними судинами за даними комп'ютерної томографії шиї

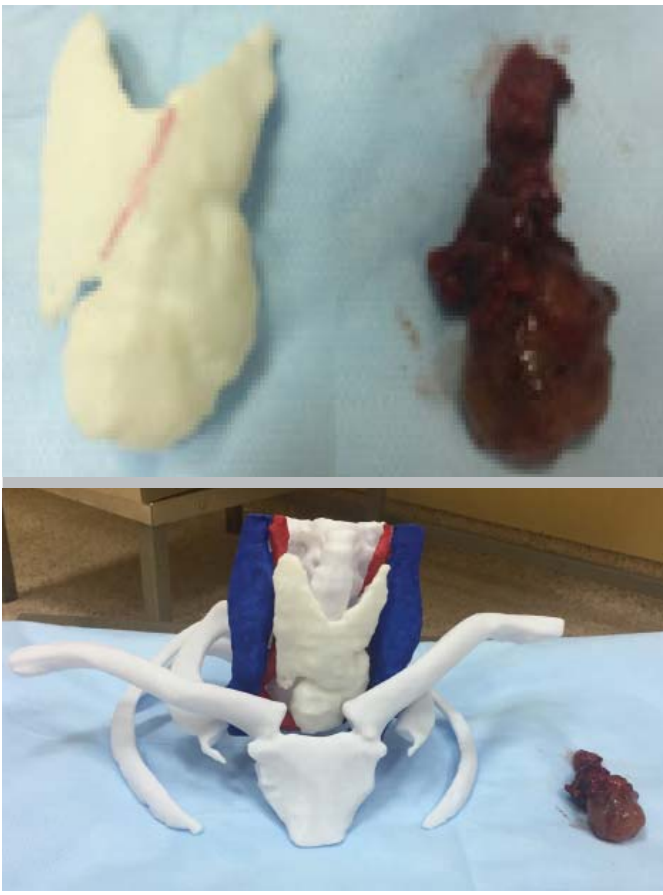


Рис. 3. Порівняння макета щитоподібної залози з нативним матеріалом

і протипоказані у випадку загруднинного зоба. Тому використання запропонованої методики в наведеному клінічному випадку було оптимальним рішенням.

На думку Н.П. Ткачук та співавт. [13], основною причиною рецидиву вузлових форм зоба є недостатній обсяг первинної операції. Необхідно провести дослідження для вдосконалення методів діагностики, зокрема для збільшення точності прогнозування. Інші автори [14, 15] наголошують, що при великому потенціалі УЗД є деяке відставання знань у цій галузі та деяка гіпердіагностика лікарями відповідного профілю. Тому дуже важливо чітко дотримуватись протоколу обстеження згідно з міжнародними стандартами. Таким чином, запропонований нами метод прототипів до операції дасть змогу провести радикальне втручання найдоцільнішим доступом із залученням відповідних фахівців та зменшить кількість рецидивів зоба.

Особливостями сучасного розвитку тиреоїдної хірургії є використання малоінвазивних

високотехнологічних способів хірургічного втручання, зокрема відеоасистованої хірургії. Однак робити остаточний висновок щодо можливості ширшого застосування цього методу ще рано. Необхідно провести додаткові дослідження. На нашу думку, запропонована методика також дасть змогу ширше використовувати високотехнологічну відеоасистовану тиреоїдну хірургію.

У сучасних протоколах [14, 15] наголошується на необхідності доопрацювання надійних доопераційних методик візуалізації тиреоїдних вузлів, оскільки при контрастній ультрасонографії контрастні речовини першого та другого покоління дають змогу отримати лише додаткові (непрямі) дані щодо тиреоїдних вузлів. Зміна кривих інтенсивності під час поширення контрастних речовин лише незначно доповнює інформацію, яку можна отримати за допомогою традиційної кольорової та підсиленої доплерографії. Застосування нових спеціально розроблених контрастних речовин і нових ультразвукових апаратів із програмним забезпеченням необхідне для підвищення цінності досліджень.

Отже, запропонована нами тривимірна модель значно розширює діагностичне розуміння тактики подальшого лікування.

ВИСНОВКИ

Запропонований метод дає змогу отримати високоякісну 3D-вимірну модель із кольоровим картуванням та виготовленням пластикового прототипу, а отже, точнішу анатомічну модель структурованого органокomплексу ЩЗ на доопераційному етапі, розробити техніку оперативного втручання на макеті з подальшим виконанням індивідуально підібраного способу оперативного лікування.

Конфлікту інтересів немає.

Участь авторів: концепція і дизайн дослідження, збір та опрацювання матеріалу — О. І. Галузинська, А. М. Кваченюк; написання тексту — О. І. Галузинська; редактування — О. І. Галузинська, В. В. Мороз.

ЛІТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Knobel M. An overview of retrosternal goiter. *J Endocrinol Invest.* 2021 Apr;44(4):679-691. doi: 10.1007/s40618-020-01391-6. Epub 2020 Aug 11. PMID: 32780357.
2. Vaiman M, Bekerman I, Basel J, Peer M. Surgical approach to the intrathoracic goiter. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2018 Mar 25;3(2):127-132. doi: 10.1002/lio2.146. PMID: 29721546; PMCID: PMC5915827.

3. Zhu X, Huang ZC, Feng X. Assessment and surgical treatment for 58 substernal goiter. *Zhonghua Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2017;52:228-30. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2017.03.013.
4. Tsilimigras D, et al. Retrosternal goitre: the role of the thoracic surgeon. *Thorac. Dis*. 2017;9(3):860-3. doi: 10.21037/jtd.2017.02.56.
5. Tabchouri N, Anil Z, Marques F, Michot N, Dumont P, Arnault V, De Calan L. Morbidity of total thyroidectomy for substernal goiter: A series of 70 patients. *J Visc Surg*. 2018 Feb;155(1):11-15. doi: 10.1016/j.jvisc-surg.2017.05.006. Epub 2017 Jun 8. PMID: 28602544.
6. American Association of Clinical Endocrinologists Medical Guidelines for Clinical Practice for the Diagnosis and Management of Thyroid Nodule. AACE/AME Task Force on Thyroid Nodules. *Endocr.Pract*. 2006;12:63-102. doi: 10.4158/EP.12.1.63.
7. Bove A, Di Renzo RM, D'Urbano G, Bellobono M, D'Addetta V, Lapergola A, Bongarzone G. Preoperative risk factors in total thyroidectomy of substernal goiter. *Ther Clin Risk Manag*. 2016 Nov 28;12:1805-1809. doi: 10.2147/TCRM.S110464. PMID: 27932888; PMCID: PMC5135003.
8. Management Guidelines for Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Taskforce. *Thyroid*. 2006;16(2):1-33. doi: 10.1089/thy.2006.16.109.
9. Sahsamani G, Chouliaras E, Katis K, Samaras S, Daliakopoulos S, Dimitrakopoulos G. Patient-tailored management of an asymptomatic massive substernal goiter presenting as brachiocephalic vein occlusion. Report of a case and review of sternotomy indications. *Int J Surg Case Rep*. 2017;31:35-38. doi: 10.1016/j.ijscr.2017.01.003. Epub 2017 Jan 4. PMID: 28095343; PMCID: PMC5238610.
10. Lukinović J, Bilić M. Overview of Thyroid Surgery Complications. *Acta Clin Croat*. 2020 Jun;59(Suppl 1):81-86. doi: 10.20471/acc.2020.59.s1.10. PMID: 34219888; PMCID: PMC8212606.
11. Mauri G, Bernardi S, Palermo A, Cesareo R; Italian Minimally-Invasive Treatments of the Thyroid group. Minimally-invasive treatments for benign thyroid nodules: recommendations for information to patients and referring physicians by the Italian Minimally-Invasive Treatments of the Thyroid group. *Endocrine*. 2022 Apr;76(1):1-8. doi: 10.1007/s12020-022-03005-y. Epub 2022 Mar 15. PMID: 35290617; PMCID: PMC8986658.
12. Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, Doherty GM, Mandel SJ, Nikiforov YE, Pacini F, et al. 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid*. 2016 Jan;26(1):1-133. doi: 10.1089/thy.2015.0020. PMID: 26462967; PMCID: PMC4739132.
13. Tkachuk N, Bilookyi V, Gyrla Y. Some aspects of prevention of postoperative relapse in patients with nodular forms of goiter. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENDOCRINOLOGY (Ukraine)*. 2021;13(8):536-540. <https://doi.org/10.22141/2224-0721.13.8.2017.119266>.
14. Papini E, Monpeyssen H, Frasoldati A, Hegedüs L. 2020 European Thyroid Association Clinical Practice Guideline for the Use of Image-Guided Ablation in Benign Thyroid Nodules. *Eur Thyroid J*. 2020 Jul;9(4):172-185. doi: 10.1159/000508484. Epub 2020 Jun 8. PMID: 32903999; PMCID: PMC7445670.
15. Durante C, Hegedüs L, Czarniecka A, Paschke R, Russ G, Schmitt F, Soares P, et al. 2023 European Thyroid Association Clinical Practice Guidelines for thyroid nodule management. *Eur Thyroid J*. 2023 Aug 14;12(5):e230067. doi: 10.1530/ETJ-23-0067. PMID: 37358008; PMCID: PMC10448590.

РЕЗЮМЕ

Загруднинний зоб може довго залишатися недіагностованим аж до появи симптомів компресії. При оперативному втручанні важливе значення має розташування щитоподібної залози (ЩЗ) щодо суміжних органів, судин і нервів. Найпоширеніший спосіб візуалізації новоутворень ЩЗ — ультразвукове дослідження. Запропоновано новий метод дослідження для своєчасної діагностики новоутворень ЩЗ. Пацієнту з виявленим новоутворенням ЩЗ проводять променево-дослідження. Двовимірне зображення ЩЗ на комп'ютерній томограмі з використанням контрастної речовини аналізує лікар-спеціаліст, який обирає площини найкращої візуалізації певного сегмента. Для побудови моделі використовують фронтальну, сагітальну, аксіальну площини, для цифрових даних — файли формату DICOM. За допомогою спеціальних програм файли формату DICOM переводять у формат STL, який є основним для адитивної технології тривимірного зображення та друку. Проводять експорт збереженого файлу у форматі STL у програму Autodesk NetFab. Для переведення готової комп'ютерної 3D-вимірної моделі на принтер використовують пошарове наплавлення пластичного матеріалу для виготовлення моделі із застосуванням різних типів пластику та принтерів (fusing deposition modeling). Для твердого пластику PLA використовували принтер Flashforge guider II та програми Flash Print, для еластичного пластику Primalloy — принтер Klema з програмним забезпеченням Cura. Після формування та друку моделі оцінювали такі параметри органокomплексу ЩЗ, як розмір, форма, анатомічна будова та розташування щодо сусідніх органів. Розробляли персоналізований спосіб оперативного втручання. Наведено опис клінічного випадку пацієнтки віком 66 років з лівобічним вузловим еутиреоїдним зобом II ступеня та загруднинним розташуванням ЩЗ. Виконано КТ органів шиї з контрастуванням. За отриманими даними проведено 3D-реконструкцію. На підставі отриманих даних та макета розроблено план оперативного втручання, змодельовано віртуально оперативне втручання до операції. Виконано лівобічну гемітиреоїдектомію з пухлиною. Під час ревізії регіональних метастазів не виявлено. Післяопераційний період без

ускладнений. Голос збережений, акт ковтання не порушений. Додаткові методи лікування після операції не застосовували. Запропонований метод дає змогу отримати високоякісну 3D-вимірну модель із кольоровим картуванням та виготовленням пластикового прототипу на доопераційному етапі та розробити техніку оперативного втручання на макеті.

Ключові слова: загруднинний зоб, щитоподібна залоза, комп'ютерна томографія, 3D-вимірна модель.

ABSTRACT

A clinical case of treatment of a large-sized retrosternal goiter with the use of individually manufactured plastic prototypes using 3D technology for diagnosis and planning of surgical intervention

O. I. Galuzynska, A. M. Kvachenyuk, V. V. Moroz

Bogomolets National Medical University, Kyiv

Transthoracic goiter can remain undiagnosed for a long time until symptoms of compression appear. During surgical intervention, the location of the thyroid gland in relation to adjacent organs, vessels and nerves is crucial. The most common way to visualize thyroid neoplasms is ultrasound examination. A new research method for the timely diagnosis of thyroid neoplasms has been proposed. A patient with a newly detected thyroid neoplasm underwent radiological examination. A two-dimensional image of the thyroid gland on a computer tomogram using a contrast agent is analyzed by a specialist doctor who chooses the planes of best visualization of a certain segment. Frontal, sagittal, and axial planes are used to build the model, DICOM format files are used for digital data. With the help of special programs, DICOM format files are converted into

STL format, which is the basis for additive technology of three-dimensional imaging and printing. Export the saved file in STL format to the Autodesk NetFab program. To transfer the finished computer 3D-dimensional model to the printer, layer-by-layer deposition of plastic material is used to manufacture the model using different types of plastic and printers (fusing deposition modeling). For rigid PLA plastic, the Flashforge guider II printer and Flash Print programs are used, and for flexible Primalloy plastic, the Klema printer with Kura software is used. After forming and printing the model, such parameters of the thyroid organ complex as size, shape, anatomical structure and location relative to neighboring organs are evaluated. A personalized method of surgical intervention is developed. The paper presents a clinical case of a 66-year-old patient with a left-sided nodular euthyroid goiter of the 2nd degree and a sternal location of the thyroid gland. A CT scan of the neck with contrast was performed. Based on the received data, a 3D reconstruction was carried out. On the basis of the received data and the model, a surgical intervention plan was developed, and a virtual operative intervention before the operation was simulated. A left-sided hemithyroidectomy with the tumor was performed. No regional metastases were found during the revision. Postoperative period зфійив without complications. The voice цфї preserved, the act of swallowing цфї not disturbed. Additional methods of treatment after surgery were not used. The proposed method makes it possible to obtain a high-quality 3D-dimensional model with color mapping and the production of a plastic prototype at the preoperative stage, and to develop a surgical intervention technique on the model.

Keywords: retrosternal goiter, thyroid gland, computer tomography, 3D-dimensional model.

Дата надходження до редакції 28.09.2023 р.

Дата рецензування 29.11.2023 р.

Дата підписання статті до друку 04.12.2023 р.