

УДК 611:616-073.756.8:378.147

У. Підвальна<sup>1,2</sup>✉, М. Мірчук<sup>1,2</sup>, Д. Д'Анна<sup>3,4</sup><sup>1</sup>Україно-Польський центр серця «Львів», вул. Чернігівська 7, м. Львів, Україна, 79010<sup>2</sup>Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, вул. Пекарська, 69, м. Львів, Україна, 79010<sup>3</sup>ASST Ovest Milanese, відділення нейровізуалізації, м. Леньяно (Мілан), Італія, 20025<sup>4</sup>Centro Diagnostico Italiano SpA, Відділення діагностичної візуалізації та стереотаксичної радіохірургії, м. Мілан, Італія

## ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ РАДІОЛОГІЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В АНАТОМІЧНУ ОСВІТУ: ПОКРАЩЕННЯ МЕДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ЧЕРЕЗ РАННЄ НАВЧАННЯ КТ ТА МРТ

Розуміння морфології мозку має важливе значення для радіологів, неврологів і нейрохірургів. Історично вивчення анатомії мозку базувалося на препаратах *ex vivo*. Сучасні КТ і МРТ головного мозку *in vivo* забезпечують можливості просторової тривимірної візуалізації структур мозку, необхідні для діагностики захворювань, планування операцій і моніторингу прогресу лікування. Незважаючи на прогрес у візуалізації, існує розрив між традиційним вивченням анатомії та сучасною практичною радіологією.

**Мета:** проілюструвати анатомію мозку *ex vivo*, порівнюючи з відповідними зображеннями мозку на КТ та МРТ як для навчання молодих лікарів, так і для повторення знань з анатомії мозку для досвідчених радіологів. Подано макроскопові, КТ та МРТ зображення головного мозку для свідчення важливості раннього доступу студентів до вивчення радіологічної анатомії з потребою впровадження практичних занять радіологічної анатомії під час занять з анатомії в медичних закладах.

**Матеріали і методи.** У дослідженні використано фіксовані у формаліні зразки мозку та відповідні зображення КТ та МРТ мозку.

**Результати.** КТ і МРТ головного мозку забезпечують відповідні анатомічні деталі для розуміння складних просторових взаємозв'язків та вивчення функціональних можливостей. Переваги інтеграції радіологічних зображень: неінвазивна візуалізація, детальна анатомічна роздільна здатність, тривимірні реконструкції.

**Висновок.** Інтеграція радіологічних зображень у дослідження нейроанатомії є значним прогресом у медичній науці. Методи КТ і МРТ забезпечують достатню деталізацію, візуалізацію просторовості, що робить їх незамінними інструментами в сучасній нейрорадіології. Існує потреба включити вивчення радіології під час навчання анатомії, щоб допомогти майбутнім лікарям у швидшому оволодінні радіологічною анатомією з практичним її використанням.

**Ключові слова:** анатомія; мозок; освіта; магнітно-резонансна томографія; комп'ютерна томографія; радіологія.

*Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2024. Вип. 29. С. 473–481. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-473-481*

U. Pidvalna<sup>1,2</sup>✉, M. Mirchuk<sup>1,2</sup>, G. D'Anna<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Ukrainian-Polish Heart Center «Lviv», Chernihivska, Lviv, Ukraine, 79010

<sup>2</sup>Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Pekarska 69, Lviv, Ukraine, 79010

<sup>3</sup>ASST Ovest Milanese, Neuroimaging Unit, Legnano (Milan), Italy, 20025

<sup>4</sup>Centro Diagnostico Italiano S.p.A., Department of Diagnostic Imaging and Stereotactic Radiosurgery, Milan, Italy

## INTEGRATING RADIOLOGICAL IMAGING TECHNIQUES INTO ANATOMY EDUCATION: MEDICAL TRAINING ENHANCEMENT THROUGH EARLY CT AND MRI TEACHING

Brain morphology understanding is essential for radiologists, neurologists, and neurosurgeons. Historically, anatomical learning of brain relied on *ex vivo* specimens. Modern *in vivo* brain CT and MRI provide spatial, three-dimensional imaging capabilities crucial to help diagnose diseases, plan surgeries, and monitor treatment progress. Despite the advancements in imaging, a disconnect exists between traditional anatomical education and contemporary radiological practices.

**Objective.** This short report aims to illustrate brain anatomy *ex vivo*, on CT and MRI, to both navigate young doctors and to refresh the knowledge of experienced radiologists in brain anatomy. Furthermore, a few examples of the macroscopic, CT and MRI of the brain testify to the importance of early access to the radiological study of anatomy and pathology for the new generations of physicians, asking the schools of medicine to implement practical radiological anatomy sessions during anatomy teaching.

**Material and methods.** The study utilized formalin-fixed brain specimens and corresponding brain CT and MRI images.

**Results.** Brain CT and MRI imaging modalities provide unparalleled anatomical detail and functional insights, enhancing the comprehension of complex spatial relationships. The advantages of the integrating of radiographical images are: non-invasive visualization, detailed anatomical resolution, three-dimensional reconstructions.

**Conclusion.** The integration of radiology images into the study of neuroanatomy represents a significant advancement in medical science. CT and MRI imaging modalities provide unparalleled detail, functional insights, and educational value, making them indispensable tools in modern neuroradiology. There is a need to include radiology during anatomy studies, helping future physicians better understand anatomy and recognize this clinical discipline early on.

**Key words:** radiology; anatomy; brain; education; magnetic resonance imaging; X-ray computed tomography; radiology.

*Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2024;29:473-481. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-473-481*

### ВСТУП

Розуміння морфології мозку має важливе значення, що потребує високого рівня знань серед радіологів, неврологів і нейрохірургів [1]. Тривалий час анатомічні препарати *ex vivo* були єдиним варіантом для вивчення анатомії мозку. Сучасна медицина пропонує *in vivo* методи [2], такі як комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ), які взаємодоповнюють одна одну. Під час КТ та МРТ головного мозку ми можемо візуалізувати головний мозок, стовбур мозку (середній мозок, міст, довгастий мозок), мозочок і спинний мозок. X-променеві (рентгено-

### INTRODUCTION

Understanding brain morphology is critical and needs an increased level for radiologists, neurologists, and neurosurgeons [1]. *Ex vivo* anatomical specimens were the only choice for learning brain anatomy for a hundred years. Modern medicine offers *in vivo* tools [2], such as Computed Tomography (CT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI), complement each other. The cerebrum, cerebellum, brainstem (medulla, pons, mid-brain), and spinal cord could be examined on a brain CT and MRI. Radiological techniques provide spatial, three-dimensional imaging capabilities crucial

✉ Uliana Y. Pidvalna, e-mail: uliana@meduniv.lviv.ua

логічні) методи дозволяють провести просторові тривимірні можливості візуалізації, важливі для діагностики захворювань, планування операцій і моніторингу перебігу лікування. Попри це, навчання з використанням макроанатомічних препаратів залишається необхідним як у навчанні, так і для інтеграції між анатомією людини і практичною медициною, з урахуванням також питань біоетики [3–5].

У багатьох країнах навчання радіології проводиться після завершення курсу вивчення анатомії, що обмежує майбутніх медиків у доступі до радіологічних методів і можливості порівнювати анатомічні особливості *ex vivo*, КТ та МРТ. Крім того, досвідчені радіологи більше зосереджені на вдосконаленні своїх радіологічних навичок і відкладають повторення анатомічної (кадаверної) складової. Зрештою, вивчення «класичної» анатомії зосереджується на деяких класифікаціях і способах опису органів і систем, які іноді є застарілими або непридатними для клінічних дисциплін, зокрема радіології. Незважаючи на широкий спектр можливої літератури щодо КТ та МРТ мозку, ми бачимо прірву у порівнянні анатомії мозку *ex vivo* та радіологічно.

Розвиток цифровізації сприяв створенню вартісних книг і відео дисекцій, але відсутність чи обмежений доступ до самостійних розтинів стає новою проблемою. Окрім цього, макроанатомія *ex vivo* відрізняється від анатомії *in vivo*. Зрештою, багато студентів вивчають анатомію, не бачачи й не торкаючись жодного справжнього органу чи тіла, використовуючи книги та рисунки. Така поляризація може нашкодити всебічному розумінню нейроанатомії, оскільки радіологічне зображення дає вирішальне розуміння, яке лише іноді стає очевидним лише за допомогою традиційного препарування.

Отже, існує ризик втрати зв'язку з фундаментальними анатомічними знаннями, які доповнені сучасними методами візуалізації. Розрив підкреслює потребу в більш узгодженому підході до анатомічної освіти, який об'єднує традиційні методи препарування та сучасні технології візуалізації.

## МЕТА

Проілюструвати анатомію мозку *ex vivo* (1), КТ (2) і МРТ (3) для навчання молодих лікарів макро- та радіологічної анатомії мозку і повторення досвідченим радіологам. Надати приклади макроскопічного зображення, КТ та МРТ головного мозку для свідчення важливості раннього доступу до радіологічного вивчення анатомії та патології новому поколінню лікарів, із впровадженням практичних занять з

to help diagnose diseases, plan surgeries, and monitor treatment progress. Nevertheless, working with macro-anatomical specimens remains necessary for teaching purposes, developing the relationship between the anatomy of the human body and medical care, and improving bioethical growth [3–5].

In many countries, radiological training is conducted after the anatomical course, limiting future medical staff from accessing radiological techniques and the possibility of comparing anatomical features *ex vivo*, CT, and MRI. Moreover, experienced radiologists are focused more on the improvement of their radiological skills, postponing the returning to anatomical (cadaver) training. Finally, the study of «classical» anatomy concentrates on some classifications and ways to describe organs and systems that are sometimes obsolete or unuseful for the following disciplines, even radiology. Despite the wide range of possible CT and MRI brain imaging literature, we observe a gap in comparison between the radiological brain anatomy and *ex vivo*.

Latest advances in photography have generated several interesting books and videos of cadaveric dissections, but the loss of personal dissection is another issue. Moreover, cadaveric anatomy is also quite different compared to the *in-vivo* anatomy. Ultimately, most students will learn anatomy without seeing or touching any real organ or cadaver, using pictures and drawings. This separation can hinder the comprehensive understanding of neuroanatomy as radiological imaging provides crucial insights that are only sometimes evident through the traditional dissection alone.

Despite abundant CT and MRI brain imaging literature, there still needs to be a significant connection between radiological brain anatomy and conventional *ex vivo* studies. The disconnect highlights the need for a more cohesive approach to anatomical education that integrates traditional dissection methods and modern imaging technologies.

## OBJECTIVE

This short report aims to illustrate brain anatomy *ex vivo* (1), on CT (2) and MRI (3), to both navigate young doctors and to refresh the knowledge of experienced radiologists in brain anatomy. Furthermore, a few examples of the macroscopic, CT and MRI of the brain testify to the importance of early access to the radiological study of anatomy and pathology for the new generations of physicians, asking the

радіологічної анатомії під час вивчення анатомії в медичних закладах.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У дослідженні використано тривалофіксовані перпарати головного мозку формаліном з метою навчання або дослідження [6]. Ми використовували *ex vivo* фіксовані у формаліні препарати мозку з Анатомічного музею кафедри нормальної анатомії Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (Львів, Україна). З неврологічної колекції мозку без візуалізованих макроскопово змін (варіант норми), вибрано препарати мозку у сагітальній, корональній та аксіальній площинах і стовбур мозку, як важливу структуру в локалізації ядер черепних нервів. Ми обрали КТ- і МРТ-зображення в ідентичних проєкціях для оцінки відповідної анатомії (з наших баз даних без візуалізації обличчя). Це дослідження не містить персональних даних пацієнтів.

Комп'ютерну томографію голови проводили на апараті LightSpeed VCT 64 (General Electric, США) з контрастним підсиленням (350 мг йоду/мл) в Україно-Польському центрі серця «Львів» (Львів, Україна). Параметри КТ: 120 кВ, 250–450 Ам (залежно від фаз сканування). МРТ головного мозку виконано на апараті Philips Ingenia 1.5 T (Philips Medical Systems, Best, Нідерланди) в Asst Ovest Milanese (Леньяно, Мілан – Італія). МРТ-зображення склалися з сагітальної SE T1-зваженої послідовності по середній лінії та двох (аксіального та коронального) TSE T2-зважених зображень без введення контрастної речовини. Ми прицільно обрали зображення зі звичайних сканувань, а не модифіковані зображення високої роздільної здатності зі сканерів найвищої якості, щоб підкреслити, наскільки легко отримати хороші анатомічні зображення.

## Схвалення етики

Рукопис не містить клінічних даних чи даних пацієнтів. Зображення подані без клінічної або особистої інформації, відсутні візуалізації структур обличчя з неможливістю ідентифікації. Інформовані згоди не були потрібні.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Ідеально збережений мозок у стріловій (сагітальній) (рис. 1), фронтальній (корональній) (рис. 2) та поперечній (аксіальній) (рис. 3) площинах традиційно використовують студенти-медики на перших курсах навчання. КТ та МРТ зображення забезпечують відповідну анатомічну деталізацію і функціональне уявлення, доповнюють розуміння комплексу просторових взаємовідносин.

schools of medicine to implement practical radiological anatomy sessions during anatomy teaching.

## MATERIAL AND METHODS

Prolonged formalin-fixed tissues are considered for teaching or research [6]. We used *ex vivo* formalin-fixed brain specimens from The Anatomical Museum at Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Lviv, Ukraine). From the normal brains neurological collection (without macroscopic disorders), we selected the brain in the skull (sagittal section), brains in coronal and axial sections, and brain stem as an important structure in cranial nerve localization. We chose CT and MRI images from our databases with no face structures, leading to the recognition of those three brain specimens to fulfil the same anatomy. This study does not contain personal patient data.

Head computed tomography was performed on LightSpeed VCT 64 (General Electric, USA) with contrast enhancement (350mg Iodine/mL) in Ukrainian-Polish Heart Center «Lviv» (Lviv, Ukraine). CT scanning parameters: 120 kV, 250–450 Am (depending on the scanning phases). MRI of the Brain was performed on Philips Ingenia 1.5 T (Philips Medical Systems, Best, The Netherlands) in Asst Ovest Milanese (Legnano, Milan – Italy). The MRI pictures consisted of a sagittal SE T1-weighted sequence on the midline and two (axial and coronal) TSE T2-weighted images without contrast media administration. We deliberately chose routine scan images rather than high-resolution, modified pictures from top-quality scanners aiming to highlight how easy it is to obtain good anatomical pictures.

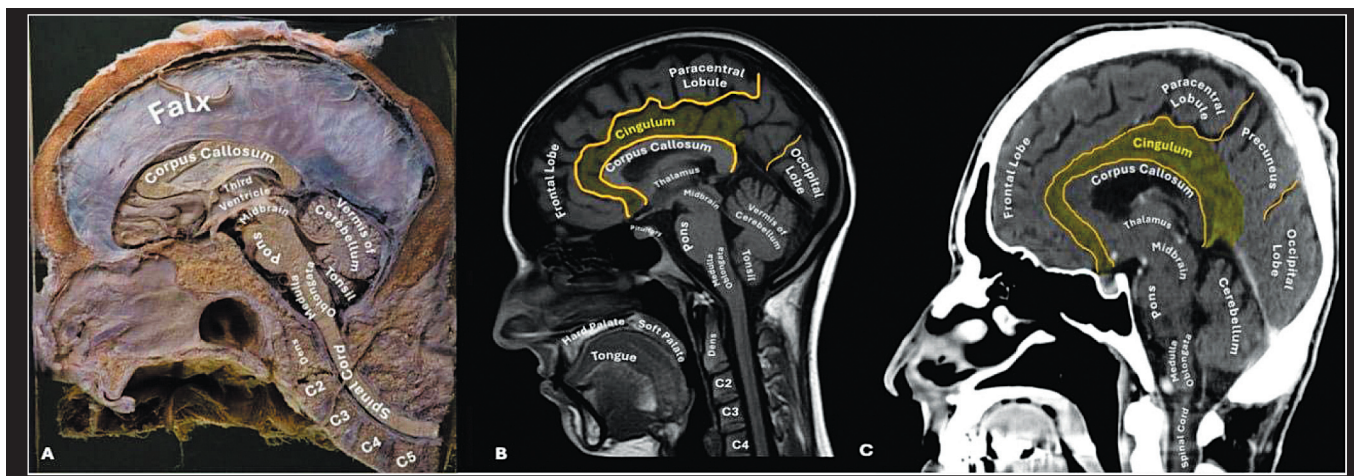
## Ethics approval

The manuscript does not contain clinical studies or patient data. Images without clinical or personal data, with no face structures leading to recognition, were used. Informed consents were waived.

## RESULTS

Perfect preserved brains in sagittal (Fig. 1), coronal (Fig. 2), and axial (Fig. 3) sections are traditionally used by medical students in their first years of study. CT and MRI imaging modalities provide unparalleled anatomical detail and functional insights, enhancing the comprehension of complex spatial relationships.



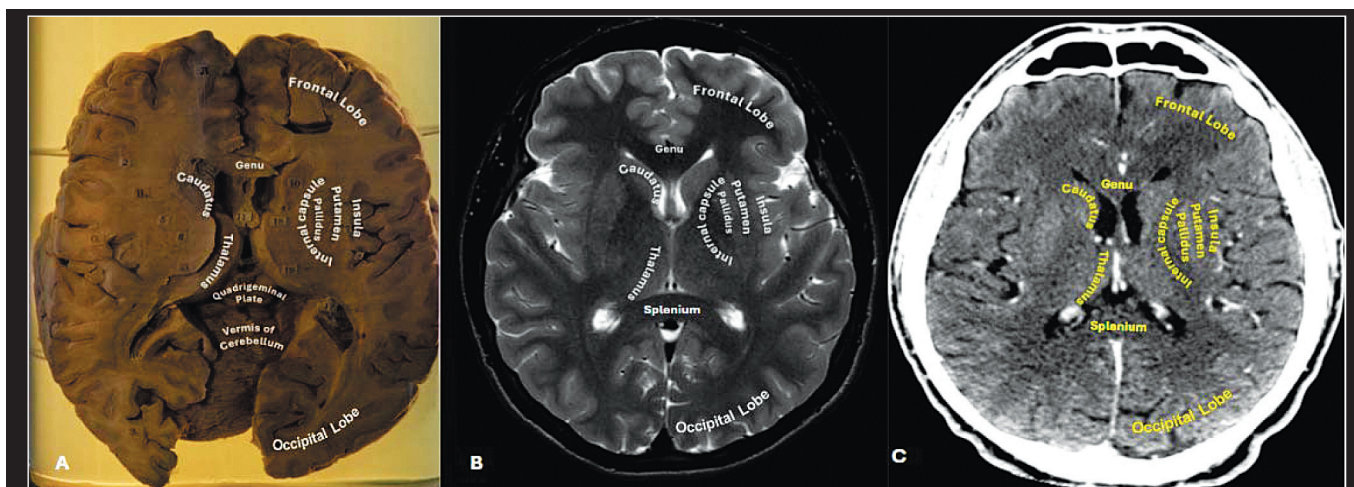


**Рисунок 1.** Сагітальний розпил голови, головний мозок у стріловій площині

Макроскопічний анатомічний препарат *ex vivo* (a), магнітно-резонансна томографія головного мозку SE T1W MR (b) і комп'ютерна томограма головного мозку з контрастним підсиленням (c), з візуалізацією стовбура мозку (довгастий мозок, міст, середній мозок), мозочка, проміжного мозку та третім шлуночком, частки і часточки головного мозку

**Figure 1. Sagittal section of the brain**

Macroscopic anatomic *ex vivo* specimen (a), brain magnetic resonance imaging (SE T1W MR) (b) and contrast-enhanced brain computed tomography (c) depicting brainstem (medulla, pons, midbrain), cerebellum, diencephalon and the third ventricle, lobes and lobules of the brain



**Рисунок 2.** Аксіальний зріз головного мозку на рівні базальних ядер

Макроскопічний анатомічний препарат *ex vivo* (a), магнітно-резонансне зображення TSE T2W MR (b), комп'ютерна томограма головного мозку з контрастним посиленням (c), з візуалізацією базальних гангліїв, смугастого тіла (хвостате ядро і лущина) і біла куля; частини мозолистого тіла (коліно і валик), частки головного мозку

**Figure 2. Axial section of the brain at the level of basal ganglia**

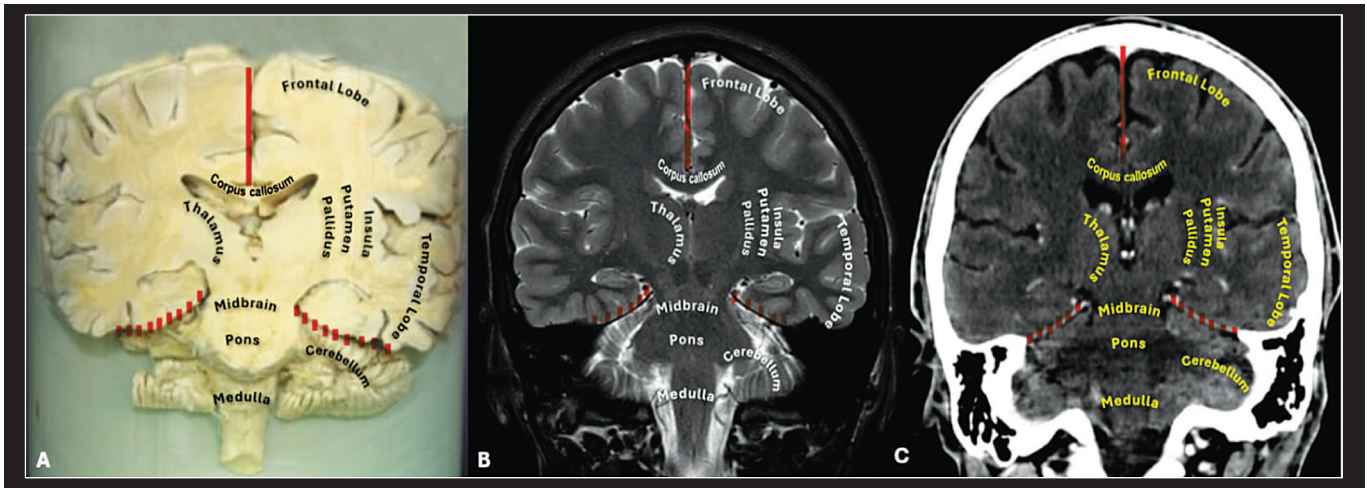
Macroscopic *ex vivo* specimen (a), magnetic resonance image (TSE T2W MR) (b), contrast-enhanced brain computed tomography (c) showing basal ganglia, with corpus striatum (nucleus caudatus and putamen), globus pallidus; parts of Corpus callosum (genu and splenium), lobes of the brain

**Переваги інтеграції радіологічних зображень**

1. Неінвазивна візуалізація: КТ і МРТ дозволяють неінвазивно візуалізувати нейроанатомічні структури у пацієнтів при житті (*in vivo*). Ця можливість має вирішальне значення для діагностики та моніторингу неврологічних захворювань без інвазивних процедур, забезпечуючи динамічне уявлення про структуру та функції мозку в реальному часі.

**Advantages of the integrating of radiological images**

1. Non-Invasive Visualization: CT and MRI enable the non-invasive visualization of neuroanatomical structures in living patients. This capability is crucial for diagnosing and monitoring neurological conditions without invasive procedures, providing real-time, dynamic insights into the brain's structure and function.



**Рисунок 3. Корональний розріз головного мозку**

Макроскопічний зразок головного мозку *ex vivo* (a), магнітно-резонансне зображення SE T1W MR (b), комп'ютерна томограма головного мозку з контрастним підсиленням (c) із зображенням базальних ядер, стовбура мозку, часток мозку; червона пряма лінія – проекція серпа головного мозку, червона пунктирна лінія – проекція намету мозочка

**Figure 3. Coronal section of the brain**

Macroscopic *ex vivo* specimen (a), magnetic resonance image (SE T1W MR) (b), contrast-enhanced brain computed tomography (c) visualizing basal nuclei, brainstem, lobes of the brain. A red straight line is a projection of the falx cerebri; a red dashed line is a projection of the tentorium cerebelli

2. Детальна анатомічна роздільна здатність: МРТ, зокрема, пропонує винятковий контраст м'яких тканин, дозволяючи диференціювати сіру та білу речовину, ідентифікувати дрібні анатомічні структури та виявляти тонкі патологічні зміни. Сучасні методи МРТ, такі як дифузійна тензорна візуалізація (DTI), дозволяють візуалізувати провідні шляхи білої речовини, забезпечуючи розуміння зв'язку у мозку.

3. Покращене навчання та викладання: зображення КТ та МРТ є добрими освітніми інструментами, які надають студентам-медикам, резидентам та клініцистам приклади нейроанатомії з практики. Ці методи візуалізації допомагають подолати розрив між теоретичними знаннями та клінічною практикою, сприяючи глибшому розумінню анатомічних зв'язків і патофізіології.

4. Тривимірні реконструкції: вдосконалене програмне забезпечення для візуалізації дозволяє створювати тривимірні реконструкції нейроанатомічних структур. Цими моделями можна маніпулювати та досліджувати їх під різними кутами, з розумінням просторових взаємовідносин та допомагає у плануванні хірургічних втручань.

Постійний розвиток технологій КТ та МРТ обіцяє подальший прогрес у нейроанатомії. Такі методи, як ультрависокопольна МРТ і гібридна візуалізація (наприклад ПЕТ-МРТ), розширюють межі роздільної здатності та функціональної оцінки.

2. Detailed Anatomical Resolution: MRI, in particular, offers exceptional soft tissue contrast, allowing for the grey-white matter differentiation, identification of small anatomical structures, and detection of subtle pathological changes. Advanced MRI techniques, for example diffusion tensor imaging (DTI), provide the visualization of white matter tracts, offering insights into brain connectivity and integrity.

3. Enhanced Learning and Teaching: CT and MRI images are excellent educational tools, providing medical students, residents, and clinicians with real-life examples of neuroanatomy. These imaging modalities help to bridge the gap between theoretical knowledge and clinical practice, fostering a deeper understanding of anatomical relationships and pathophysiology.

4. Three-Dimensional Reconstructions: Advanced imaging software allows for the creation of three-dimensional reconstructions of neuroanatomical structures. These models can be manipulated and examined from various angles, offering a comprehensive view that enhances spatial understanding and aids surgical planning.

The continuous evolution of CT and MRI technology promises further advancements in neuroanatomy. Techniques such as ultra-high-field MRI and hybrid imaging (e.g., PET-MRI) are pushing the boundaries of resolution and functional assessment.



## ОБГОВОРЕННЯ

Порівняння зображень макроскопічних препаратів головного мозку *ex vivo* у порівнянні з сучасними радіологічними методами КТ і МРТ *in vivo* допомагають покращити знання з нейроанатомії. Ми продемонстрували наскільки простіше можна вивчити нейроанатомію, використовуючи зображення *in vivo*, отримані під час звичайних МРТ- і КТ-сканувань голови, порівнюючи радіологічні зображення з анатомічними макропрепаратами. Порівнюючи ці різні модальності, ми можемо забезпечити всебічне розуміння, яке буде корисним як на початку медичної кар'єри, так і досвідченим практикам. Зображення головного мозку в аксіальній, корональній, сагітальній проєкціях КТ та МРТ у порівнянні з макроскопічними зразками головного мозку *ex vivo* показали важливість заповнення розриву між морфологічною наукою і клінічною практикою [7]. Ранній доступ до радіологічної анатомії важливий для наступних поколінь лікарів, що дозволяє їм проходити практичні заняття з радіологічної анатомії під час вивчення анатомії.

Окрім цього, наведені приклади підкреслюють важливість раннього доступу до вивчення радіологічної анатомії та патології для нових поколінь лікарів [3]. Медичні навчальні заклади повинні розглянути питання про впровадження практичних занять з радіологічної анатомії під час викладання анатомії [8–9]. Така інтеграція дозволить студентам одночасно вивчати традиційні методи розтину та сучасну інтерпретацію зображень, сприяючи більш цілісному розумінню нейроанатомії.

Вивчення анатомії людини є наріжним каменем усієї медицини і часто є важким у запам'ятовуванні тисячі структур, які потрібно вивчити, візуалізувати тощо. Навіть у наш час анатомію людини класично вивчають за допомогою анатомічних малюнків і трупного матеріалу; водночас останнє є більш складним через обмеження на використання людських тіл та органів у багатьох країнах.

## ВИСНОВКИ

Інтеграція радіологічних зображень у дослідження нейроанатомії є значним прогресом у медичній науці. Методи КТ і МРТ забезпечують деталізацію, функціональні знання та освітню цінність, що робить їх незамінними інструментами в сучасній нейрорадіології. Цей короткий звіт закликає включити радіологію в процес вивчення анатомії, сприяючи майбутнім лікарям у кращому розумінні анатомії та впровадженні клінічної дисципліни на ранніх стадіях.

## DISCUSSION

Illustrated brain anatomy as macroscopic specimen *ex vivo*, compared to modern *in vivo* techniques CT and MRI, navigates and refreshes the knowledge in neuroanatomy. We demonstrated how easy it can be to learn neuroanatomy using *in vivo* pictures obtained from routine MR and CT scans, integrating radiological images with pictures of human specimens. By comparing these different modalities, we can provide a comprehensive understanding that benefits both novice and seasoned practitioners. Examples of axial, coronal, sagittal brain CT, and brain MRI compared to *ex vivo* macroscopic brain specimens showed the importance of filling the gap between morphological sciences and clinical practice [7]. Early access to radiological anatomy is important for the next medical generations, allowing them to implement practical radiological anatomy sessions during anatomy teaching.

Furthermore, these examples underscore the importance of early access to radiological study of anatomy and pathology for new generations of physicians [3]. Medical schools should consider implementing practical radiological anatomy sessions during anatomy teaching [8–9]. Such integration would allow students to simultaneously learn traditional dissection techniques and modern imaging interpretation, fostering a more holistic understanding of neuroanatomy.

Learning human anatomy is a cornerstone of the entire medicine degree; this study is often perceived as stressful and hard to pass due to thousands of structures to memorize, visualize, etc. Even in our times, human anatomy is classically studied using anatomical drawings and cadaveric specimens; the latter is also more challenging due to restrictions on using human bodies and organs in many countries.

## CONCLUSIONS

The integration of radiology images into the study of neuroanatomy represents a significant advancement in medical science. CT and MRI imaging modalities provide unparalleled detail, functional insights, and educational value, making them indispensable tools in modern neuroradiology. This short report would call for everyone to make a better effort to include radiology during anatomy studies, helping future physicians better understand anatomy and recognize this clinical discipline early on.

### Фінансування

Автори заявляють, що під час підготовки цього рукопису не було отримано коштів, грантів чи іншої підтримки.

### Подяка

Автори висловлюють подяку професору Лесі Матешук-Вацебі, завідувачці анатомічного музею кафедри нормальної анатомії Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, а також усім співробітникам музею за збереження анатомічних зразків і допомогу у фотографуванні (особливо пану Юрію Фар'яну та фотографу пані Маргариті Дзюбан).

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Surgical training on ex vivo ovine model in otolaryngology head and neck surgery: a comprehensive review / M. Fermi, F. Chiari, F. Mattioli, et al. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022. Vol. 19, no. 6. P. 3657. doi:10.3390/ijerph19063657.
2. Pukenas B. Normal brain anatomy on magnetic resonance imaging. *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2011. Vol. 19, no. 3. P. 429-37, vii. doi: 10.1016/j.mric.2011.05.015. Erratum in: *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* 2015. Vol. 23, no. 2. P. xix. PMID: 21816323.
3. Implications of introducing case based radiological images in anatomy on teaching, learning and assessment of medical students: a mixed-methods study / R. Rathan, H. Hamdy, S. E. Kassab et al. *BMC Med. Educ.* 2022. Vol. 22, no. 1. P. 723. doi:10.1186/s12909-022-03784-y.
4. Hoch M. J., Shepherd T. M. MRI-visible anatomy of the basal ganglia and thalamus. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2022. Vol. 32, no. 3. P. 529-541. doi:10.1016/j.nic.2022.05.003
5. Vachha B. A., Massoud T. F., Huang S. Y. Anatomy of the cerebral cortex, lobes, and cerebellum. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2022. Vol. 32, no. 3. P. 463-473. doi:10.1016/j.nic.2022.04.008.
6. Predictive molecular pathology after prolonged fixation: A study on tissue from anatomical body donors / A. Bockers, L. Schurr, M. Schon et al. *Exp. Mol. Pathol.* 2024. Vol. 137. P. 104899. doi:10.1016/j.yexmp.2024.104899.
7. Imaging assessment of deep neck spaces infections: an anatomical approach / S. Caprioli, A. Tagliafico, M. Fiannacca et al. *Radiol. Med. (Torino)*. 2023. Vol. 128, no. 1. P. 81-92. doi:10.1007/s11547-022-01572-8.
8. Factors influencing the commitment of students to radiology as a career choice during medical school education / S. Ali, H. D. Vines, S. Y. Lensing et al. *Acad. Radiol.* 2021. Vol. 28, no. 8. P. 1174-1178. doi:10.1016/j.acra.2020.07.025.

### Funding

The authors declare that no funds, grants, or other support were received during the preparation of this manuscript.

### Acknowledgement

The authors acknowledge Prof. Lesya Mateshuk-Vatseba, chief of the Anatomical Museum, Department of Normal Anatomy, Danylo Halytsky Lviv National Medical University and all the museum staff for preserving anatomical specimens and assistance in taking images (especially Mr. Yuriy Faryan and photographer Mrs. Margaryta Dziuban).

### Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

### REFERENCES

1. Fermi M, Chiari F, Mattioli F, Bonali M, Molinari G, Alicandri-Ciuffelli M, et al. Surgical training on ex vivo ovine model in otolaryngology head and neck surgery: a comprehensive review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(6):3657. doi: 10.3390/ijerph19063657.
2. Pukenas B. Normal brain anatomy on magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2011;19(3):429-37, vii. doi: 10.1016/j.mric.2011.05.015. Erratum in: *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2015;23(2):xix. PMID: 21816323.
3. Rathan R, Hamdy H, Kassab SE, Salama MNF, Sreejith A, Gopakumar A. Implications of introducing case based radiological images in anatomy on teaching, learning and assessment of medical students: a mixed-methods study. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):723. doi: 10.1186/s12909-022-03784-y.
4. Hoch MJ, Shepherd TM. MRI-visible anatomy of the basal ganglia and thalamus. *Neuroimaging Clin N Am*. 2022;32(3):529-541. doi: 10.1016/j.nic.2022.05.003
5. Vachha BA, Massoud TF, Huang SY. Anatomy of the cerebral cortex, lobes, and cerebellum. *Neuroimaging Clin N Am*. 2022;32(3):463-473. doi: 10.1016/j.nic.2022.04.008.
6. Bockers A, Schurr L, Schon M, Scholl T, Bockers TM, Steinestel K, Arndt A. Predictive molecular pathology after prolonged fixation: A study on tissue from anatomical body donors. *Exp Mol Pathol*. 2024;137:104899. doi: 10.1016/j.yexmp.2024.104899.
7. Caprioli S, Tagliafico A, Fiannacca M, Borda F, Picasso R, Conforti C, et al. Imaging assessment of deep neck spaces infections: an anatomical approach. *Radiol Med (Torino)*. 2023;128(1):81-92. doi: 10.1007/s11547-022-01572-8.
8. Ali S, Vines HD, Lensing SY, Ram R, Chang D, Deloney LA, Kenney PJ. Factors influencing the commitment of students to radiology as a career choice during medical school education. *Acad Radiol*. 2021;28(8):1174-1178. doi: 10.1016/j.acra.2020.07.025.



9. Phillips A. W., Smith S. G., Straus C. M. The role of radiology in pre-clinical anatomy: a critical review of the past, present, and future. *Acad. Radiol.* 2013. Vol. 20, no. 3. P. 297-304.e1. doi:10.1016/j.acra.2012.10.005.
9. Phillips AW, Smith SG, Straus CM. The role of radiology in preclinical anatomy: a critical review of the past, present, and future. *Acad Radiol.* 2013;20(3):297-304.e1. doi: 10.1016/j.acra.2012.10.005.

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Підвальна Уляна Євгенівна**, доктор мед. наук, доцент кафедри нормальної анатомії медичного факультету №1, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7360-8111>

**Мірчук Маріанна Зіновіївна**, асистент кафедри променевої діагностики факультету післядипломної освіти, Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна. Лікар-радіолог, Україно-Польський центр серця «Львів», м. Львів, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1253-1776>

**Дженнаро Д'Анна**, лікар, нейрорадіолог, ASST Ovest Milanese, відділення нейровізуалізації, Леньяно (Мілан), Італія; Centro Diagnostico Italiano S.p.A., Відділ діагностичної візуалізації та стереотаксичної радіохірургії, Мілан, Італія

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9890-9359>

### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Uliana Y. Pidvalna**, MD, Ph. D., D. Sci., Associate Professor of the Department of Normal Anatomy of the Medical Faculty № 1, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7360-8111>

**Mirchuk Marianna Zinoviivna**, Assistant Professor, Department of Radiation Diagnostics, Faculty of Postgraduate Education, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine. MD, Radiologist, Ukrainian-Polish Heart Center «Lviv», Lviv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1253-1776>

**Gennaro D'Anna**, MD, radiologist, ASST Ovest Milanese, Neuroimaging Unit, Legnano (Milan), Italy; Centro Diagnostico Italiano S.p.A., Department of Diagnostic Imaging and Stereotactic Radiosurgery, Milan, Italy

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9890-9359>

*Стаття надійшла до редакції 23.10.2024*

*Received: 23.10.2024*