

УДК 611:61(091):616-073

Г.О. Берестовий¹, О.Ф. Турський², З.С. Мартинова², О.Е. Вінниченко²,
О.О. Берестовий³

Пироговська «Ice Anatomy» («Льодяна анатомія») – попередниця сучасної променевої візуалізації

¹ПВНЗ «Київський медичний університет», Україна

²Національний музей-садиба М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

³Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Paediatric Surgery (Ukraine). 2026. 2(91): 9-23. doi: 10.15574/PS.2026.2(91).923

For citation: Berestovyy HO, Turskyi OF, Martynova ZS, Vinnychenko OE, Berestovyy OO. (2026). Pirogov's «Ice Anatomy» as a precursor of modern radiological imaging. Paediatric Surgery (Ukraine). 2(91): 9-23. doi: 10.15574/PS.2026.2(91).923.

Висвітлено історичний розвиток анатомічних досліджень та їхній зв'язок із сучасною медичною візуалізацією. Протягом тисячоліть спроби лікарів «побачити» патологічний осередок до початку лікування залишалися суб'єктивними й залежали від уяви та досвіду.

Мета – концептуально й історично обґрунтувати метод «льодяної анатомії» М.І. Пирогова як предтечу сучасної медичної візуалізації; описати її актуальність для інтерпретації променевих зображень.

Матеріали і методи. Проведено ретроспективно-порівняльне якісне описово-аналітичне дослідження. Опрацьовано матеріали постійної експозиції та фондів Національного музею-садиби М.І. Пирогова, оригінальні й факсимільні анатомічні атласи, авторські рисунки, архівні документи й цифрові копії видання «Anatome topographica» (1852–1859). Історичні анатомічні зрізи зіставлено із сучасними зображеннями комп'ютерної томографії (КТ) і магнітно-резонансної томографії (МРТ) в аксіальній, фронтальній і сагітальній площинах. Оцінено просторові орієнтири, взаємовідношення органів, лінії зрізів і деталізацію анатомічних структур.

Результати. Встановлено виразну морфологічну і проєкційну відповідність між серійними розпилами замороженого людського тіла за М.І. Пироговим і сучасними КТ- і МРТ-зображеннями. Метод заморожування, послідовного розпилювання в трьох взаємно перпендикулярних площинах і точного графічного відтворення структур забезпечував збереження природних просторових співвідношень органів. За результатами порівняння зрізів голови, грудної та черевної порожнин, кінцівок і суглобів описано концептуальну спорідненість пироговського пошарового підходу з принципами сучасної томографії, багатоплощинної реконструкції та тривимірної візуалізації.

Висновки. «Льодяна анатомія» М.І. Пирогова є важливою методологічною передумовою сучасної медичної візуалізації. Серійне відтворення анатомічних структур у трьох площинах вказує на принцип просторового клініко-анатомічного мислення, що залишається актуальним для інтерпретації КТ і МРТ, підготовки радіологів і хірургів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: М.І. Пирогов, льодяна анатомія, топографічна анатомія, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, патологічна анатомія.

Pirogov's «Ice Anatomy» as a precursor of modern radiological imaging

H.O. Berestovyy¹, O.F. Turskyi², Z.S. Martynova², O.E. Vinnychenko², O.O. Berestovyy³

¹Private Higher Educational Institution «Kyiv Medical University», Ukraine

²National Pirogov Memorial Estate Museum, Vinnytsia, Ukraine

³Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

The article examines the historical evolution of anatomical research and its relationship to contemporary medical imaging. For centuries, attempts by physicians to visualize pathological foci prior to treatment remained subjective and dependent on individual imagination and clinical experience.

In memory of the scientist

Aim – to provide a conceptual and historical justification of M.I. Pirogov's «Ice Anatomy» as a precursor of modern medical imaging and to demonstrate its relevance for the interpretation of radiological images.

Materials and methods. A retrospective comparative qualitative descriptive-analytical study was conducted. Materials from the permanent exhibition and archives of the National Pirogov Memorial Estate Museum, original and facsimile anatomical atlases, author's drawings, archival documents, and digital copies of *Anatome topographica* (1852–1859) were analyzed. Historical anatomical sections were compared with modern computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) images in axial, coronal, and sagittal planes. Spatial landmarks, organ relationships, section levels, and the detail of anatomical structures were assessed.

Results. A marked morphological and projectional correspondence was identified between serial sections of frozen human bodies prepared by M.I. Pirogov and modern CT and MRI images. Freezing, sequential sectioning in three mutually perpendicular planes, and accurate graphic reproduction preserved the natural spatial relationships of anatomical structures. Comparisons of sections of the head, thoracic and abdominal cavities, extremities, and joints demonstrated the conceptual similarity of Pirogov's layer-by-layer approach to the principles of modern tomography, multiplanar reconstruction, and three-dimensional visualization. The historical sections reproduced key topographic relationships that remain fundamental to the interpretation of contemporary radiological images.

Conclusions. M.I. Pirogov's «Ice Anatomy» represents an important methodological precursor of modern medical imaging. Serial representation of anatomical structures in three planes established a principle of spatial clinical-anatomical thinking that remains relevant to CT and MRI interpretation and to the education of radiologists and surgeons.

The authors declare no conflict of interest.

Keywords: M.I. Pirogov, ice anatomy, topographic anatomy, computed tomography, magnetic resonance imaging, pathological anatomy.

Вступ

Візуалізація патологічного осередка до початку лікування є ключовою передумовою обґрунтованого клінічного рішення. Протягом тисячоліть такі спроби залишалися переважно суб'єктивними, залежними від уяви і практичного досвіду лікаря. Лише поступове накопичення анатомічних зображень – від ренесансних рисунків до систематизованих атласів – привело до формування вимоги точного тривимірного відтворення просторових співвідношень органів. У цьому контексті «Людська анатомія» М.І. Пирогова стала методологічним зламом: серійні розпили заморожених тіл у трьох взаємно перпендикулярних площинах забезпечили об'єктивне, відтворюване уявлення про топографію органів у природному положенні. Наукова новизна полягає в переосмисленні історичних технік як інтелектуальних попередників сучасних мультиплосчинних реконструкцій, комп'ютерної (КТ) і магнітно-резонансної томографії (МРТ), а також у демонстрації прямої спадковості між пироговськими зрізами та сучасними аксіальними, фронтальними й сагітальними проєкціями, що й нині визначають інтерпретацію променевих зображень.

Перші ілюстрації поперечних і поздовжніх розрізів органів трапляються вже в XVI ст.: праці А. Везалія (1555) із зображеннями мозку, серця, ока. Андреас Везалій (1514–1564) – видатний анатом доби Відродження, який докорінно змінив уявлення про будову людського тіла. Його головна праця «De Humani Corporis Fabrica» уперше побачила світ 1543 р., а друге (розширене) видання вийшло 1555 р. У семи книгах описано надзвичайно точні гравюри, створені, ймовірно, митцями майстерні Тиціана. Ве-

залій уперше систематично застосував горизонтальні й коронарні розрізи мозку, спростував помилки Галена, зокрема, міф про rete mirabile. Детально описав серце, показавши клапани, коронарні судини й відкинувши уявлення про отвори між шлуночками. Також учений виконав перші поперечні розрізи ока, порівнявши його структуру з космосом [29]. Його дослідження заклали фундамент сучасної анатомії й остаточно відійшли від античних догм – Револьюційний підхід Везалія до анатомії людини [26].

Значний внесок в анатомію зробив Бартоломео Євстахій (Eustachi) (1564). У роботі «De dissensionibus ac controversiis anatomicis» (1564) автор проаналізував анатомічні суперечки XVI ст., критикуючи помилки сучасників. Після смерті Євстахія були опубліковані «Tabulae anatomicae» (1714) із детальними ілюстраціями, що ґрунтуються на його дослідженнях XVI ст. Вони вмістили зображення нирок, серця та слухового апарату. Євстахій першим описав слухову трубу (відому як євстахієва труба), наднирники та клапан нижньої порожнистої вени [8,15].

Дослідження (наприклад, Glomski та Heirs of Hippocrates) підкреслили його роль у розвитку анатомії, зокрема, через точність і наукову критику.

У літературі є посилання на роботи А. Паре (видання 1607) про відтворення поперечних зрізів мозку. З іншого боку, «The Anatomy of the Brain» Томаса Вілліса (1664) є фундаментальною працею, що заклала основи сучасної нейроанатомії. Хоча Вілліс критично оцінював попередні дослідження, зокрема Галена, він водночас спирався на напрацювання інших анатомів, серед яких і Амбруаз Паре, чиї ідеї залишалися впливовими після його смерті у 1590 р.

У своїй праці Вілліс систематизував будову мозку та детально описав артеріальне коло, що нині відоме як коло Вілліса, уперше застосував термін «неврологія» і дослідив черепні нерви. Він використовував інноваційні методи, наприклад, ін'єкції фарб для візуалізації судин [16,17].

Розрізи черепа, ока, вуха, матки в Леонардо да Вінчі. Взагалі Леонардо да Вінчі (1452–1519) залишив унікальну спадщину анатомічних досліджень, серед яких особливе місце посіли детальні розрізи черепа, ока, вуха та матки. Спираючись на власні розтини людських тіл, він створив точні малюнки в трьох проекціях, поєднуючи мистецтво та наукову точність. У зображеннях черепа Леонардо вперше показав його просторову структуру, пазухи, шви та взаємне розташування мозкових оболонок. У дослідженнях ока він застосував поперечні розрізи для демонстрації сітківки, рогівки і кришталіка, розглядаючи око як «оптичну камеру» й детально описуючи шлях світла до сітківки. Вивчаючи вухо, Леонардо схематично відтворив зовнішній і середній слухові проходи, евстахієву трубу та внутрішнє вухо, наголошуючи на механізмах сприйняття звуку. Його малюнки матки з плодом на різних стадіях вагітності вражають точністю: він відтворив плаценту, пуповину та амніотичну оболонку, спостерігаючи положення плода. Ці розрізи демонструють не лише художню майстерність Леонардо, але і його прагнення до наукового пізнання, що випереджало час і вплинуло на розвиток анатомії та медичної ілюстрації [2,5,6,19,27].

Наступним великим дослідником був Хуан Вальверде де Амуско (близько 1525–1588) – іспанський анатом епохи Відродження, автор праці «Historia de la composicion del cuerpo humano», виданої 1556 р. в Римі. Цей анатомічний атлас став одним із найвпливовіших у XVI ст. та поєднав відкриття Андреаса Везалія з розвитком європейської анатомії. Навчаючись в Італії, Вальверде творчо переосмислив праці Везалія [14]. Його трактат, написаний іспанською мовою, зробив новітні анатомічні знання доступними для широкого кола лікарів і студентів. Атлас містить понад сорок детальних мікроскопічних гравюр, виконаних художником Гаспаре Остіо. Частину ілюстрацій він запозичив із «De Humani Corporis Fabrica» Везалія, але значно вдосконалив, уточнивши пропорції та деталізувавши м'язи, внутрішні органи й нервову систему. Вальверде додав і власні спостереження, описав низку дрібних анатомічних структур, уточнив топографію серця, судин, органів дихання та сечостатевої системи, а також підкреслив індивідуальні варіації будови

органів. Його праця неодноразово перевидавалася італійською і латинською мовами, тривалий час залишаючись важливим навчальним посібником у медичних школах Європи та Латинської Америки. А отже, також могла бути розглянута М.І. Пироговим для стандартизації звичного для Європи типу викладення матеріалу.

Не можна недооцінити роль Адріана ван ден Спігеля в становленні методології анатомічних досліджень, що лягли в основу формування розуміння щодо топографічної анатомії. Адріан ван ден Спігель (Adriaan van den Spiegel, лат. Adrianus Spigelius; 1578–1625) був видатним фламандсько-італійським анатомом та одним із провідних представників Падуанської медичної школи початку XVII ст. Його діяльність мала ключове значення для становлення топографічної анатомії та поглиблення знань про взаєморозташування органів людського тіла [7]. Спігель навчався й працював у Падуї, де виконував обов'язки професора анатомії та хірургії після Габріеле Фаллопія та Ієроніма Фабріція. Він поєднував детальне препарування з ретельними клінічними спостереженнями, що дало змогу систематизувати анатомічні знання та підготувати ґрунт для розвитку топографічної анатомії як окремої дисципліни. У найвідомішій його праці «De humani corporis fabrica libri decem» (опублікованій посмертно 1627 р.) наведено нові й точні описи будови органів, м'язових фасцій і судин, особливо черевної порожнини і грудей. У ній уперше детально описано печінкові сегменти і складні взаємини очеревини. Спігель увів до медичного словника низку термінів, зокрема, «лінія Спігеля» (aponeurosis linea semilunaris), що й досі вживається в хірургії. Завдяки поєднанню анатомічних розтинів, точних малюнків і клінічного підходу, Спігель заклав підвалини сучасної топографічної анатомії та вплинув на наступні покоління анатомів і хірургів у Європі.

У XVIII ст. А. Галлер (Albrecht von Haller) (1743) опублікував поздовжні розрізи черепа і носових ходів [23].

А.Т. Земмерінг точно окреслив серединний розріз мозку [11].

Ф. Вік-д'Азір (1786) систематизував множинні розпили в різних напрямках. У 1786 р. Фелікс Вік-д'Азір опублікував працю «Traité d'anatomie et de physiologie», що стала важливою віхою в розвитку анатомії та нейронауки. Він одним із перших систематично застосував коронарні і горизонтальні розрізи мозку, детально описавши структури на кшталт субстанції нігри, червоного ядра та центру напівовалу, а також відкрив пучок, нині відомий як тракт Вік-

In memory of the scientist

д'Азіра [4]. Учений розробив власний метод консервації зразків сумішшю спирту, селітри й соляної кислоти, що забезпечувало якісне збереження тканин і точні зрізи. Він також провів порівняльні анатомічні дослідження людини й тварин, заклавши основи теорії гомології. Його відкриття й детальні описи борозен і звивин мозку значно вплинули на розвиток нейроанатомії. На початку XIX ст. з'явилися детальні серії поперечних розпилів різних ділянок тіла (Е. Гушке, 1844). Водночас самі автори визнали обмеженість фрагментарних зрізів і потребу в повних серіях через усе тіло для топографічної анатомії.

Нижче нами описано методологічний міст між історичними анатомічними техніками та сучасними променевими технологіями, зосередившись на внеску М.І. Пирогова як концептуального попередника КТ/МРТ.

Мета дослідження – концептуально й історично обґрунтувати метод «льодяної анатомії» М.І. Пирогова як предтечу сучасної медичної візуалізації; описати її актуальність для інтерпретації променевих зображень.

Завдання дослідження:

1. Реконструювати еволюцію підходів до анатомічної візуалізації від ренесансних рисунків до серійних розпилів, окресливши їхні методологічні обмеження.

2. Проаналізувати технічні принципи пироговського методу (заморожування, тривимірні серії розпилів, метрична графічна фіксація) як механізм забезпечення просторової достовірності.

3. Порівняти інформаційний зміст пироговських зрізів із сучасними КТ/МРТ в аксіальній, фронтальній і сагітальній площинах; показати відповідність топографо-анатомічних орієнтирів.

4. Сформулювати висновки щодо спадкоємності між історичними анатомічними практиками та сучасною променевою діагностикою; окреслити перспективи використання історико-анатомічного матеріалу в освіті радіологів і хірургів.

Такий підхід показує, що об'єктивізація анатомічного зображення, започаткована М.І. Пироговим, є епістемологічною передумовою для виникнення та стандартизації сучасних технологій медичної візуалізації.

Об'єктом дослідження є Національний музей-садиба М. І. Пирогова (м. Вінниця, Україна) з його унікальними історико-медичними колекціями.

1. **Експонати постійної експозиції музею:** оригінальні та факсимільні анатомічні атласи М.І. Пирогова, авторські рисунки, зразки історичних інструментів, а також документальні матеріали, що

ілюструють процес створення праці «Ілюстрована топографічна анатомія розпилів, зроблених у трьох вимірах через заморожене людське тіло».

2. **Фонди музею:** архівні матеріали, у т.ч. високоякісні копії малюнків, робочі записи та текстові коментарі до атласів, які не представлені в постійній експозиції, але зберігаються в спеціальних умовах фондів.

Отже, об'єкт дослідження охоплює як експозиційні, так і фондові матеріали, що безпосередньо відображають наукову спадщину М.І. Пирогова.

Предметом дослідження є роль досліджень М.І. Пирогова в становленні сучасних методів медичної візуалізації, зокрема КТ і МРТ.

Більш розгорнуто предмет включає:

- аналіз авторських малюнків і таблиць із «Льодяної анатомії» з позицій їхньої топографічної точності та відповідності просторовим реконструкціям;
- вивчення текстових описів до рисунків з метою простежити підходи М.І. Пирогова до багатоплощинного відображення анатомічних структур;
- зіставлення цих історичних зображень і описів із сучасними результатами КТ і МРТ для виявлення морфологічних і проєкційних збігів;
- обґрунтування внеску «Льодяної анатомії» у формування принципів тривимірної медичної візуалізації та багатоплощинної реконструкції, які нині є базовими для радіологічної діагностики.

Дизайн дослідження. Дослідження мало ретроспективно-порівняльний характер і було побудоване як якісний описово-аналітичний проєкт. Головною метою було виявлення максимальних збігів між зображеннями з атласів М.І. Пирогова та сучасними візуалізаційними методами в медицині (КТ, МРТ).

Етап 1. Пошук і відбір матеріалів:

• Проведено систематичне опрацювання постійної експозиції та фондів Національного музею-садиби М.І. Пирогова.

• Відібрано оригінальні ілюстрації та супровідні описи з чотиритомного латиномовного видання «Ілюстрована топографічна анатомія...» (1852–1859) та пізніших перевидань.

Етап 2. Оцифрування та фіксація даних:

• Для отримання високоточної цифрової копії зображень і текстів застосовано копіювальну та сканувальну техніку професійного класу.

• Виконано фотозйомку експонатів із дотриманням музейних вимог до освітлення й збереження оригіналів.

• Усі скановані матеріали збережено у форматах TIFF та PDF для забезпечення максимальної роздільної здатності та аналітики.

Таблиця

Методологічні паралелі між методом «льодяної анатомії» М.І. Пирогова та сучасною КТ/МРТ

Етап	«Льодяна анатомія» М.І. Пирогова	Сучасна КТ/МРТ
Підготовка зразка	Заморожування тіл до $-18(-20)^{\circ}\text{C}$ для збереження анатомічних взаємовідношень [29]	Позиціонування пацієнта в томографі
Отримання даних	Механічне розпилювання замороженого тіла на зрізи товщиною 7–15 мм [15]	Реєстрація рентгенівського випромінювання (КТ) або радіочастотних сигналів (МРТ)
Реконструкція зображень	Ручне перенесення контурів анатомічних структур на прозорі носії з подальшим математичним контролем [29]	Комп'ютерна обробка та реконструкція цифрових даних
Тривимірна візуалізація	Порівняння серії зрізів у різних площинах для просторового відтворення органів [26]	Багатоплощинна та тривимірна реконструкція зображень (MPR, 3D)

Примітка: сформовано автором на основі праць М.І. Пирогова та сучасних принципів комп'ютерної і магнітно-резонансної томографії [15,26,29].

Етап 3. Обробка та аналіз цифрових копій:

• Первинну обробку (кольорокорекція, масштабування, сегментація зображень) здійснено з використанням програмного забезпечення Microsoft (Microsoft Office, OneNote, PowerPoint) та Apple (macOS Preview, Keynote, власні утиліти macOS).

• Для текстового аналізу використано функції розпізнавання символів (OCR) і редактори з підтримкою наукових посилань.

Етап 4. Порівняльна інтерпретація:

• Зіставлення анатомічних рисунків М.І. Пирогова з аксіальними, фронтальними та сагітальними зрізами сучасних КТ і МРТ зображень проведено за принципом максимального морфологічного збігу.

• Оцінено просторові орієнтири, співвідношення органів, лінії зрізів і деталізацію фасціальних структур.

• Для узагальнення отриманих результатів застосовано алгоритми штучного інтелекту (ШІ) для автоматизованого виявлення збігів і формування аналітичних таблиць.

Методи збору та обробки даних

• Збір даних: безпосередній огляд експонатів, фотокопіювання та сканування.

• Інструменти та програмне забезпечення:

- сканери з високою оптичною роздільною здатністю (не менше 1200 dpi);
- цифрові камери з макрооб'єктивами для фіксації дрібних деталей;
- програми Microsoft (Word, Excel, PowerPoint) та Apple (Preview, Pages) для структурованого зберігання та первинної обробки;
- пакети ШІ-аналізу з функціями розпізнавання зображень та побудови порівняльних 3D-моделей.

Узагальнення результатів проведено шляхом багатокритеріального порівняння історичних і сучасних зображень. Особливу увагу приділено:

• відповідності топографії мозку, грудної та черевної порожнини;

• точності відтворення дрібних анатомічних структур;

• потенційному впливу методів М.І. Пирогова на принципи мультипланарної реконструкції (MPR), об'ємного рендерингу (VRT), проєкцій максимальної (MIP) та мінімальної (MinIP) інтенсивності.

Вплив «Льодяної анатомії» М.І. Пирогова на розвиток КТ і МРТ

У середині XIX ст. Микола Іванович Пирогов здійснив справжній прорив у вивченні топографічної анатомії, створивши метод «льодяної анатомії» – систематичного дослідження заморожених людських тіл у трьох взаємно перпендикулярних площинах. Його фундаментальна праця «Anatomia topographica» (1852–1859) містить понад 900 детальних зрізів і є першим впорядкованим описом тривимірного анатомічного простору. Суть методу полягає в заморожуванні трупів до температури приблизно -18°C для збереження природних просторових відношень органів, механічному розпилюванні на тонкі пласти товщиною 7–15 мм і точному перенесенні контурів на розліноване скло чи папір. Цей «планарний» підхід передбачає аналіз анатомії шар за шаром, що напряму відповідає сучасним принципам КТ і МРТ, де зображення формуються з послідовних зрізів різної товщини та поєднуються в багатоплощинні реконструкції (MPR). Для наочного представлення методологічної спадкоємності між методом «льодяної анатомії» М.І. Пирогова і сучасними томографічними технологіями доцільно порівняти основні етапи отримання анатомічного зображення. Як показано в та-

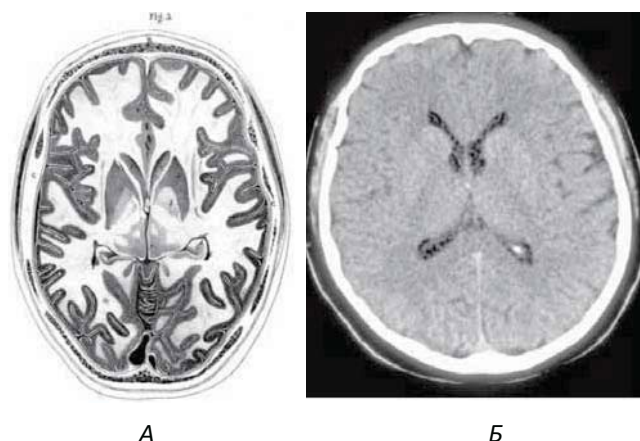


Рис. 1. Історична та сучасна візуалізація аксіального зрізу голови: А – анатомічний зріз голови з атласу «Льодяна анатомія» М.І. Пирогова; Б – сучасне аксіальне КТ-зображення головного мозку. Подібність зображень демонструє концептуальну спорідненість методу серійних анатомічних зрізів М.І. Пирогова із сучасною пошаровою медичною візуалізацією

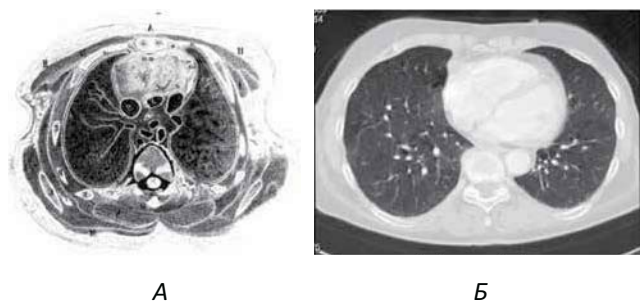


Рис. 2. Історична і сучасна візуалізація поперечного зрізу грудної клітки: А – розпил грудної клітки замороженого тіла людини за М.І. Пироговим на рівні шлуночків серця; Б – сучасне аксіальне КТ-зображення грудної порожнини на відповідному рівні

блиці, принцип пошарового аналізу тіла, реалізований М.І. Пироговим шляхом серійних розпилів заморожених препаратів, концептуально відповідає сучасному підходу КТ і МРТ, де просторове зображення формується на основі послідовних зрізів із подальшою багатоплощинною і тривимірною реконструкцією.

Хоча Іодфрі Гаунсфілд, винахідник КТ, не посилався безпосередньо на М.І. Пирогова, численні історичні огляди відзначають прототомографічний характер його праці. Зокрема, у статті [22] наголошується на дивовижній подібності літографій М.І. Пирогова до сучасних КТ-знімків як за якістю зображення, так і за методологією. У дослідженні [12,16,25] зазначено, що пироговські зрізи можна вважати «ручним попередником візуалізації томографічних перерізів».

Порівняння етапів «льодяної анатомії» з процесами сучасних томографій вказує на низку паралелей. Підготовка зразка в М.І. Пирогова (замороження) відповідає позиціонуванню пацієнта в сканері; отримання даних механічним розпилюванням подібне до використання рентгенівських променів у КТ чи радіочастотних імпульсів у МРТ; ручна реконструкція контурів – до комп'ютерної обробки сирих даних; а зіставлення зображень у різних площинах – до сучасної тривимірної візуалізації та багатоплощинної реконструкції (MPR). Пироговські атласи та процес сучасної томографії вирішують проблему дослідження глибинних структур без традиційного розтину, забезпечуючи високу просторову точність [10].

Важливим є і педагогічний аспект. Пироговські ілюстрації стали основою викладання анатомії розрізів, необхідної для інтерпретації томографічних зображень. Дослідження «Clinical Anatomy» (2000) показало, що студенти, які вивчали анатомію розрізів за методом Пирогова, досягали 100-відсоткової точності в розпізнаванні КТ-знімків порівняно з 63,4% у контрольній групі. Сучасні інтерактивні освітні платформи на кшталт «Pirogov Interactive Anatomy» і мобільні додатки відтворюють його принцип «пошарового навчання» та поєднують тривимірні моделі з реальними томографічними зрізами [1].

Отже, метод «льодяної анатомії» М.І. Пирогова більш ніж за століття до появи КТ і МРТ передбачив їхню концепцію і технологічні підходи. Його систематичне документування трьох основних анатомічних площин стало теоретичним підґрунтям для алгоритмів реконструкції томографічних зображень і досі слугує фундаментом як для медичної візуалізації, так і для підготовки лікарів-радіологів і хірургів.

Основні фактичні дані: таблиці, графіки, рисунки [25]. На рисунку 1 показано поперечний пироговський розпил (А) та КТ (Б) головного мозку в аксіальній площині. На першому зображенні видно позначення, зроблені рукою М.І. Пирогова: хвостаті ядра, частини сочевицеподібного ядра, внутрішню й зовнішню капсули, передні ніжки зводу, ріг бічного шлуночка, гіпокамп, зорові горби, мозочок. Усі ці структури чітко ідентичні на рисунку 16.

Візуальна подібність між анатомічними зрізами М.І. Пирогова та сучасними томографічними зображеннями особливо наочно простежується при порівнянні аксіальних зрізів голови (рис. 1).

З неменшою точністю представлені розпили грудної клітки (рис. 2), Пироговський розпил грудної клітки замороженого тіла людини виконаний на рів-

ні шлуночків серця (А) і КТ грудної порожнини на тому самому рівні (Б).

Ілюстрації розрізів з оригінального атласу М.І. Пирогова «Anatomia topographica» (1852–1859). Зображення КТ «Зрізи голови і мозку (трансмисальні та корональні перерізи)» порівняно з малюнками М.І. Пирогова «Зрізи голови і мозку (трансмисальні та корональні перерізи)» (рис. 4 і 5).

Коронарний (фронтальний) зріз КТ голови. КТ та МРТ зріз і порівняння з малюнком пироговського зрізу наведено на рисунку 6.

У межах цього дослідження проаналізовано архівні цифрові копії оригінального видання праці М.І. Пирогова «Anatome topographica: sectionibus per corpus humanum congelatum triplici directione ductis illustrata» – фундаментального атласу, присвяченого топографічній анатомії розпилів замороженого людського тіла. Використані матеріали походять з оцифрованих примірників, наданих U.S. National Library of Medicine – Національною медичною бібліотекою США, яка історично розвинулася з колекцій Armed Forces Medical Library – Медичної бібліотеки Збройних сил США. У відкритому цифровому архіві ці матеріали представлені як частина колекцій U.S. National Library of Medicine, Medical Heritage Library та Medical Library; контриб'ютором зазначено саме U.S. National Library of Medicine. Аналіз архівного видання дає змогу не лише реконструювати структуру атласу, але й простежити логіку, за якою Пирогов послідовно описував анатомічні структури в трьох взаємно перпендикулярних площинах. Саме тому подальший розгляд текстових описів до рисунків є важливим для розуміння того, як у середині XIX ст. сформовано принцип багатоплощинного анатомічного мислення, що концептуально наближається до сучасних підходів КТ і МРТ.

Нижче проаналізовано текстові описи до рисунків з метою простежити підходи М.І. Пирогова до багатоплощинного відображення анатомічних структур [21].

Атлас складається з чотирьох частин. Кожна частина має три випуски: перший позначений тільки порядковим номером, другий – літерою «А», третій – «В».

Випуск 1. Розпили голови, шиї та хребетного стовпа, проведені в трьох вимірах (тут і далі переклад III) (рис. 7).

Під час вивчення розпилів голови основною метою було максимально точно відтворити форму, межі та просторове розташування черепної порожнини, а також порожнин, у яких містяться органи

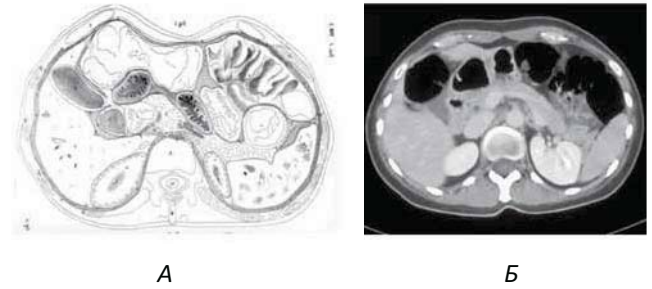


Рис. 3. Пироговський розпил замороженого тіла людини, виконаний на рівні верхнього відділу черевної порожнини (А) і комп'ютерна томограма черевної порожнини на тому самому рівні (Б)

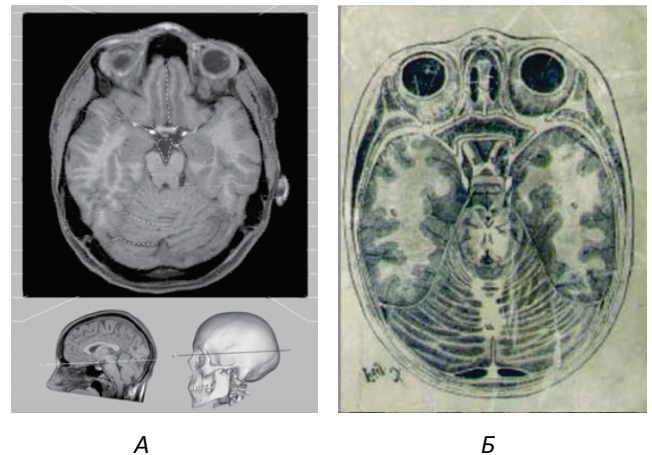


Рис. 4. Порівняння трансмісального зрізу голови за М.І. Пироговим із сучасним томографічним зображенням головного мозку: А – сучасне трансмісальне зображення головного мозку з анатомічним маркуванням основних структур; Б – трансмісальний анатомічний зріз голови з оригінального атласу М.І. Пирогова «Anatomia topographica» (1852–1859). Зіставлення демонструє високу відповідність просторової організації мозкових структур на історичному анатомічному розпилі та сучасному томографічному зображенні

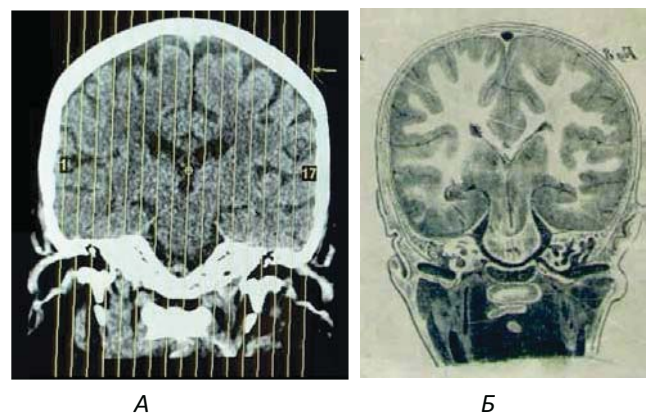


Рис. 5. Корональний зріз голови: сучасна КТ-візуалізація та анатомічний розпил за М.І. Пироговим: А – корональне КТ-зображення голови з розміткою серійних зрізів; Б – корональний зріз голови з атласу М.І. Пирогова «Anatomia topographica» (1852–1859)

In memory of the scientist

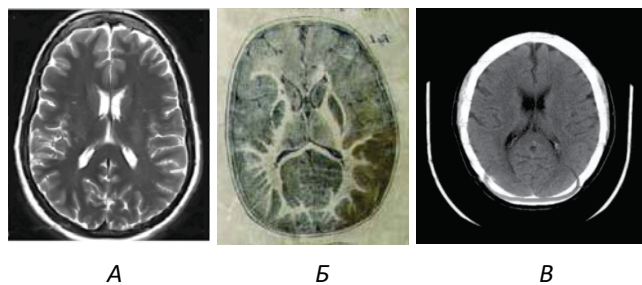


Рис. 6. Порівняння аксіальних томографічних зображень головного мозку з анатомічним зрізом за М.І. Пироговим: А – сучасне МРТ-зображення головного мозку в аксіальній площині з анатомічним маркуванням основних структур; Б – анатомічний зріз голови з атласу М.І. Пирогова «Anatomia topographica» (1852–1859); В – сучасне аксіальне КТ-зображення головного мозку з позначенням основних анатомічних орієнтирів. Зіставлення демонструє відповідність просторової організації півкуль головного мозку, шлуночкової системи, серединних структур і кісток черепа на історичному анатомічному зрізі та сучасних променевих зображеннях

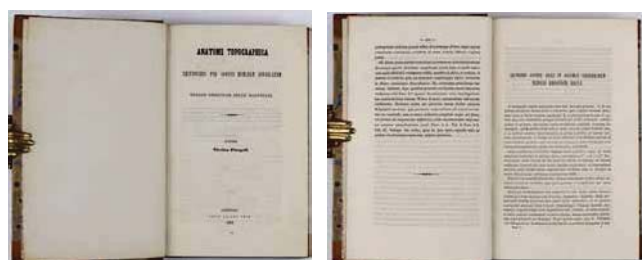


Рис. 7. Титульні сторінки першого випуску атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica» (1852–1859): А – титульна сторінка першого випуску атласу, присвяченого розпилам голови, шиї та хребетного стовпа, виконаним у трьох взаємно перпендикулярних площинах; Б – розворот оригінального латиномовного тексту атласу. Переклад фрагментів тексту виконано із застосуванням інструментів штучного інтелекту

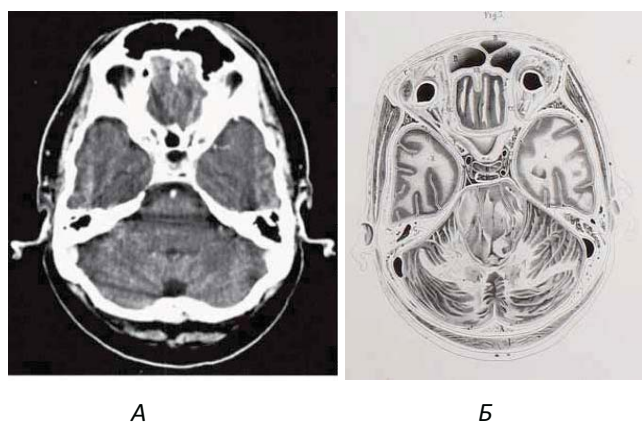


Рис. 8. Аксіальний зріз голови на рівні основи черепа: сучасна КТ-візуалізація та анатомічний розпил за М.І. Пироговим: А – аксіальне КТ-зображення голови; Б – поперечний анатомічний зріз голови з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica»

чуття. Особливу увагу приділено взаємному розташуванню структур головного мозку, його вузлів і шлуночкової системи.

Важливим завданням було також показати природне положення, напрямок і межі анатомічних ходів, ямок і пазух, що мають суттєве значення для діагностування захворювань і виконання хірургічних втручань. До таких структур належать, зокрема, носові ходи, лобова і верхньощелепна, або гайморова, пазухи.

Крім того, дослідження мало на меті продемонструвати поширену будову основних м'язів, судин і нервів голови, а також їхнє співвідношення з прилеглими ямками та порожнинами, зокрема, крилопіднебінною ямкою, порожниною рота та гортанню.

Для досягнення цієї мети заморожене тіло розпилювали в ділянці черепа в різних площинах. У поперечному напрямку розпили виконували від склепіння черепа до його основи, отримуючи численні диски завтовшки приблизно 3–5 паризьких дюймів. В інших випадках череп розсікали поздовжньо – від правого або лівого вуха до серединної лінії тіла – на тонкі пластини такої самої товщини. Також здійснювали розпили заморожених черепів у напрямку від кореня носа до потилиці, формуючи серії передніх і задніх зрізів.

Окремо, у деяких випадках після видалення склепіння черепа зі збереженням його основи, головний мозок разом з оболонками заморожували та розрізали на тонкі послідовні шари. Такий підхід дав змогу детально дослідити просторові взаємовідносини мозкових структур і прилеглих анатомічних утворень (рис. 8–12).

У другому випуску атласу М.І. Пирогов перейшов від опису голови, шиї та хребетного стовпа до поширеного аналізу грудної порожнини. Особливу увагу автор приділив саме поперечним розпилам, оскільки вони давали змогу послідовно простежити просторові взаємовідношення органів грудної клітки, стінок грудної порожнини, ребер, хрящів, міжреберних проміжків і хребтового стовпа. Такий підхід фактично створив анатомічну модель серійних аксіальних зрізів, близьку за логікою до сучасної КТ. У текстовому описі до цього випуску М.І. Пирогов детально пояснив техніку отримання паралельних пластин та анатомічні орієнтири, за якими читач міг інтерпретувати кожний окремих зріз грудної порожнини.

Ілюстрації з першої по двадцять четверту цього випуску показали зображення поперечних розпилів грудної порожнини, за допомогою яких ця ділянка тіла поділяється на верхній і нижній сегменти.

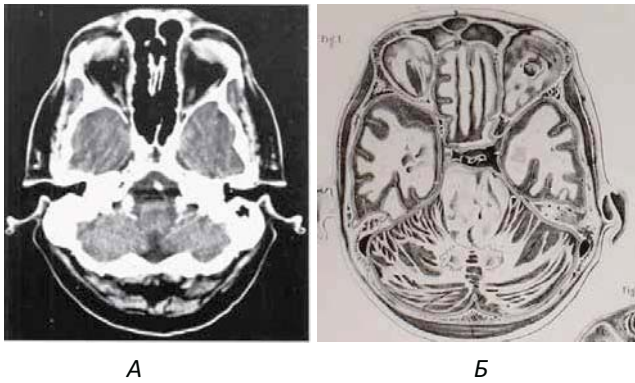


Рис. 9. Порівняння аксіального КТ-зображення голови з анатомічним зрізом за М.І. Пироговим на рівні очниць, порожнини носа та задньої черепної ямки: А – сучасне аксіальне КТ-зображення голови з візуалізацією орбіт, порожнини носа, скроневих кісток, мозочка і структур задньої черепної ямки; Б – поперечний анатомічний зріз голови з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні, із детальним відображенням топографії очниць, носової порожнини, основи черепа, мозочка та прилеглих анатомічних структур

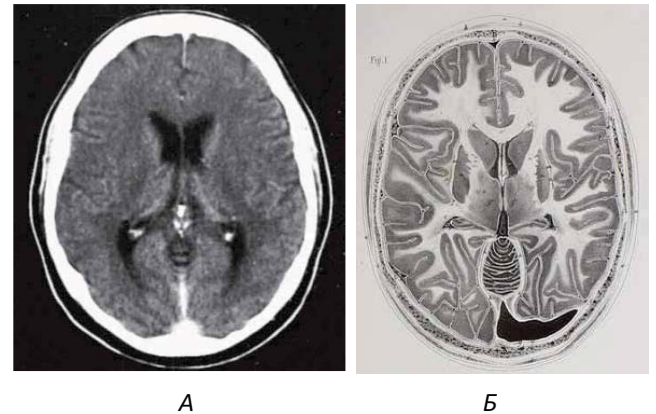


Рис. 10. Порівняння аксіального КТ-зображення головного мозку з анатомічним зрізом за М.І. Пироговим на рівні бічних шлуночків: А – сучасне аксіальне КТ-зображення головного мозку з візуалізацією півкуль великого мозку, серединних структур, бічних шлуночків і кісток склепіння черепа; Б – поперечний анатомічний зріз голови з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні, із детальним відображенням кори великих півкуль, білої речовини, шлуночкової системи та оболонок мозку

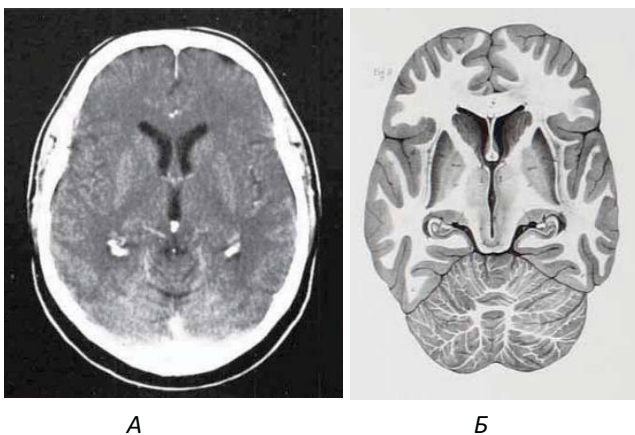


Рис. 11. Порівняння аксіального КТ-зображення головного мозку з анатомічним зрізом за М.І. Пироговим на рівні шлуночкової системи і базальних структур: А – сучасне аксіальне КТ-зображення головного мозку з візуалізацією бічних шлуночків, серединних структур, базальних ядер, таламічної ділянки, півкуль великого мозку і кісток черепа; Б – поперечний анатомічний зріз головного мозку з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні, із детальним відображенням кори, білої речовини, шлуночкової системи, базальних структур і мозочка

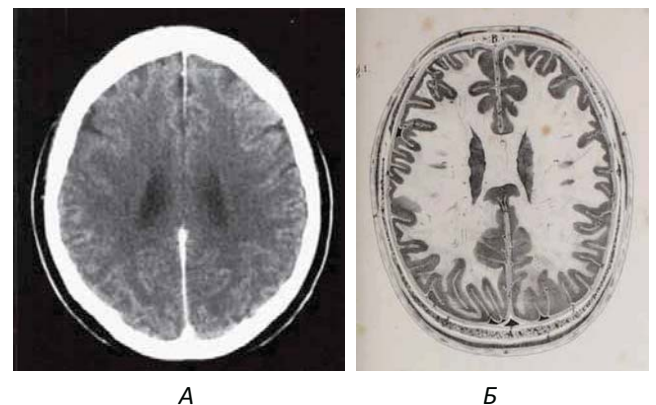


Рис. 12. Порівняння аксіального КТ-зображення головного мозку з анатомічним зрізом за М.І. Пироговим на рівні тіл бічних шлуночків: А – сучасне аксіальне КТ-зображення головного мозку з візуалізацією півкуль великого мозку, серединної лінії, тіл бічних шлуночків, білої та сірої речовини й кісток склепіння черепа; Б – поперечний анатомічний зріз голови з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні, із детальним відображенням кори великих півкуль, білої речовини, шлуночкової системи та оболонок мозку

Міцно заморожену грудну клітку, від яремної вирізки грудини до ксифоїдного відростка, механічною пилкою розрізали таким чином на поперечні пластини, ідеально паралельні, завтовшки від $\frac{1}{4}$ до $1\frac{1}{2}$ паризького дюйма, що розпили проходили то через хрящі ребер і самі ребра, то через міжреберні проміжки.

Межі кожного розпили в цій ділянці також визначаються розрізаними кістками. Так, спереду межею

кожного поперечного розпили є ребро і реберний хрящ, ззаду – тіла і відростки хребців, а з обох боків – реберні дуги, так що читач може розглядати кожну пластину розрізаних грудей як рівну площину, розтягнуту між фіксованими кістковими точками.

Отже, зображення на цих ілюстраціях призначені головним чином для того, щоб якнайточніше продемонструвати положення порожнин серця, легень, середостіння тощо в будь-якій ділянці, визначене за

In memory of the scientist

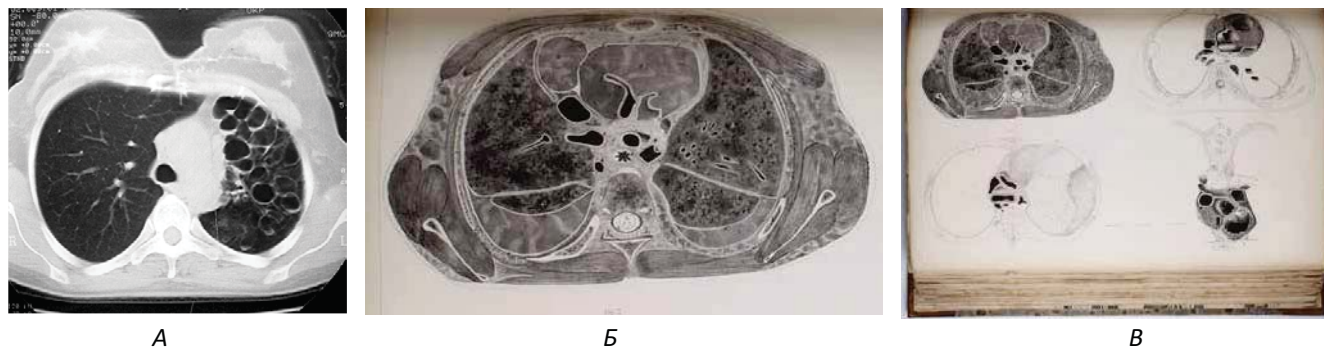


Рис. 13. Порівняння аксіального КТ-зображення грудної клітки з поперечними анатомічними розпилами за М.І. Пироговим: А – сучасне аксіальне КТ-зображення грудної клітки в легеневому вікні з візуалізацією легень, бронхосудинних структур, середостіння, великих судин, хребта і грудної стінки; Б – поперечний анатомічний розпил грудної клітки з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні; В – сторінка оригінального атласу із серією поперечних розпилів грудної порожнини. Зіставлення демонструє відповідність топографії легень, серця, середостіння, великих судин, хребта і грудної стінки на історичних анатомічних зрізах і сучасному КТ-зображенні

довільно проведеною круговою лінією між певними точками кістяка грудної клітки. Кожний поперечний розпил представляє дві поверхні: верхню і нижню. На деяких ілюстраціях зображено обидві поверхні розпили; однак на одних зображеннях показано верхню поверхню розпили, на інших – його нижню поверхню: на останніх (якщо лише грудна поверхня розрізаної пластини дивиться уперед або вгору, а спинна поверхня – назад або вниз) кожний бік сегмента відповідає однойменному боку того, хто розглядає, тоді як на перших правий бік розрізаної пластини відповідає лівому боку того, хто розглядає, і навпаки.

У третьому випуску атласу М.І. Пирогов проаналізував поперечні розпили черевної порожнини (рис. 13). На відміну від попереднього випуску, присвяченого грудній клітці, цей розділ описує складні анатомічні переходи між нижніми відділами грудної порожнини, діафрагмою, верхнім поверхом черевної порожнини та тазом. Саме в цій ділянці особливо виразно проявляється значення поширеного методу, оскільки один і той самий поперечний зріз може водночас містити елементи грудної та черевної порожнин. Тому опис М.І. Пирогова має важливе значення для розуміння меж анатомічних ділянок, просторових взаємовідношень органів і принципів послідовного аналізу зрізів, що концептуально наближає його метод до сучасної аксіальної томографічної візуалізації.

Окремі органи грудної клітки потрапляють у поле зору лише на поперечних розпилах, проведених, як зазначено вище, у другому випуску атласу, присвяченому поперечним розпилам грудної порожнини між хрящем першого ребра та п'ятим міжреберним проміжком; більш того, навіть на

розтині, проведеному вище цього проміжку, нерідко (наприклад, якщо шлунок розтягнутий рідиною або повітрям) грудну порожнину розрізають одночасно з черевною. Окремі органи черевної порожнини – хоча й із найбільш крайніми ділянками плеври – можна побачити лише на поперечних розтинах, проведених нижче хряща шостого ребра.

Отже, в цьому випуску проведеного нами дослідження, що стосується черевної порожнини і таза, розглянемо поперечний розпил через хрящ шостого ребра та всі основні розпили, проведені нижче за нього (рис. 14–16).

Так само, як ілюстрації другого випуску, зображують поперечні розпили через будь-який хрящ ребра і через будь-який міжреберний проміжок, від першого до п'ятого, проведені на одному і тому самому та на різних трупах, так і лінійні рисунки третього випуску відображають поперечні розпили черевної порожнини через усі реберні хрящі, від шостого до десятого.

Однак, оскільки міжреберні проміжки, якими ці п'ять хрящів розділені, є досить вузькими, більш того, навіть біля ксіфоїдного відростка груднини один із цих хрящів прилягає до іншого, поперечні розпили нижче шостого ребра завжди проводяться одночасно через кілька хрящів і через кілька міжреберних проміжків; оскільки ж, крім того, реберні хрящі мають дуже вигнуту форму, а лінія розпили є прямою, лише невелика поверхня кожного хряща розділяється в одній точці. Слід зазначити, що при проведенні всіх цих розпилів ми завжди орієнтувалися на сталі кістково-хрящові анатомічні орієнтири, які дозволяли точно визначати рівень кожного зрізу та зіставляти його з відповідними органами грудної і черевної порожнини.

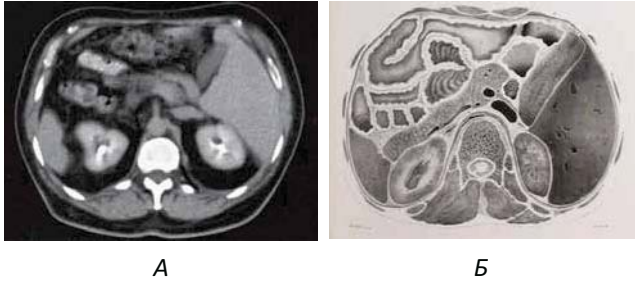


Рис. 14. Порівняння аксіального КТ-зображення черевної порожнини з анатомічним розпилом за М.І. Пироговим: А – сучасне аксіальне КТ-зображення черевної порожнини на рівні нирок із візуалізацією печінки, селезінки, нирок, кишкових петель, хребта і м'язів задньої черевної стінки; Б – поперечний анатомічний розпил черевної порожнини з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні, із детальним відображенням топографії паренхіматозних органів, кишечника, судинно-нервових структур, хребта і м'язово-фасціальних утворень

У четвертому випуску атласу М.І. Пирогов перейшов від опису порожнин тіла до поширеного аналізу кінцівок і суглобів верхньої та нижньої кінцівок. Саме в цьому розділі особливо виразно описано практичну спрямованість методу «льодяної анатомії». Пирогова зацікавила не лише форма окремих м'язів, а насамперед їхнє просторове розміщення у фіброзно-фасціальних футлярах, взаємовідношення з судинами, нервами, кістками та суглобами. Такий підхід мав безпосереднє значення для хірургії, оскільки допомагав мислити не ізольованими анатомічними структурами, а функціональними й топографічними комплексами, розташованими в певних анатомічних просторах.

Фактично М.І. Пирогов сформував принцип поширеного вивчення кінцівок як сукупності фасціальних компартментів, що сьогодні є надзвичайно важливим для травматології, судинної хірургії, ортопедії, реконструктивної хірургії та променевої діагностики. Його опис фіброзних футлярів, нерво-судинних структур і м'язових груп випереджає сучасне уявлення про компартментну анатомію, яка нині чітко візуалізується за допомогою МРТ, КТ та ультразвукового дослідження. Саме тому текстові фрагменти четвертого випуску є важливими не лише як історичне джерело, але і як доказ того, що метод М.І. Пирогова заклав основи просторового клініко-анатомічного мислення, необхідного для сучасної інтерпретації зображень кінцівок.

Оскільки вважаємо, що вчення про положення та функцію м'язів уже відоме, спробуємо тепер шляхом розпилів заморожених кінцівок дослідити лише розташування фіброзних футлярів, що вкривають

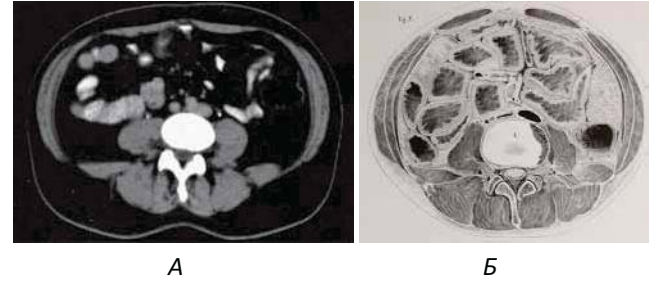


Рис. 15. Порівняння аксіального КТ-зображення черевної порожнини з анатомічним розпилом за М.І. Пироговим на рівні поперекового відділу хребта: А – сучасне аксіальне КТ-зображення черевної порожнини з візуалізацією кишкових петель, заочеревинного простору, поперекового хребця, паравертебральних м'язів і м'язів передньої черевної стінки; Б – поперечний анатомічний розпил черевної порожнини з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні, із детальним відображенням топографії кишечника, судинно-нервових структур, хребта, м'язів спини і черевної стінки



Рис. 16. Порівняння аксіального КТ-зображення верхнього поверху черевної порожнини з анатомічним розпилом за М.І. Пироговим: А – сучасне аксіальне КТ-зображення верхнього поверху черевної порожнини з візуалізацією печінки, селезінки, ділянки шлунка, великих судин, хребта і м'язів задньої черевної стінки; Б – поперечний анатомічний розпил верхнього поверху черевної порожнини з атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica», виконаний на відповідному рівні, із детальним відображенням топографії печінки, шлунка, селезінки, судинно-нервових структур, хребта і прилеглих м'язово-фасціальних утворень

м'язи та судини. Адже знання цих частин має більше значення для практики хірургічного мистецтва, ніж проста анатомічна знайомість із м'язами. З цієї причини різні групи м'язів слід розрізняти відповідно до розташування футлярів, у яких вони укладені.

Так, наприклад, у верхній частині стегна розрізняємо не тринадцять окремих м'язів, а лише шість фіброзних футлярів, які бачимо на розпилах кінцівки в цій ділянці. Крім того, потрібно було точно дослідити не тринадцять цих м'язів, а скоріше сукупність шести футлярів навколо стегнової кістки.

Окрім м'язових пучків, кожний футляр містить також нервові гілки м'язів; оскільки ж це залежить від нервів і судин м'язів та від натягу самих футлярів

In memory of the scientist

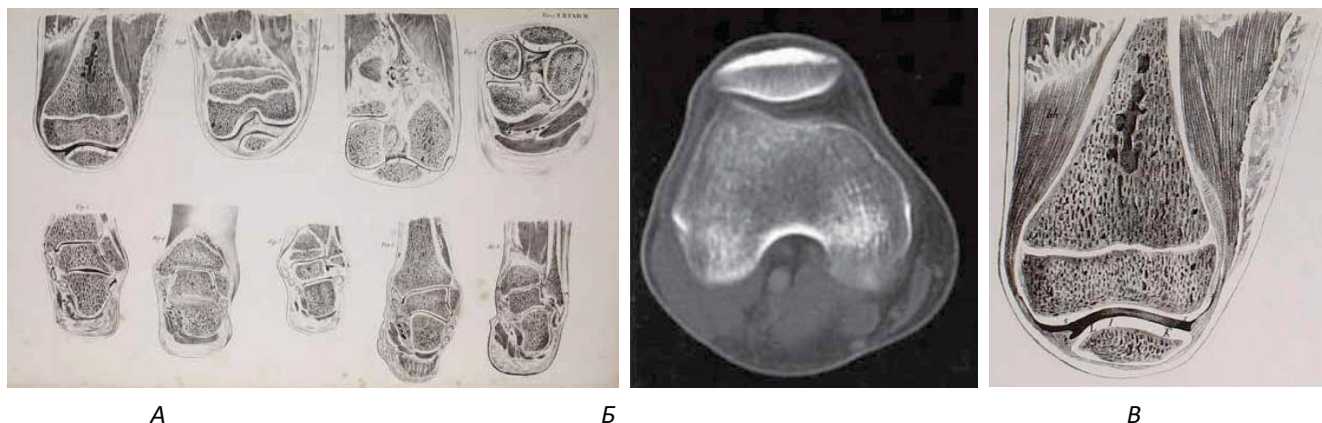


Рис. 17. Порівняння сучасного аксіального КТ-зображення колінного суглоба з анатомічними розпилами кінцівок за М.І. Пироговим: А – сторінка оригінального атласу М.І. Пирогова «Anatome topographica із серією анатомічних розпилів кінцівок і суглобів; Б – сучасне аксіальне КТ-зображення колінного суглоба на рівні дистального відділу стегнової кістки та надколінка; В – анатомічний розпил колінного суглоба з атласу М.І. Пирогова, що демонструє топографію кісткових структур, суглобових поверхонь, м'язів, фасцій і навколосуглобових тканин

рів, то під час дослідження розпилів кінцівок, крім розташування футлярів, слід брати до уваги походження нервів, які вони містять.

У Національному музеї-садибі М.І. Пирогова експонуються атлас вченого, літографські камені, з яких друкувалися таблиці до атласу, його анатомічні препарати (оригінали). Ця праця увічнила ім'я М.І. Пирогова і була удостоєна Демидівської премії.

Атлас «Людська анатомія» Миколи Пирогова (повна назва «Ілюстрована топографічна анатомія розпилів, зроблених у трьох вимірах через заморожене людське тіло», лат. «Anatomia topographica sectionibus per corporis humanum congelatum triplici directione ductis illustrata») – фундаментальна праця, опублікована частинами у 1852–1859 рр., кардинально вплинула на розвиток хірургії та анатомії. Автор Микола Пирогов (1810–1881) – видатний вчений, видатний хірург, основоположник військово-польової хірургії, піонер застосування ефіру для наркозу на театрі війни та інноватор у використанні гіпсових пов'язок [9,13,20,22,28].

Його робота над атласом «Людська анатомія» поєднує наукову точність із художньою досконалістю. Метою М.І. Пирогова було створення детального посібника з топографічної анатомії, який би показував взаємне розташування органів у трьох площинах: поперечній, поздовжній і передньо-задній. Для цього він розробив унікальну методику: трупи заморожували до температури $-18,75^{\circ}\text{C}$ (-15°R), що надавало їм твердості деревини, а потім розпилювали механічною пилкою на тонкі пластини. Це дало змогу отримати точні зрізи без спотворень, викликаних руйнуванням структур. Крім того, М.І. Пирогов використовував «скульптурний метод» – вида-

лення навколишніх тканин для візуалізації окремих органів, таких як серце або шлунок. Результатом восьмирічної роботи стали чотири томи, що містять 995 ілюстрацій, виконаних за допомогою техніки перенесення контурів зрізів на папір через лінійоване скло. Художня точність і наукова цінність цих зображень залишалися неперевершеними протягом десятиліть. Видання коштувало 90 руб. сріблом і було одним із найбільш масштабних проєктів в історії медичної літератури.

Ідея заморожених зрізів не була абсолютно новою (нідерландець Пітер де Ример використовував її раніше). Пітер де Ример (1760–1831) був нідерландським анатомом, який зробив вагомий внесок у розвиток методу дослідження людського тіла за допомогою заморожених зрізів [18].

Його праці стали важливим підґрунтям для майбутньої «Людської анатомії» Миколи Пирогова, хоча залишилися менш відомими через обмежені публікації та історичні обставини. Де Ример одним із перших почав систематично застосовувати заморожування трупів для точного вивчення топографії внутрішніх органів. Заморожування до стану твердості давало змогу робити акуратні розрізи без деформації м'яких тканин і зберігати природні співвідношення між структурами, що було особливо важливим для вивчення їхнього взаємного розташування в трьох вимірах. Його дослідження зосереджувалися на голові, шийі та грудній клітці, де він детально візуалізував судини, нерви й органи, досягаючи точності, революційної для кінця XVIII – початку XIX століття. Попри технічні новації, зокрема, використання спеціальних пил та інструментів для отримання тонких, кількоміліметрових

зрізів, роботи де Римера не набули широкої популярності, оскільки не були зібрані у великому атласі. Його результати поширювалися переважно через лекції та рукописи. Проте саме цей підхід згодом надихнув Миколу Пирогова та інших анатомів на розвиток методики заморожених зрізів. Наукова спадщина де Римера довела практичну цінність заморожування для анатомічних досліджень і медичної освіти. Його новаторські ідеї стали основою для формування топографічної анатомії та хірургічного планування, заклавши підвалини сучасної медичної візуалізації.

Але саме М.І. Пирогов систематизував її та застосував для створення повноцінного атласу. За легендою, натхненням для нього стали спостереження за розпилами заморожених туш на петербурзькому м'ясному ринку. «Льодяна анатомія» стала рідкісним виданням вже на початку ХХ ст. У 1997 р. її перевидали обмеженим тиражем (500 примірників) із перекладом англійською мовою. Повний комплект із шести томів (чотири – ілюстрації, два – коментарі) важить близько 20 кг, що робить її однією з найважчих медичних книг усіх часів. Ця праця залишається не лише унікальним історичним документом, але й важливим джерелом для сучасних дослідників, які вивчають топографію людського тіла.

Пироговський метод заморожування трупів «до щільності деревини» і механічне розпилювання на тонкі диски з точною графічною фіксацією контурів на розлінованому склі створили підвалини систематичної, тривимірно узгодженої топографії. Окреме видання 1859 р. латинською мовою в чотирьох томах, із майже тисячею ілюстрацій, стало по суті прототипом об'єктивних радіологічних методів візуалізації.

Праця Миколи Івановича Пирогова «Ілюстрована топографічна анатомія розпилів, зроблених у трьох вимірах через заморожене людське тіло» є фундаментальним анатомічним атласом ХІХ ст., який започаткував нову епоху в морфологічних дослідженнях. Це видання, що включає текстовий том і великий атлас із 216 таблицями літографічних рисунків, відображає результати серії поперечних, сагітальних і фронтальних розрізів заморожених людських тіл – першу спробу створити тривимірне відображення людської анатомії з максимальною морфологічною точністю.

Атлас став прообразом сучасних методів медичної візуалізації, зокрема КТ, оскільки продемонстрував можливість послідовного відтворення анатомічних структур у взаємозв'язку, без деформацій, притаманних традиційним препаратом. У чоти-

рьох томах описано серії розрізів голови, шиї, грудної клітки, черевної порожнини, таза, а також кінцівок і суглобів, що забезпечило систематичне зображення всіх анатомічних ділянок людського тіла в натуральну величину.

Наукова і технічна цінність видання підкреслюється його винятковою рідкістю: перше повне видання, що містить і текст, і атлас, не зберіглося в повному комплекті. За оцінками істориків медицини (Garrison–Morton, Choulant, Roberts & Tomlinson), атлас М.І. Пирогова є найвизначнішим досягненням анатомічної науки ХІХ ст., а метод Пирогова – прототипом сучасних мультипланарних реконструкцій КТ і МРТ [10].

Методологічні підходи М.І. Пирогова до вивчення нормальної й патологічної анатомії випередили свій час на століття. Лише наприкінці ХХ ст. стало можливим отримувати тривимірні зображення людського тіла. Відкриття В.К. Рентгена, зроблене більш ніж за 100 років до того, започаткувало нову епоху в медицині – дало змогу бачити патологічні зміни без втручання в організм і робити зображення об'єктивними та документованими [1].

За сторіччя розвитку рентгенології технічні можливості променевої діагностики зросли надзвичайно. Винайдення КТ у 1970-х і МРТ стало одним із найвагоміших досягнень у медицині після відкриття рентгеновських променів.

Сучасні методи візуалізації забезпечують об'єктивні дані, що ґрунтуються на різниці поглинання енергії або електромагнітних сигналів тканин. Якщо говорити про зрізи заморожених тканин та малюнки пироговських зрізів, то також ідеться про променеву енергію. Ми бачимо форми, кольори й деталі лише тому, що промені світла, передусім сонячного, частково поглинаються, а частково відбиваються від поверхні предметів. Поглинене світло перетворюється на інші види енергії, а відбиті промені повертаються в наші очі чи на світлочутливі сенсори (плівку, матрицю камери, сканер). Саме цей відбитий «відбиток» світлової енергії і формує зображення. Фактично будь-який малюнок, фотографія чи оптичний образ – це зафіксована реакція поверхні на світло: матеріал зображення «розмовляє» з сонячною енергією, пропускаючи частину, поглинаючи іншу та відбиваючи ту, яка створює видиму для нас картинку. Так проявляється фундаментальний фізичний принцип: бачення – це інтерпретація сонячної енергії, відбитої від об'єктів [30].

Отже, порівняння анатомічних малюнків Пирогова з КТ- та МРТ-зображеннями вражає їхньою тотожністю й точністю відтворення мозкових

In memory of the scientist

структур, органів грудної та черевної порожнин, судин, нервів і фасцій. Оскільки суть будь-якої візуалізації – від простого малюнка до складних цифрових зображень – полягає у взаємодії світла з поверхнею об'єкта.

Висновки

Історико-науковий аналіз розвитку анатомічних досліджень переконливо свідчить, що праця Миколи Івановича Пирогова стала ключовою ланкою між класичною анатомією та сучасними методами медичної візуалізації. Його новаторська техніка заморожування та послідовного розпилювання тіла в трьох взаємно перпендикулярних площинах забезпечила вперше в історії точне, просторово достовірне відтворення внутрішньої будови людини. Саме цей принцип багатовимірного зображення органів та їхніх взаємовідношень став концептуальною основою для появи КТ і МРТ. Порівняння літографій М.І. Пирогова із сучасними КТ- і МРТ-зображеннями засвідчує різкий ступінь їхньої відповідності, що вказує на випереджувальний характер його методології. «Людська анатомія» не лише заклала фундамент топографічної та патологічної анатомії, але й створила педагогічну модель пошарового вивчення органів, яка й сьогодні зберігає свою актуальність у навчанні майбутніх лікарів. Отже, спадщина М.І. Пирогова продовжує визначати стандарти анатомічної точності та відіграє важливу роль у формуванні сучасного клінічного мислення, залишаючись незамінною платформою для розвитку діагностики, хірургії та медичної освіти.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Подяки. Автор висловлює щирі подяки І.М. Калініну, викладачу кафедри історії Приватного вищого навчального закладу «Київський медичний університет», за ініціативу та основну ідею виконання наукової роботи з історії медицини. Щира подяка О.Ф. Турському, директору Національного музею-садиби М.І. Пирогова, З.С. Мартиновій, головному зберігачу Національного музею-садиби М.І. Пирогова, за надану можливість роботи з музейними фондами та прихильну рецензію на наукову працю. О.Е. Вінниченко за рецензування і редагування тексту.

References/Література

1. Bieliaieva OM, Skrypnikova TP, Lysanets YuV, Morokhovets HYu, Slipchenko LB, Efendiieva SM. (2021). Nikolai Ivanovich Pirogov – amicus humani generis Wiadomości Lekarskie. 74(2): 362–366. doi: 10.36740/WLek202102134.

2. Da Mota Gomes M. (2020). From the wax cast of brain ventricles (1508-1509) by Leonardo da Vinci to air cast ventriculography (1918) by Walter E. Dandy. Rev Neurol (Paris). 176(5): 393-396. doi: 10.1016/j.neurol.2019.11.005.
3. De Barros N, Rodrigues CJ, de Negri Germano MA, Cerri GG, Elias J Jr. (2001). The value of teaching sectional anatomy to improve CT scan interpretation. Clin Anat. 14(1): 36-41. doi: 10.1002/1098-2353(200101)14:1<36::AID-CA1006>3.0.CO;2-G.
4. Fominykh TA, Kutia SA, Saenko AG, Zvereva YeYe. (2024). Outstanding anatomist Felix Vicq-d'Azyr (1748-1794). Zh Nevrol Psikiatr im SS Korsakova. 124(8): 103-107. doi: 10.17116/jnevro2024124081103. PMID 39269303.
5. Ganseman Y, Broos P. (2008). Leonardo da Vinci and Andreas Vesalius; the shoulder girdle and the spine, a comparison. Acta Chirurgica Belgica. 108(4): 477-483. doi: 10.1080/00015458.2008.11680270.
6. Gerrits PO, Veening JG. (2013, May). Leonardo da Vinci's «A Skull Sectioned»: Skull and dental formula revisited. Clinical Anatomy. 26(4): 430-435. doi: 10.1002/ca.22060.
7. Ghosh S, Sharma S, Biswas S, Chakraborty S. (2014, Oct). Adriaan van den Spiegel (1578-1625): anatomist, physician, and botanist. Clin Anat. 27(7): 952-957. doi: 10.1002/ca.22414. PMID 24811238.
8. Gulya AJ. (1995). Anatomy of the temporal bone with surgical implications. 3rd ed. Ed.: A. Julianna Gulya, Harold F. Schuknecht. 2nd ed.: 358-359.
9. Hendriks IF. (2022, Nov 28). Nikolay Ivanovich Pirogov and his contribution to medicine in 19th Century Imperial Russia [Internet]. URL: <https://hdl.handle.net/1887/3491451>.
10. Hendriks IF, Zhuravlev DA, Bovill JG, Boer F, Gaivoronskii IV, Hogendoorn PC et al. (2020). Nikolay Ivanovich Pirogov (1810-1881): Anatomical research to develop surgery. Clinical Anatomy. 33; 5: 714-730. doi: 10.1002/ca.23493. PMID: PMC7317451.
11. Hildebrand R. (2005, Dec). Soemmerring's work on the nervous system: a view on brain structure and function from the late eighteenth century. Anat Embryol (Berl). 210(5-6): 337-342. doi: 10.1007/s00429-005-0027-3. PMID 16180021.
12. Hofer M. (2005). CT Teaching Manual: A Systematic Approach to CT Reading. Stuttgart-New York: Thieme: 260.
13. Lichterman B. (2008, Mar 29). Ice Anatomy. BMJ. 336(7646): 725. doi: 10.1136/bmj.39372.653981.13. PMID: PMC2276305.
14. Markatos K, Arkoudi K, Androutsos G. (2017, Dec). Juan Valverde de Amusco (1525-1588): an eminent anatomist of the Renaissance or a plagiarist of Vesalius? His work and its impact in Renaissance anatomy. Acta Chir Belg. 117(6): 407-411. doi: 10.1080/00015458.2017.1383734. PMID 28956497.
15. Nevmerzhytska NM, Lakhtadyr TV. (2020). Career and life of Bartolomeo Eustachio (the 500th anniversary of the birth). Bulletin of problems biology and medicine. 2(156): 10-13. [Невмержицька НМ, Лахтадір ТВ. (2020). Творчий і життєвий шлях Бартоломео Еустахіо (до 500-річчя від дня народження). Вестник проблем біології і медицини. 2(156): 10-13]. doi: 10.29254/2077-4214-2020-2-156-10-13.
16. O'Connor JPB. (2003). Thomas Willis and the background to Cerebri Anatome. J R Soc Med. 96(3): 139-143. doi: 10.1258/jrsm.96.3.139.
17. Packard FR. (1921). Life and times of Ambroise Paré (1510–1590): with a new translation of his Apology and an account of his journeys in divers places. New York: Paul B. Hoeber: 297.
18. Persaud TVN, Loukas M, Tubbs RS. (2014). A history of human anatomy. 2nd ed. Springfield, Illinois: Charles C Thomas, Publisher, Ltd.
19. Pevsner J. (2019). Leonardo da Vinci's studies of the brain. The Lancet. 393: 1465-1472. doi: 10.1016/S0140-6736(19)30213-2.
20. Pirogov NI. (1852). Anatome topographica sectionibus per corpus humanum congelatum triplici directione ductis illustrata. St. Petersburg: Typis Jacobi Trey.

21. Pirogov NI. (1859). *Anatome topographica sectionibus per corpus humanum congelatum triplici directione ductis illustrata*. Санкт-Петербург: Typis Jacobi Trey. Перше видання. Pars I, II, III, IV.
22. Ponomarenko LO, Stelmakh NA, Pieieva SP ta insh. (2011). Mykola Ivanovych Pyrohov – vydatnyi khirurh, pedahoh i hromadskyi diiach: do 200-richchia vid dnia narodzhennia. Biobibliohr. pokazhch. Nats. akad. ped. nauk Ukrainy, Derzh. nauk.-ped. b-ka Ukrainy im. V.O. Sukhomlynsko. Uporiad.: Ponomarenko L.O., Stelmakh N.A., Pieieva S.P. Kyiv: Ped. dumka: 124. [Пономаренко ЛО, Стельмах НА, Пеева СП та інш. (2011). Микола Іванович Пирогов – видатний хірург, педагог і громадський діяч: до 200-річчя від дня народження. Біобібліогр. покажч. Нац. акад. пед. наук України, Держ. наук.-пед. б-ка України ім. В.О. Сухомлинського. Упоряд.: Пономаренко Л.О., Стельмах Н.А., Пеева С.П. Київ: Пед. думка: 124].
23. Project Gutenberg. (2011). *Encyclopaedia Britannica*. 11th ed. Vol. 12, Slice 8. «Haller, Albrecht» to «Harmonium». URL: <https://www.gutenberg.org/ebooks/38454>.
24. Schulz RA, Feser M, Morgan K et al. (2021). How CT happened: the early development of medical computed tomography. *Phys Med Biol*. 66(18): 18TR01. doi: 10.1088/1361-6560/ac1c43.
25. Shevchenko YuL, Kitayev VM. (2010). Pirogov's «Ice Anatomy» — a prototype of modern radiological imaging. *Khirurgiia (Mosk)*. 9:4.
26. Shevchenko YuT, Fomin VS, Danko YuS, Yachmienova ES, Sukhonosov RO. (2023). *Revoliutsiinyi pidkhid Vezalii do anatomii liudyny v «De Humani Corporis Fabrica Libri Septem»*. Modern problems of science, education and society. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference, Kyiv, Ukraine, 24-26 April 2023. SPC «Sci-conf.com.ua». Kyiv: 232-236. [Шевченко ЮТ, Фомін ВС, Данько ЮС, Ячменьова ЕС, Сухоносів РО. (2023). Революційний підхід Везалія до анатомії людини в «De Humani Corporis Fabrica Libri Septem». Modern problems of science, education and society. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference, Kyiv, Ukraine, 24-26 April 2023. SPC «Sci-conf.com.ua». Kyiv: 232-236]. URL: <https://repo.knmu.edu.ua/handle/123456789/33236>.
27. Toledo-Pereyra LH (ed.). (2005). *Vignettes on surgery, history and humanities*. Georgetown, TX: Landes Bioscience: 169.
28. Turskyi OF, Kovalenko LH, Vynnychenko OE. (2023). M.I. Pyrohov i Natsionalnyi muzei-sadyba M.I. Pyroghova u mizhnarodnomu prostori. Reports of Vinnytsia National Medical University. 27; 3: 30. [Турський ОФ, Коваленко ЛГ, Вінниченко ОЕ. (2023). М.І. Пирогов і Національний музей-садиба М.І. Пирогова у міжнародному просторі. Reports of Vinnytsia National Medical University. 27; 3: 30]. doi: 10.31393/reports-vn-medical-2023-27(3)-30.
29. Vesalius A. (1682). *Andreae Vesalii Bruxellensis, Scholae Medicorum Patavinae Professoris, De humani corporis fabrica librorum epitome*. Editio hac posterior, accommodatius et correctius. Witebergae: Typis Zachariae Lehmanni.
30. Wadham J. (2016, Apr). The Philosophy of Perception: Phenomenology and Image Theory, *The British Journal of Aesthetics*. 56; 2: 206-209. <https://doi.org/10.1093/aesthj/ayv011>.

Відомості про авторів:

Берестовий Глеб Олегович – студент 1 курсу ПВНЗ «Київський медичний університет». Адреса: м. Київ, вул. Бориспільська, 2. <https://orcid.org/0009-0008-8623-3361>.

Турський Олександр Феодосійович – полковник медичної служби, директор Національного музею-садиби М.І. Пирогова.. Адреса: м. Вінниця, вул. Пирогова, 155. <https://orcid.org/0009-0005-1271-1664>.

Мартінова Зінаїда Степанівна – гол. зберігач Національного музею-садиби М.І. Пирогова. Адреса: м. Вінниця, вул. Пирогова, 155. <https://orcid.org/0009-0003-8028-7258>.

Вінниченко Ольга Едуардівна – н.с. Національного музею-садиби М.І. Пирогова. Адреса: м. Вінниця, вул. Пирогова, 155. <https://orcid.org/0009-0004-9445-8000>.

Берестовий Олег Олександрович – д.мед.н., асистент каф. госпітального акушерства, гінекології та ПО НМУ імені О.О. Богомольця; лікар-акушер-гінеколог ТОВ Медичний центр «MateriClinic». Адреса: м. Київ, просп. В. Лобановського, 2. <https://orcid.org/0000-0002-5118-5530>.

Стаття надійшла до редакції 09.03.2026 р., прийнята до друку 15.06.2026 р.