ISSN 2663-9092 (Online)

Ukrainian Neurosurgical Journal

Том 32, №3, 2026

Науково-практичний журнал (спеціалізоване видання для лікарів)
Заснований у квітні 1995 року. Виходить 4 рази на рік.
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №23771-13611ПР від 14 лютого 2019 р.

Журнал входить до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть бути опубліковані результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії (Наказ МОН України від 10.12.2024 № 1721)
Ідентифікатор у Реєстрі суб'єктів у сфері медіа: R40-07048.
Журнал включено до наукометричної бази Scopus.

Всі рукописи, що надходять до редакції, обов'язково рецензуються

Засновники
Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України
Українська Асоціація Нейрохірургів
Національна академія медичних наук України

Видавець
Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України

Адреса видавця та редакції
вул.Платона Майбороди, 32, Київ, 04050, Україна
Тел. +380 44 483-91-98
Факс +380 44 489-35-61
E-mail: unj.office@gmail.com
http://theunj.org

Підписано до публікації
з оригінал-макета 25.09.2026

Головний редактор
Педаченко Євгеній Георгійович • *Київ, Україна*

Заступник головного редактора
Білошицький Вадим Васильович • *Київ, Україна*

Заступник головного редактора
Васюта Віра Анатоліївна • *Київ, Україна*

Завідувач редакції
Никифорова Анна Миколаївна • *Київ, Україна*

Редакційна колегія
Армонда Рокко А. • *Вашингтон, Сполучені Штати*
Арраез Мігель А. • *Малага, Іспанія*
Валадка Алекс Б. • *Даллас, Сполучені Штати*
Вукич Мирослав • *Загреб, Хорватія*
Гаврилюк Грегорі В. Дж. • *Клівленд, Сполучені Штати*
Газіоглу Нурпері • *Істанбул, Туреччина*
Гук Андрій Петрович • *Київ, Україна*
Ендрюс Рассел Дж. • *Лос Гатос, Сполучені Штати*
Зельман Володимир • *Лос-Анджелес, Сполучені Штати*
Земскова Оксана Володимирівна • *Київ, Україна*
Калангу Казаді • *Хараре, Зімбабве*
Карієв Гайрат Маратович • *Ташкент, Узбекистан*
Като Йоко • *Тойоаке, Японія*
Крегг Роман • Лондон, Велика Британія
Малишева Тетяна Андріївна • *Київ, Україна*
Медведєв Володимир Вікторович • *Київ, Україна*
Меламед Ізраїль • *Беер Шева, Ізраїль*
Нетлюх Андрій Михайлович • *Львів, Україна*
Райнов Микола • *Мюнхен, Німеччина*
Расуліч Лукас Грюіца • *Белград, Сербія*
Розуменко Володимир Давидович • *Київ, Україна*
Рутка Джеймс • *Торонто, Канада*
Сірко Андрій Григорович • *Дніпро, Україна*
Смоланка Володимир Іванович • *Ужгород, Україна*
Смрчка Мартін • *Брно, Чеська Республіка*
Фіщенко Яків Віталійович • *Київ, Україна*
Шлобін Натан А. • *Нью-Йорк, Сполучені Штати*
Хижняк Михайло Віталійович • *Київ, Україна*
Цимбалюк Віталій Іванович • *Київ, Україна*

Оригінал-макет журналу затверджений і рекомендований до друку та поширення через Інтернет на спільному засіданні Редакційної колегії Ukrainian Neurosurgical Journal та вченої ради Інституту нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України (протокол №12 від 25.09.2026)

Відповідальність за зміст рекламних матеріалів несе рекламодавець

Усі права стосовно опублікованих статей належать їх авторам

Усі права стосовно будь-яких інших публікацій, крім авторських статей, належать видавцеві

Видання використовує ліцензію Creative Commons - CC BY - Зазначення Авторства - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.
Ця ліцензія дозволяє іншим розповсюджувати, редагувати твір, вносити в нього зміни, і брати його за основу для інших творів, навіть для використання з комерційною метою, за умови зазначення авторства.

Перша сторінка обкладинки

Рисунок до статті Vladyslav I. Kaliuzhka, Mykyta A. Markevych, Mark I. Hlukhenkii, Iurii O. Babalian, Volodymyr O. Piatykop "Endoscopic evacuation of intracerebral hemorrhage using mixed reality navigation: case report", стор. 123-126

Зміст

Оглядова стаття

Yuliia G. Serhiienko, Natalia O. Nekrasova, Yurii O. Kotlyarevskyi, Olena K. Riznychenko, Volodymyr O. Yurko
Endothelial dysfunction as a predictor of post-reperfusion complications in acute ischemic stroke: a literature review 3-9

Ю.В. Фломін, А.Л. Орловська, А.В. Грицан, М.В. Гуляєва, М.Я. Романишин, А.В. Гончар, І.Р. Гаврилів, М.Г. Царяпкін
Порушення ходьби при неврологічних захворюваннях: клінічне значення, методи оцінювання та можливості реабілітації 10-18

В.Ю. Молотковець, В.В. Кондратюк, М.Ю. Побут
Супрамаксимальна резекція гліобластом: від патофізіологічного обґрунтування до клінічної стандартизації 19-27

Оригінальна стаття

Yaroslav D. Bondarenko, Oksana I. Kauk, Iryna O. Hovbakh, Lidiya V. Cherkashyna, Olena K. Riznychenko
A unified mechanism of cross-modal neuroplasticity: hub-based architecture, neurochemical and epigenetic regulation in sensory compensation and synesthesia 28-42

Giussepe Condori-Jara, Jose Acha-Sanchez, Jose Amado-Tineo
Predictive value of the Glasgow Coma Scale for postoperative functional outcomes in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a retrospective study (2018–2021) 43-52

Artem V. Rozumenko, Valentyn M. Kliuchka, Olexandr M. Lisianyi, Oleg O. Dyma, Tetyana A. Malysheva, Volodymyr D. Rozumenko
A ventricular-wall topographic classification for periventricular high-grade gliomas: corridor selection and early surgical outcomes—a pilot single-center series 53-61

М.О. Зорін
25-річний досвід пункційної вертебропластики 62-68

М. Ю. Глухенький, М. В. Каджая, О. С. Готін, А. П. Гук
Краніопластика в проміжний післяопераційний період після вогнепального поранення головного мозку: клінічні та організаційні аспекти своєчасного втручання 69-82

А.М. Дубровка, В.О. Федірко
Інтраопераційні знахідки причин рецидиву болю після мікросудинної декомпресії при невралгії трійчастого нерва: досвід ревізійних втручань 83-92

О.В. Гузун, О.С. Задорожний, Н.В. Коновалова, В.А. Васюта
Неоваскулярна глаукома як хронічна нейроішемічна оптична нейропатія: вплив лікувального навантаження на зір-асоційовану якість життя (36-місячне проспективне дослідження) 93-101

Vladyslav I. Kaliuzhka, Mykyta A. Markevych, Volodymyr K. Klochkov, Volodymyr Y. Prokopiuk, Volodymyr O. Piatykop
Intrathecal cerium oxide nanoparticles improve functional recovery after experimental subarachnoid hemorrhage: a proof-of-concept study 102-115

Н.О. Михайловська, Я.П. Зінькевич, К.Р. Костюк
Аналіз ефективності глибинної стимуляції субталамічних ядер у пацієнтів із розгорнутими стадіями хвороби Паркінсона: український досвід однорічного спостереження 116-122

Спостереження з практики

Vladyslav I. Kaliuzhka, Mykyta A. Markevych, Mark I. Hlukhenkii, Iurii O. Babalian, Volodymyr O. Piatykop
Endoscopic evacuation of intracerebral hemorrhage using mixed reality navigation: case report 123-126

Anh Quynh Dang, Thuy Thi Hong Le, Hung Phi Nguyen, Huyen Thi Tran, Tuan Quoc Nguyen, Vy Thuc Nguyen, Phung Thi Kim Le, Nguyet Le Nhu Dang, Phi Duong Nguyen
Spinal neurocysticercosis: a rare and challenging diagnosis in imaging 127-132

Case report

Ukrainian Neurosurgical Journal. 2026;32(2):123-126
doi: 10.25305/unj.349562

Endoscopic evacuation of intracerebral hemorrhage using mixed reality navigation: case report

Vladyslav I. Kaliuzhka [1,2], Mykyta A. Markevych [2], Mark I. Hlukhenkii [3], Iurii O. Babalian [2], Volodymyr O. Piatykop [1,2]

[1] Department of Neurology and Neurosurgery, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine
[2] Neurosurgery Department, Kharkiv Regional Clinical Hospital, Kharkiv, Ukraine
[3] Kyiv International University, Kyiv, Ukraine

Received: 08 January 2026
Accepted: 03 March 2026

Address for correspondence:
Vladyslav I. Kaliuzhka, Department of Neurology and Neurosurgery, Kharkiv National Medical University, 4 Nauky avenue, Kharkiv, 61022, Ukraine.
email: vladislavkalyuzhka@gmail.com

An adult patient presented with acute neurological deterioration caused by spontaneous intracerebral hemorrhage in the right cerebral hemisphere. Initial computed tomography demonstrated a hyperdense intraparenchymal lesion hematoma associated with perifocal edema and mass effect. Given the lesion's location and the goal of minimizing surgical trauma, a minimally invasive endoscopic evacuation was planned.

To optimize preoperative planning, mixed reality–based holographic navigation was employed. Patient-specific three-dimensional models were generated from CT data using dedicated segmentation software and visualized through a head-mounted mixed reality device. This approach enabled accurate assessment of the hematoma's spatial relationship to cortical and subcortical structures, facilitating precise selection of the craniotomy site and surgical trajectory.

Endoscopic evacuation was performed via a tubular retractor using 0° and 30° endoscopes, achieving effective hematoma removal without intraoperative complications. Postoperative imaging confirmed satisfactory evacuation with regression of mass effect and no evidence of rebleeding.

This case illustrates the potential value of mixed reality–assisted planning as a complementary tool for minimally invasive surgery in intracerebral hemorrhage, enhancing spatial understanding, reducing cognitive load, and supporting safe and targeted surgical strategies.

Keywords: *stroke; mixed reality; minimally invasive surgery; intracerebral hemorrhage*

Introduction

Intracerebral hemorrhage (ICH) remains one of the leading causes of mortality and long-term disability among patients with acute stroke [1, 2]. Surgical treatment of intracerebral hematomas, particularly those located in deep-seated brain regions, is associated with a high risk of additional injury to intact brain tissue, which limits the applicability of traditional open surgical approaches.

In this context, minimally invasive and endoscopic techniques for intracerebral hematoma evacuation have gained increasing relevance. A key determinant of the success of these procedures is precise preoperative planning of the surgical access and trajectory, allowing minimization of damage to functionally significant structures [3, 4]. Contemporary mixed reality technologies provide new opportunities for rapid and effective spatial visualization of pathology and enhanced preoperative orientation for the surgeon.

Case description

Patient P., a 56-year-old man, was admitted to the Neurosurgical department of the Kharkiv Regional Clinical Hospital with clinical signs of acute stroke. On admission, the patient presented with impaired consciousness to the level of deep obtundation (Glasgow Coma Scale score: 12) and severe left-sided hemiparesis.

The medical history revealed long-standing arterial hypertension that had not been adequately controlled with antihypertensive therapy. No other chronic medical conditions were reported.

Non-contrast computed tomography of the brain demonstrated an intracerebral hematoma in the right cerebral hemisphere, accompanied by marked perifocal edema and mass effect (***Fig. 1***). Subsequent computed tomography angiography of the cerebral vessels revealed no evidence of intracranial aneurysm, arteriovenous malformation, or cavernous malformation.

Considering the location and volume of the hematoma as well as the patient's clinical condition, minimally invasive endoscopic evacuation was deemed appropriate, with holographic navigation employed during the preoperative planning stage.

Surgical Planning: Segmentation and Three-Dimensional Model Generation

Mixed reality technology was employed for preoperative surgical planning. Computed tomography data of the brain in DICOM format were processed using the Extra Vision platform (Extra Vision, Ukraine), which enables segmentation of pathological and anatomical

Copyright © 2026 Vladyslav I. Kaliuzhka, Mykyta A. Markevych, Mark I. Hlukhenkii, Iurii O. Babalian, Volodymyr O. Piatykop
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

structures with subsequent generation of a patient-specific three-dimensional model.

Segmentation included the volume of the intracerebral hematoma, the cortical surface, the scalp, and the skull as key anatomical landmarks. The resulting three-dimensional model accurately represented the spatial relationships between the hematoma, the skull, and the brain parenchyma.

Visualization of the three-dimensional model was performed using a Meta Quest 3S head-mounted display (Meta, USA), allowing interactive real-scale analysis, including rotation, scaling, and evaluation of potential surgical trajectories (***Fig. 2***). This facilitated precise selection of the craniotomy site and the optimal cortical entry point.

Surgical procedure

The surgical procedure was performed under general anesthesia with the patient in the supine position. The craniotomy site was determined by correlating the patient-specific three-dimensional model with the patient's head surface. Based on the results of preoperative planning, a minimally invasive approach using an 11-mm tubular retractor was selected. The direction of the surgical corridor corresponded to the predefined trajectory (***Fig. 3***).

Following a small craniotomy (1.5 × 1.5 cm) and corticotomy, a tubular retractor was inserted, providing atraumatic access to the hematoma with minimal displacement of the surrounding brain tissue. Hematoma evacuation was performed endoscopically using 0° and 30° endoscopes, allowing visualization of both central and peripheral regions of the hematoma cavity.

After removal of the main hematoma volume, meticulous hemostasis was achieved under endoscopic control. No active bleeding was observed. The hematoma cavity was lined with hemostatic material.

Postoperative course

In the postoperative period, stabilization of the patient's neurological status was observed. Follow-up computed tomography performed within 24 hours after surgery confirmed effective hematoma evacuation with regression of mass effect (***Fig. 4***). No evidence of recurrent hemorrhage was detected.

The patient was transferred to the rehabilitation unit on postoperative day 7. On follow-up neurological examination, left-sided hemiparesis persisted. The modified Rankin Scale score was 3.



Fig. 1. Non-contrast computed tomography of the brain on admission

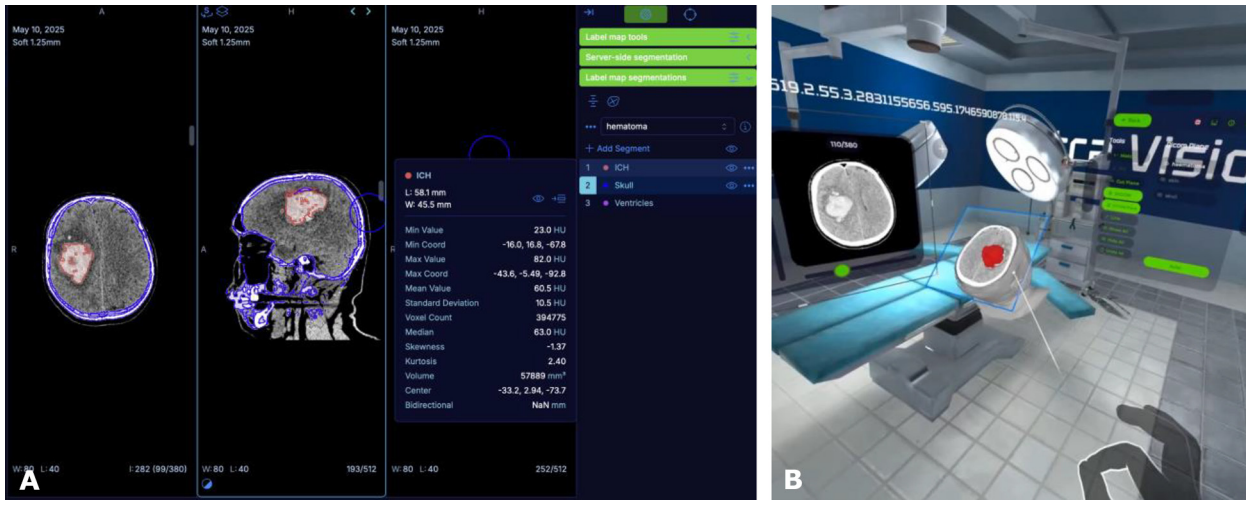


Fig. 2. Segmentation of the intracerebral hematoma and holographic visualization.
A — semi-automatic segmentation of the intracerebral hematoma based on computed tomography data, demonstrating axial and sagittal slices with the delineated hematoma volume and quantitative segmentation parameters;
B — three-dimensional holographic visualization of the segmented intracerebral hematoma in mixed reality using the Meta Quest 3S headset, enabling interactive assessment of the spatial location of the pathology and surgical trajectory planning

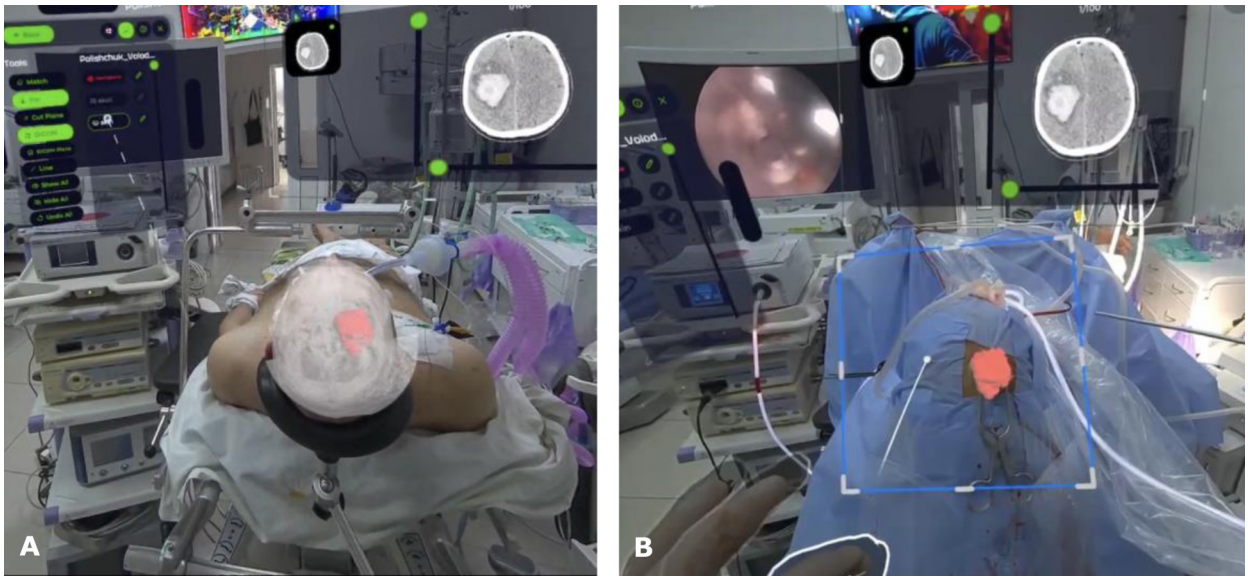


Fig. 3. Intraoperative orientation using holographic navigation.
A — preoperative planning and surface projection of the intracerebral hematoma onto the scalp surface using mixed reality technology;
B — intraoperative visualization of the hematoma and the planned surgical access trajectory, providing spatial orientation and correlation between the preoperative plan and intraoperative conditions during hematoma evacuation

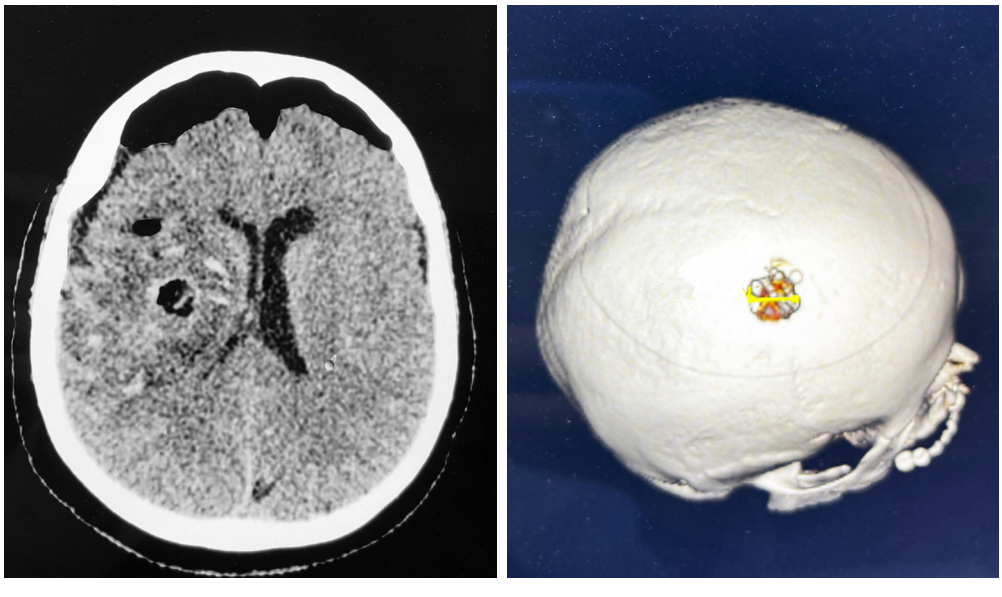


Fig. 4. Postoperative control computed tomography of the brain.
A — status after endoscopic evacuation of the intracerebral hematoma in the right cerebral hemisphere, demonstrating the postoperative cavity at the hematoma site, with no evidence of residual hematoma or recurrent intracerebral hemorrhage, and regression of mass effect;
B — three-dimensional reconstruction of the craniectomy site

Discussion

This clinical case demonstrates the potential value of holographic navigation as an adjunctive tool for preoperative planning in minimally invasive endoscopic treatment of intracerebral hemorrhage. Holographic visualization reduces cognitive load on the surgeon by externalizing complex three-dimensional spatial relationships between the pathology and surrounding anatomical structures, thereby minimizing the need for mental reconstruction from two-dimensional imaging data [5].

The use of mixed reality facilitates accurate selection of the optimal surgical strategy and access corridor [6], while also improving spatial orientation immediately prior to surgical intervention. This is particularly relevant in cases of deep-seated intracerebral hematomas,

where even minor deviations in trajectory may result in additional neurological injury. Mixed reality provides a rapid and efficient solution for planning minimally invasive procedures by enabling intuitive spatial orientation and selection of an optimal surgical corridor while minimizing disruption of healthy brain tissue.

Conclusions

The use of mixed reality holographic navigation may be justified for planning minimally invasive endoscopic procedures for intracerebral hematomas. Mixed reality–assisted visualization may enhance the accuracy of surgical access selection and contribute to improved safety of surgical treatment.

Disclosure

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Informed consent

Written informed consent was obtained from the patient for publication of this case report.

References

1. Steiner T, Purrucker JC, Aguiar de Sousa D, Apostolaki-Hansson T, Beck J, Christensen H, Cordonnier C, Downer MB, Eilertsen H, Gartly R, Gerner ST, Ho L, Holt Jahr S, Klijn CJ, Martinez-Majander N, Orav K, Petersson J, Raabe A, Sandset EC, Schreuder FH, Seiffge D, Al-Shahi Salman R. European Stroke Organisation (ESO) and European Association of Neurosurgical Societies (EANS) guideline on stroke due to spontaneous intracerebral haemorrhage. Eur Stroke J. 2025 Dec;10(4):1007-1086. doi: 10.1177/23969873251340815
2. Greenberg SM, Ziai WC, Cordonnier C, Dowlatshahi D, Francis B, Goldstein JN, Hemphill JC 3rd, Johnson R, Keigher KM, Mack WJ, Mocco J, Newton EJ, Ruff IM, Sansing LH, Schulman S, Selim MH, Sheth KN, Sprigg N, Sunnerhagen KS; American Heart Association/American Stroke Association. 2022 Guideline for the Management of Patients With Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2022 Jul;53(7):e282-e361. doi: 10.1161/STR.0000000000000407
3. Labib MA, Shah M, Kassam AB, Young R, Zucker L, Maioriello A, Britz G, Agbi C, Day JD, Gallia G, Kerr R, Pradilla G, Rovin R, Kulwin C, Bailes J. The Safety and Feasibility of Image-Guided BrainPath-Mediated Transsulcul Hematoma Evacuation: A Multicenter Study. Neurosurgery. 2017 Apr 1;80(4):515-524. doi: 10.1227/NEU.0000000000001316
4. Hallenberger TJ, Fischer U, Bonati LH, Dutilh G, Mucklow R, Vogt AS, Boeni-Eckstein C, Cardia A, Schubert GA, Bijlenga P, Messerer M, Raabe A, Akeret K, Zweifel C, Kuhle J, Alfieri A, Fournier JY, Fandino J, Hostettler IC, Schneider UC, Guzman R, Soleman J. Early minimally invasive image-guided endoscopic evacuation of intracerebral hemorrhage (EMINENT-ICH): a randomized controlled trial. Trials. 2024 Oct 18;25(1):692. doi: 10.1186/s13063-024-08534-7
5. Piatykop VO, Kaliuzhka VI, Markevych MA, Babalian IO, Khaustov MM. Own experience of using holographic neuronavigation using an augmented reality helmet in neurosurgery. Ukr Neurosurg J. 2023;29(3):58–65. doi: 10.25305/unj.284245
6. Colombo E, Regli L, Esposito G, Germans MR, Fierstra J, Serra C, Sebök M, van Doormaal T. Mixed Reality for Cranial Neurosurgical Planning: A Single-Center Applicability Study With the First 107 Subsequent Holograms. Oper Neurosurg. 2023 Dec 29;26(5):551–8. doi: 10.1227/ons.0000000000001033