



MIS-ТЕХНОЛОГИИ В СТРУКТУРЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ОПУХОЛЕЙ ХИАЗМАЛЬНО-СЕЛЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Ю. М. Сохацкая, Д. А. Гуляев, И. Ю. Белов, П. П. Баженов

ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» МЗ РФ,
ул. Аккуратова, 2, Санкт-Петербург, 197341

РЕЗЮМЕ: Обширные транскраниальные доступы в хирургии опухолей головного мозга постепенно заменяются минимально инвазивными доступами. В хирургии менингиом передней и средней черепных ямок чаще всего используют мини-птериональный и супраорбитальный доступы.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: Целью данного исследования является сравнение мини-инвазивных доступов в лечении опухолей хиазмально-селлярной области с оценкой их частоты применения, топографо-анатомических особенностей, основных хирургических параметров, характера и частоты осложнений. В настоящей работе проводится систематический литературный обзор публикаций, исследующих супраорбитальный и мини-птериональный доступы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Данный литературный обзор был проведён в соответствии с рекомендациями PRISMA 2020 года. Для поиска опубликованных работ были использованы такие онлайн-базы как Pubmed/Medline и elibrary.ru с соответствующими критериями поиска за период 1956–2023 гг. Для каждой публикации оценивались тип исследования, период наблюдения, количество исследуемых случаев применения каждого из хирургических доступов и результат исследования по выбранным критериям. Данные из публикаций были объединены в две группы: мини-птериональный доступ и супраорбитальный доступ. В общей сложности была проанализирована 51 публикация и проведена сравнительная оценка МПД и СОД по 4 критериям: частота применения, топографо-анатомические особенности, основные хирургические параметры, характер и частота осложнений.

РЕЗУЛЬТАТЫ: МПД, в отличие от СОД, не ограничен анатомическими структурами, вследствие чего размер краниотомии при МПД в 1,5 раза больше, что обеспечивает значительно больший диапазон хирургических рабочих углов при меньшей глубине хирургического коридора. Частота осложнений примерно сопоставима для обоих доступов. При этом СОД значительно чаще применяется в хирургии опухолей ПЧЯ и СЧЯ, несмотря на одинаковые функциональные исходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: С внедрением эндоскопической и микрохирургической техники многие критерии оценки MIS-технологий отходят на второй план. Выбор наиболее подходящего доступа должен основываться не на личных предпочтениях хирурга, а на знании ограничений каждого типа доступа и учёте индивидуальных особенностей пациента. Основными критериями выбора доступа являются полноценная визуализация патологического очага, удобство работы в операционной ране и безопасность доступа, которые зависят от его хирургических параметров, топографо-анатомических особенностей и характера послеоперационных осложнений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: MIS-технологии; мини-птериональный доступ; супраорбитальный доступ; опухоли хиазмально-селлярной области.

Для цитирования: Сохацкая Ю. М., Гуляев Д. А., Белов И. Ю., Баженов П. П. MIS-технологии в структуре хирургического лечения опухолей хиазмально-селлярной области: систематический литературный обзор. Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2023;15(4):185–199. DOI 10.56618/2071-2693_2023_15_4_185

MIS-TECHNOLOGIES IN THE STRUCTURE OF SURGICAL TREATMENT FOR TUMORS IN THE CHIASM-SELLAR REGION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Yu. M. Sokhatskaya, D. A. Gulyaev, I. Y. Belov, P. P. Bazhenov

“Almazov National Medical Research Centre”, 2, Akkuratova st., Saint-Petersburg, 197341, Russia

SUMMARY: Extensive transcranial approaches in brain tumor surgery are gradually being replaced by minimally invasive approaches. For meningiomas of the anterior cranial fossa (ACF) and middle cranial fossa (MCF) mini-pterional approach (MPA) and supraorbital approach (SOA) are most often used.

OBJECTIVE: The purpose of this study is to compare mini-invasive approaches in the treatment for tumors in the chiasm-sellar region (CSR) with an assessment of their frequency of use, topographic and anatomical features, basic surgical parameters, the nature and frequency of complications. In this paper, a systematic literary review of studies on SOA and MPA is carried out.

MATERIALS AND METHODS: This literature review was conducted in accordance with the recommendations of PRISMA 2020. To search for published works, such online databases as Pubmed/Medline and elibrary.ru with the corresponding search criteria for the period 1956–2023. For each publication, the type of study, the follow-up period, the number of investigated cases of each of the surgical approaches and the result of the study according to the selected criteria were evaluated. The data from the publications were grouped into two groups, respectively. In total, 51 publications were analyzed and a comparative assessment of MPA and SOA was carried out according to 4 criteria: frequency of use, topographic and anatomical features, basic surgical parameters, nature and frequency of complications.

RESULTS: MPA, unlike SOA, is not limited by any anatomical structures, as a result of which the size of the craniotomy in MPA is 1.5 times larger, which provides a significantly larger range of surgical working angles with a smaller depth of the surgical corridor. The complication rate is approximately comparable for both approaches. At the same time, SOA is much more often used in the surgery for tumors in the ACF and MCF, despite the same functional outcomes.

CONCLUSION: With the introduction of endoscopic and microsurgical techniques, many criteria for evaluating MIS-technologies fade into the background. The choice of the most appropriate access should not be based on the personal preferences of the surgeon, but on knowledge of the limitations of each type of approach and taking into account the individual characteristics of the patient. The main criteria for choosing approach are full-fledged visualization of the pathological focus, ease of operation in the operating wound and approach safety, which depend on its surgical parameters, topographic and anatomical features and the nature of postoperative complications.

KEY WORDS: MIS-technologies; mini-pterional approach; supraorbital approach; tumors in the chiasm-sellar region.

For citation: Sokhatskaya Yu.M., Gulyaev D.A., Belov I. Yu., Bazhenov P.P. MIS-technologies in the structure of surgical treatment for tumors in the chiasm-sellar region: a systematic literature review. Rossiiskii neurokhirurgicheskii zhurnal imeni professora A. L. Polenova. 2023;15(4):185–199. DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_4_185

Введение.

Хирургическое вмешательство остаётся методом первой линии в лечении опухолей хиазмально-селлярной области (ХСО). Принципы хирургического лечения опухолей головного мозга зародились в начале 1990-ых годов, основываясь на концепции “рецидив опухоли обратно пропорционален объёму резекции”: большие разрезы, обширная краниотомия, радикальное удаление опухоли. Транскраниальные доступы к опухолям передней (ПЧЯ) и средней (СЧЯ) черепной ямок включают птериональный, субфронтальный, межполушарный, подвисочный и трансигоматический доступы с дополнительной орбитотомией или без неё. Эти методы краниотомий позволяют наиболее тотально резецировать опухоль, однако чрезмерно агрессивное удаление опухоли может ассоциироваться с относительно высокими показателями послеоперационных осложнений и развитием стойкого неврологического дефицита [2–5, 71–72].

Учитывая возможности адъювантной терапии, обеспечивающих долгосрочный контроль за большинством прогрессирующих или рецидивирующих опухолей [6–7], в настоящее время сохранение неврологических функций и качества жизни пациентов приобрели больший приоритет, а требование максимально безопасного удаления опухоли получило более широкое признание.

Малоинвазивные хирургические технологии (далее — MIS-технологии) применяются всё чаще в нейроонкологии, благодаря минимальной травматичности, сокращению периода заживления послеоперационной раны, благоприятным клиническим и косметическим результатам и несомненному экономическому преимуществу в виде сокращения количества койко-дней пребывания пациента в стационаре

[20, 28, 34]. Минимально инвазивными альтернативами общепринятым доступам при удалении опухолей ХСО у тщательно отобранных пациентов являются супраорбитальный доступ (СОД) и мини-птериональный доступ (МПД) [9].

СОД является разновидностью субфронтального доступа и позволяет визуализировать переднемедиальный базальный хирургический коридор. МПД является непосредственной модификацией классического птерионального доступа, в результате которого осуществляется краниотомия меньшего размера из одного фрезевого отверстия книзу от верхней височной линии в проекции центра сильвиевой щели [26].

Несмотря на одинаковые функциональные исходы, СОД используется в хирургии опухолей ХСО значимо чаще, чем МПД [20]. Сравнение СОД и МПД необходимо для объективной оценки показаний применения каждого из доступов в отношении хирургического лечения опухолей ХСО. На данный момент имеется лишь 1 мета-анализ [24] и 1 систематический обзор литературы [21], сравнивающие данные доступы.

Цель исследования состоит в том, чтобы: 1) обобщить текущую литературу по СОД и МПД; 2) сравнить топографо-анатомические особенности, основные хирургические параметры, функциональные исходы, частоту и характер осложнений, частоту применения СОД и МПД.

Материалы и методы.

Данный литературный обзор проведён в соответствии с рекомендациями PRISMA 2020 года [28]. В исследовании был выполнен систематический обзор публикаций, исследующих мини-птерио-

нальный и супраорбитальный доступы. Для поиска опубликованных работ были использованы такие онлайн-базы как Pubmed/Medline и eLibrary.ru со следующими ключевыми словами: «minipterional supraorbital», «minipterional», «keyhole pterional», «minimally invasive pterional», «мини-птериональный», а также «supraorbital approach», «supraorbital craniotomy», «eyebrow craniotomy», «супраорбитальный доступ».

Критериями включения являлись все полнотекстовые публикации на английском и русском языках за период 1956–2023 гг., сообщающие о клинических результатах проспективного и ретроспективного исследования и сравнения классических МПД и СОД у взрослых в лечении опухолей головного мозга и церебральных аневризм. Полученные списки работ были просмотрены на предмет наличия дополнительных соответствующих публикаций. Дубликаты были удалены, а подходящие под критерии включения публикации использованы в качестве источников литературы. Исключались тезисы, оценивающие

функциональные исходы и осложнения, не ассоциированные с доступами.

Для каждой публикации оценивались тип исследования, период наблюдения, количество исследуемых случаев применения каждого из хирургических доступов и результат исследования по выбранным критериям. Данные из публикаций были объединены в две группы: мини-птериональный доступ и супраорбитальный доступ.

В базе данных Pubmed/Medline было найдено в общей совокупности 1633 публикации, в e-library — 469. После удаления 1327 дубликатов были отобраны тезисы из оставшихся 775 публикаций. Из них были удалены 724 публикации, не соответствующих критериям включения. В общей сложности была проанализирована 51 публикация (таблица № 1). В результате была проведена сравнительная оценка доступов по 4 критериям: частота применения, топографо-анатомические особенности, основные хирургические параметры, характер и частота осложнений (таблица № 2).

Таблица № 2. Результаты сравнения МПД и СОД.

		Миниптериональный доступ	Супраорбитальный доступ
Хирургические параметры	Средний поперечный диаметр	37,7 мм	34,3 мм
	Средний продольный диаметр	32 мм	20,8 мм
	Средняя площадь доступа	952 мм ²	618 мм ²
	Средний рабочий угол	45,2°	29,9°
	Средняя глубина хирургического коридора	49,8 мм	63,4 мм
	Хирургическая манёвренность	15,6 мм ²	2,9 мм ²
	Зона доступности	1250 мм ²	939 мм ²
Топографо-анатомические особенности	Границы	Отсутствуют	1) Надглазничный сосудисто-нервный пучок, лобная пазуха и обонятельные нервы; 2) Лобная ветвь лицевого нерва; 3) Крыша орбиты.
Осложнения	Атрофия мышцы	0,9–12,7 % (височная мышца)	0,7–0,8 % (лобная мышца)
	Ликворея	0,3–8,3 %	0,3–9,1 %
	Раневая инфекция	0,4–8,3 %	0,2–7,1 %
Частота применения		2,5–21,5 %	21,9–84,8 %

Таблица № 1. Список проанализированных публикаций.

Доступ	Первый автор	Год	Количество клинических случаев	Тип исследования	Период наблюдения (месяцы)	Оцениваемые результаты	Журнал	DOI	Название публикации	Сноска
minipterional	Ho-Jun Kang	2013	9	Retrospective case series	NR	Хирургические параметры, осложнения	J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg. 2013 Mar; 15(1):5–12	10.7461/jcen.2013.1 5.1.5	Comparative Analysis of the Mini- pterional and Supraorbital Keyhole Craniotomies for Unruptured Aneurysms with Numeric Measurements of Their Geometric Configurations	10
minipterional	Hitoshi Yamahata	2014	61	Retrospective case series	NR	Осложнения	Neurosurg Rev. 2014; 37(4):629–636	10.1007/s10143–014 0562–6	Efficacy and safety of the pterional keyhole approach for the treatment of anterior circulation aneurysms	44
minipterional	Justin M Caplan	2014	74	Retrospective case series	14	Осложнения	Neurosurgery. 2014 Jun; 10 Suppl 2:200- 6; discussion 206–7	10.1227/NEU.00000 00000000348	The minipterional craniotomy for anterior circulation aneurysms: initial experience with 72 patients	45
minipterional	Leonardo C Welling	2015	28	Prospective randomized trial	6	Осложнения	J Neurosurg. 2015; 122(5):1012- 1019	10.3171/2014.11.JN S146	Prospective randomized study comparing clinical, functional, and aesthetic results of minipterional and classic pterional craniotomies	46
minipterional	Nouman Aldahak	2016	25	Retrospective case series	NR	Осложнения	Surg Neurol Int. 2016 Dec 12; 7(Suppl 40): S989-S994	10.4103/2152- 7806.195575	Drilling of the marginal tubercle to enhance exposure via mini pterional approach: An anatomical study and clinical series of 25 sphenoid wing meningiomas	47
minipterional	Eberval Gadelha Figueiredo	2016	86	Retrospective case series	NR	Осложнения	J Clin Neurosci. 2016 May; 27:34–9	10.1016/j.jocn.2015. 07.032	Surgical experience of minipterional craniotomy with 102 ruptured and unruptured anterior circulation aneurysms	48
minipterional	P.C. Джинджихадзе	2016	40	Retrospective case series	10	Осложнения	Журнал Вопросы Нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. 2016; 80(6):58–65	10.17116/невро2016 80652-58-65	Миниптериональная краниотомия в хирургии аневризм переднего отдела виллизиева круга	38

30	Minipterional Craniotomy for Treatment of Unruptured Middle Cerebral Artery Aneurysms. A Single-Center Comparative Analysis with Standard Pterional Approach as Regard to Safety and Efficacy of Aneurysm Clipping and the Advantages of Reconstruction	10.1007/978-3-319-39546-3_15	Acta Neurochir Suppl. 2017;124:93-100	Осложнения	36	Retrospective case series	68	2017	Carmelo Lucio Sturiale	minipterional
31	Postoperative temporal hollowing: Is there a surgical approach that prevents this complication? A systematic review and anatomic illustration	10.1016/j.bjps.2016.10.008	J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2017 Mar;70(3):401-415	Осложнения	NR	Systematic Review; Comparative anatomical analysis	19; 6	2017	Elbert E Vaca	minipterional
35	Mini-Pterional Craniotomy for Resection of Parasellar Meningiomas	10.1016/j.wneu.2018.06.103	World Neurosurg. 2018 Sep;117: e637-e644	Осложнения	48	Retrospective case series	24	2018	Hurtis J Tullos	minipterional
23	Minimally invasive alternative approaches to pterional craniotomy: a systematic review of the literature	10.1016/j.wneu.2018.02.016	World Neurosurg. 2018;113:163-179	Частота применения, осложнения	NR	Systematic Review	22	2018	Rychen J	minipterional
37	Comparative anatomical analysis between the minipterional and supraorbital approaches	10.3171/2019.12.JNS193196	J Neurosurg. 2020 Mar 13;134(3):1276-1284	Хирургические параметры	NR	Comparative anatomical analysis	6	2020	Rafael Martínez-Pérez	minipterional
32	Minipterional craniotomy for surgical clipping of anterior circulation aneurysms: compatibility between the feasibility, safety and efficiency	10.7461/jcen.2020.22.2.65	J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg. 2020 Jun; 22(2): 65-77	Осложнения	35	Retrospective case series	628	2020	Jung-Sik Park	minipterional
22	Supraorbital and mini-pterional keyhole craniotomies for brain tumors: a clinical and anatomical comparison of indications and outcomes in 204 cases	10.3171/2021.6.JNS21759	J Neurosurg. 2021 Oct 29;1-11	Частота применения, осложнения	156	Retrospective case series	30	2021	Michael B Avery	minipterional
33	MISIAN (Minimally Invasive Surgery for Treatment of Unruptured Intracranial Aneurysms): A Prospective Randomized Single-Center Clinical Trial With Long-Term Follow-Up Comparing Different Minimally Invasive Surgery Techniques with Standard Open Surgery	10.1016/j.wneu.2021.04.079	World Neurosurg. 2021 Jul;151: e533-e544	Осложнения	NR	Prospective randomized trial	111	2021	Mauricio Mandel	minipterional

1	Critical appraisal of minimally invasive keyhole surgery for intracranial meningioma in a large case series	10.1371/journal.pone.0264053	PLoS One. 2022 Jul 28;17(7): e0264053	Частота применения; топографо-анатомические особенности	156	Retrospective case series	44	2022	Jai Deep Thakur	minipterional
36	Comparison of postoperative temporalis muscle atrophy between the muscle-preserving pterional approach and the mini-pterional approach in the treatment of unruptured intracranial aneurysms	10.1007/s10143-021-01558-6	Neurosurg Rev. 2022 Feb;45(1):507- 515	Осложнения	77	Retrospective case series	78	2022	Sho Tsunoda	minipterional
26	A meta-analysis of Lateral supraorbital vs mini Pterional approach in the outcome of rupture and unruptured noncomplex aneurysms' surgery	10.1016/j.neucl.2022.11.008	Neurocirugia (Astur: Engl Ed). 2023 May-Jun;34(3):128–138.	Частота применения	NR	Meta-analysis	361	2023	George Fotakopoulos	minipterional
53	Eye-brow Keyhole Approach in Vascular Neurosurgery	10.1055/s-2008-1052042	Min - Minimally Invasive Neurosurgery, 41(04), 200–203	Осложнения	21	Retrospective case series	37	1998	J Paladino	supraorbital
54	Surgical experience with frontolateral keyhole craniotomy through a superciliary skin incision	11152339	Neurosurgery. 2001 Jan;48(1):145–9; discussion 149–50	Осложнения	NR	Retrospective case series	155	2001	S Czirják	supraorbital
49	Supraorbital eyebrow approach to skull base lesions	10.1590/s0004-282x200200020001 2	Arq Neuropsiquiatr. 2002 Jun;60(2-A):246–50	Осложнения	53	Retrospective case series	16	2002	Yvens Barbosa Fernandes	supraorbital
56	The Supraorbital Keyhole Approach via an Eyebrow Incision for Resection of Tumors around the Sella and the Anterior Skull Base	10.1055/s-2004-818526	Min - Minimally Invasive Neurosurgery, 47(4), 221–225	Осложнения	23	Retrospective case series	9	2004	H Wiedemayer	supraorbital
57	The supraorbital keyhole approach with eyebrow incisions for treating lesions in the anterior fossa and sellar region	15043766	Chin Med J (Engl). 2004 Mar;117(3):323 6	Осложнения	111	Retrospective case series	54	2004	Mao-zhi Zhang	supraorbital
58	The Supraorbital Approach: An Alternative to Traditional Exposure for the Surgical Management of Anterior Fossa and Parasellar Pathology	10.1055/s-2005-915603	Min - Minimally Invasive Neurosurgery, 48(5), 259–263	Осложнения	20	Retrospective case series	25	2005	I Melamed	supraorbital

supraorbital	P Mitchell	2005	47	Retrospective case series	116	Осложнения	2005 Jan;63(1):47-51; discussion 51	10.1016/j.surneu.2004.02.030	Supraorbital eyebrow minicraniotomy for anterior circulation aneurysms	59
supraorbital	Robert Reisch	2005	450	Retrospective case series	3	Осложнения	Neurosurgery. 2005 Oct;57(4 Suppl):242-55; discussion 242-55	10.1227/01.neu.0000178353.42777.2c	Ten-year Experience with the Supraorbital Subfrontal Approach through an Eyebrow Skin Incision	50
supraorbital	Lupret V	2006	30	Retrospective case series	36	Осложнения	Acta Clinica Croatica, vol. 45, no. 2, pp. 91-94		Advantages and disadvantages of the supraorbital keyhole approach to intracranial aneurysms	60
supraorbital	H L Brydon	2008	50	Retrospective case series	2	Осложнения	British Journal of Neurosurgery, 22(1), 40-45	10.1080/02688690701601521	Supraorbital microcraniotomy for acute aneurysmal subarachnoid haemorrhage: results of first 50 cases	51
supraorbital	Harjinder S Bhatoe	2009	52	Retrospective case series	21	Осложнения	Neurology India, 57(5), 599	10.4103/0028-3886.57812	Transciliary supraorbital keyhole approach in the management of aneurysms of anterior circulation: Operative nuances	52
supraorbital	N Hopf	2009	15	Retrospective case series	12	Осложнения	Min - Minimally Invasive Neurosurgery, 52(03), 126-131	10.1055/s-0029-1225618	Surgical Management of Bilateral Middle Cerebral Artery Aneurysms via a Unilateral Supraorbital Key- Hole Craniotomy	65
supraorbital	S M Raza	2010	24	Retrospective case series	4	Осложнения	Min - Minimally Invasive Neurosurgery, 53(01), 1-8	10.1055/s-0030-1247504	The Supraorbital Craniotomy for Access to the Skull Base and Intraaxial Lesions: A Technique in Evolution	66
supraorbital	S Telera	2011	20	Retrospective case series	72	Осложнения	Neurosurgical Review, 35(1), 67-83	10.1007/s10143-0110340-7	Supraorbital keyhole approach for removal of midline anterior cranial fossa meningiomas: a series of 20 consecutive cases	61
supraorbital	Fischer G	2011	793	Retrospective case series	239	Осложнения	Neurosurgery, vol. 68, no. 1, pp. 45-51	10.1227/NEU.0b013e31820934ca	The keyhole concept in aneurysm surgery: results of the past 20 years	62
supraorbital	N McLaughlin	2011	11	Retrospective case series	26	Осложнения	Min - Minimally Invasive Neurosurgery, 54(04), 155-161	10.1055/s-0031-1284401	The Supraorbital Approach for Recurrent or Residual Suprasellar Tumors	63

supraorbital	J Park	2011	102	Retrospective case series	12	Осложнения	Operative Neurosurgery. 68, ons300-ons309	10.1227/neu.0b013e3182124810	Superciliary Keyhole Approach for Small Unruptured Aneurysms in Anterior Cerebral Circulation	67
supraorbital	N Chalouhi	2013	47	Retrospective case series	72	Осложнения	Neurosurgery. 72(3), 437-442	10.1227/neu.0b013e3182804e9c	Surgical Treatment of Ruptured Anterior Circulation Aneurysms	64
supraorbital	Ricardo Prat-Acin	2013	6	Retrospective case series	11,5	Осложнения	Clin Neurol Neurosurg. 2013 Sep;115(9):1586-90	10.1016/j.clineuro.2013.02.009	Supraorbital trans-eyebrow craniotomy and fluorescence-guided resection of fronto-basal high grade gliomas	68
supraorbital	Ho-Jun Kang	2013	4	Retrospective case series	NR	Хирургические параметры, осложнения	J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg. 2013 Mar;15(1):5-12	10.7461/jcen.2013.15.1.5	Comparative Analysis of the Mini-periorbital and Supraorbital Keyhole Craniotomies for Unruptured Aneurysms with Numeric Measurements of Their Geometric Configurations	10
supraorbital	Roberto Gazzeri	2014	97	Retrospective case series	38	Осложнения	Neurosurg Focus. 2014;37(4):E20	10.3171/2014.7.FOC.US14203	Endoscopic supraorbital eyebrow approach for the surgical treatment of extraaxial and intraaxial tumors	69
supraorbital	Robert Reisch	2014	408	Retrospective case series	NR	Осложнения	J Neurosurg. 2014 Sep;121(3):730-4	10.3171/2014.4.JNS13787	Patients' cosmetic satisfaction, pain, and functional outcomes after supraorbital craniotomy through an eyebrow incision	8
supraorbital	Alhadi Igressa	2015	40	Retrospective case series	12	Осложнения	Clin Neurol Neurosurg. 2015 Feb;129:27-33	10.1016/j.clineuro.2014.11.024	Endoscope-assisted keyhole surgery via an eyebrow incision for removal of large meningiomas of the anterior and middle cranial fossa	70
supraorbital	Mohammed M Adawi	2015	10	Retrospective case series	15	Осложнения	World Neurosurg. 2015 Sep;84(3):766-71	10.1016/j.wneu.2015.04.058	Validity of the Lateral Supraorbital Approach as a Minimally Invasive Corridor for Orbital Lesions	71
supraorbital	Firas Thaher	2015	350	Retrospective case series	NR	Осложнения	J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg. 2015 Nov;76(6):433-7	10.1055/s-0034-1389368	Supraorbital Keyhole Approach to the Skull Base: Evaluation of Complications Related to CSF Fistulas and Opened Frontal Sinus	72
supraorbital	Yuping Peng	2016	13	Retrospective case series	21,4	Осложнения	World Neurosurg. 2016 Aug;92:120-125	10.1016/j.wneu.2016.04.121	The Supraorbital Keyhole Approach to the Suprasellar and Supra-Intrasellar Rathke Cleft Cysts Under Pure Endoscopic Visualization	73

supraorbital	Rychen J	2018	69	Systematic Review	NR	Частота применения, осложнения	World Neurosurg. 2018;113:163–179	10.1016/j.wneu.2018.02.016	Minimally invasive alternative approaches to pterional craniotomy: a systematic review of the literature	23
supraorbital	Rafael Martínez- Pérez	2020	6	Comparative anatomical analysis	NR	Хирургические параметры	J Neurosurg. 2020 Mar 13;134(3):1276-1284	10.3171/2019.12.JNS193196	Comparative anatomical analysis between the minipterional and supraorbital approaches	37
supraorbital	Shaheryar F Ansari	2020	117	Retrospective case series	132	Осложнения	Oper Neurosurg (Hagerstown). 2020 Nov 16;19(6):667-677	10.1093/ons/opa217	The Supraorbital Eyebrow Craniotomy for Intra- and Extra-Axial Brain Tumors: A Single-Center Series and Technique Modification	34
supraorbital	Michael B Avery	2021	173	Retrospective case series	156	Частота применения, осложнения	J Neurosurg. 2021 Oct 29;1–11	10.3171/2021.6.JNS21759	Supraorbital and mini-pterional keyhole craniotomies for brain tumors: a clinical and anatomical comparison of indications and outcomes in 204 cases	22
supraorbital	Blessing Ndlovu	2022	50	Retrospective case series	53	Осложнения	Surg Neurol Int. 2022; 13: 566. Published online 2022 Dec 2	10.25259/SNI_810_2022	Supraorbital eyebrow approach: A single-center experience	39
supraorbital	Jai Deep Thakur	2022	156	Retrospective case series	156	Частота применения, топографо-анатомические особенности	PLoS One. 2022 Jul 28;17(7): e0264053	10.1371/journal.pone.0264053	Critical appraisal of minimally invasive keyhole surgery for intracranial meningioma in a large case series	1
supraorbital	George Fotakopoulos	2023	322	Meta-analysis	NR	Частота применения	Neurocirugia (Astur: Engl Ed). 2023 May-Jun;34(3):128–138.	10.1016/j.neucie.2022.11.008	A meta-analysis of Lateral supraorbital vs mini Pterional approach in the outcome of rupture and unruptured noncomplex aneurysms' surgery	26

Результаты.*Частота применения*

В исследовании Michael B Avery et al. за период с 2007 по 2020 гг. среди 158 пациентов в 84,8 % случаев был выполнен СОД и в 15,2 % — МПД. При этом полная или почти полная резекция опухоли была достигнута в 69 % случаев при СОД и в 68 % случаев при МПД [20].

В исследовании Jai Deep Thakur et al. за период с 2008 по 2021 гг. среди 93 пациентов, прооперированных по поводу внутримозговых опухолей, в 78,5 % случаев применялся СОД и только в 21,5 % случаев — МПД. Сравнительная оценка объёма резекции опухолей составила 46,6 % тотального удаления при СОД и 50 % — при МПД [1].

Аналогичные результаты можно встретить в систематическом обзоре Rychen et al., где среди 5654 пациентов в 83 % случаев применялся СОД и в 17 % — МПД, из них при опухолях головного мозга 21,9 % приходилось на СОД и 2,5 % — на МПД.

Таким образом, СОД значительно чаще применяется в хирургии опухолей ПЧЯ и СЧЯ в сравнении с МПД, несмотря на одинаковые функциональные исходы в виде объёма резекции опухоли [21, 24].

Топографо-анатомические особенности

СОД ограничен медиально надглазничным сосудисто-нервным пучком, лобной пазухой и обонятельными нервами; латерально-лобной ветвью лицевого нерва; снизу — крышей орбиты [47].

По мнению Jai Deep Thakur et al. СОД, в отличие от МПД, позволяет достичь контралатеральных медиальных отделов ПЧЯ и СЧЯ. При этом наиболее подходящей локализацией параселлярных менингиом для применения СОД являются: обонятельная борозда, площадка клиновидной кости, бугорок турецкого седла, а также передний наклонённый отросток с преимущественным распространением опухоли в ПЧЯ.

В свою очередь, МПД не ограничен какими-либо анатомическими структурами. Наиболее подходящей локализацией параселлярных менингиом при выполнении МПД являются: большое крыло клиновидной кости, наклонённые отростки с преимущественным распространением опухоли в СЧЯ, а также сфено-орбитальная и сфено-кавернозная менингиомы [1].

Хирургические параметры

При анализе данных, приведённых в исследовании Ho-Jun Kang et al. выявлено, что средний поперечный диаметр хирургического доступа составил $37,7 \pm 3,4$ мм при МПД и $34,3 \pm 1,5$ мм при СОД. Средний продольный диаметр хирургического доступа составил $32 \pm 3,5$ мм при МПД и $20,8 \pm 2,2$ мм при СОД. Аналогично, средняя площадь доступа составила $952 \pm 174,6$ мм² при МПД и $618 \pm 82,3$ мм² при СОД.

Рабочий угол относительно области передней соединительной артерии (ПСА) составил $35,7 \pm 3,4^\circ$

при МПД и $28,6 \pm 2,6^\circ$ при СОД; относительно места бифуркации средней мозговой артерии (бСМА) = $61 \pm 10,5^\circ$ при МПД и $32,6 \pm 5,7^\circ$ при СОД; относительно места бифуркации внутренней сонной артерии на переднюю и среднюю мозговые артерии (бВСА) = $39 \pm 4,3^\circ$ при МПД и $28,4 \pm 3,8^\circ$ при СОД. В среднем рабочий угол составил $45,2^\circ$ при МПД и $29,9^\circ$ при СОД, соответственно.

Глубина хирургического коридора относительно ПСА составила $61,4 \pm 2,9$ мм при МПД и $68,8 \pm 2,1$ мм при СОД; относительно бСМА = $33,2 \pm 8,1$ мм при МПД и $53,8 \pm 3,9$ мм при СОД; относительно бВСА = $54,9 \pm 4,4$ мм при МПД и $67,5 \pm 3,5$ мм при СОД. В среднем глубина хирургического коридора составила 49,8 мм при МПД и 63,3 мм при СОД, соответственно.

Согласно данным, приведённым в работе Rafael Martínez-Pérez et al., зона доступности в среднем составила 1250 ± 223 мм² для МПД и 939 ± 139 мм² для СОД. Хирургическая манёвренность относительно бВСА составила $15,1 \pm 4,9$ мм² для МПД и $2,8 \pm 1,1$ мм² для СОД; относительно бСМА = $21,5 \pm 5,8$ мм² для МПД и $2,8 \pm 2,8$ мм² для СОД; относительно ПСА = $10,1 \pm 4,7$ мм² для МПД и $3,1 \pm 0,8$ мм² для СОД. В среднем хирургическая манёвренность составила 15,6 мм² при МПД и 2,9 мм² при СОД, соответственно.

Таким образом, размер краниотомии при МПД в 1,5 раза больше СОД, что обеспечивает значительно больший диапазон хирургической манёвренности [10, 35].

Характер и частота осложнений

Самым частым осложнением МПД является атрофия височной мышцы, составляющая 0,9–12,7 % ($n = 9$). Вторым по частоте осложнением МПД является дисфункция височной мышцы = 5–7,5 % ($n = 2$). Послеоперационная ликворея при МПД развивается в 0,3–8,3 % случаев ($n = 6$), а инфекционные осложнения в ране — в 0,4–8,3 % случаев ($n = 14$) [28, 30, 31, 33, 34, 36, 40–44].

Для СОД характерны такие осложнения как гипестезия лобной области в 1,3–33,3 % случаев ($n = 52$), паралич лобной мышцы в 0,6–11,1 % ($n = 57$) и ликворея в 0,3–10 % случаев ($n = 46$). Подлобное скопление ликвора наблюдается в 4,4–7,7 % случаев ($n = 39$), а раневая инфекция развивается в 0,2–16,7 % случаев ($n = 25$) [8, 20, 32, 37, 45–69].

Таким образом, частота осложнений примерно сопоставима для обоих доступов. Результаты сравнения СОД и МПД приведены в таблице № 2.

Обсуждение.

История развития MIS-технологий началась в 1957 году, благодаря введению микроскопа в хирургическую практику американским нейрохирургом Теодором Курцом [12], что позволило работать в более глубоких хирургических коридорах и детальнее визуализировать хирургическое поле.

Развитие мини-инвазивной хирургии можно проследить на примере модификации фронто-темпорального доступа Кемпе, которую в 1975 году описал Гази Яшаргил как классический птериональный доступ. Он предложил сместить место краниотомии кпереди и дополнить её остеотомией базальных отделов клиновидной кости для максимального обнажения силвиевой щели, при этом значимо уменьшив трепанационное окно [13]. Птериональная краниотомия остаётся одним из наиболее распространённых и универсальных хирургических доступов к ПЧЯ и СЧЯ [22]. Однако данный доступ характеризуется такими осложнениями как повреждение лобной ветви лицевого нерва, а также косметическая деформация височной мышцы вследствие её атрофии и западения мягких тканей в области доступа [15–18]. Необходимость предотвращения таких осложнений стала источником растущего интереса к менее инвазивным методам краниотомии. Так, в 2005 году классический мини-птериональный доступ (МПД) был впервые описан Nathal et al. [11], а Perneczky et al. в 1998 году впервые описал классический СОД с разрезом кожи в области брови [10, 47].

Важным принципом применения MIS-технологий по мнению Firas Thaher et al. является выполнение доступов не наименьших размеров, а тех размеров, которые необходимы для безопасного удаления патологического очага, чтобы свести к минимуму хирургическую травму [24]. Похожие требования к оперативным доступам ещё в 1935 году сформулировал Н. Н. Бурденко: «анатомическая доступность, физиологическая дозволенность и техническая возможность» [38]. Физиологическая дозволенность определяет безопасность доступа, которую можно оценить по характеру и частоте послеоперационных осложнений. Анатомическая доступность определяет удобство работы в операционном поле и степень визуализации патологического очага и важных прилежающих анатомических структур, которые можно оценить по топографо-анатомическим особенностям и хирургическим параметрам доступа.

Таким образом, применение MIS-технологий направлено на поиск соответствия между увеличением хирургической манёвренности и уменьшением размера краниотомии с учётом топографо-анатомических особенностей для минимизации тракции головного мозга и мягких тканей, уменьшения кровопотери и улучшения косметических результатов [23].

Топографо-анатомические особенности опосредованно влияют на скорость выполнения основного этапа хирургического вмешательства и на степень травматичности манипуляций с невральными структурами. Исходя из результатов, СОД имеет довольно узкий хирургический коридор, что зачастую требует практически коаксиальной работы микроинструментами, ограничивающими визуализацию хирургического поля, а также частой регулировки положения операционного стола и микроскопа для адекватной визуализации патологического очага [14, 47]. В усло-

виях интраоперационного кровотечения такой узкий хирургический коридор может сильно затруднить адекватный и безопасный сосудистый контроль. При этом попытка выйти за пределы соответствующих границ СОД сопровождается повышенным риском послеоперационных осложнений. Так, в ряде случаев, когда лобная пазуха распространяется за пределы надглазничной вырезки, требуется либо латеральное смещение трепанационного окна СОД, либо закрытие сформированного дефекта лобной пазухи, что увеличивает время операции и риск развития таких осложнений как назальная ликворея и инфицирование послеоперационной раны [25]. В свою очередь, МПД не ограничен какими-либо анатомическими структурами [10].

Следует учитывать ещё одну топографо-анатомическую особенность при выполнении СОД — форму черепа пациента. При долихоцефалической форме черепа глубина хирургического коридора СОД достигает своего максимального размера за счёт относительно большей длины верхней стенки глазницы, что ещё больше затрудняет работу в глубине операционной раны. Глубина хирургического коридора МПД аналогично увеличивается при брахицефалической форме черепа, однако значимо меньше [70]. Таким образом, относительно обширная площадь доступа с большим диапазоном рабочих углов и меньшей глубиной хирургического коридора являются главными преимуществами МПД в сравнении с СОД.

Учитывая, что радикальность удаления опухоли зависит не от применяемого доступа, а от локализации опухоли, её биологического поведения, степени её инвазии в функционально значимые сосудистые и невральные структуры, а также предшествующего лучевого или хирургического лечения, такой критерий как объём резекции опухоли в зависимости от применяемого доступа нельзя сравнить достоверно. Следовательно, радикальность удаления опухоли не является объективным критерием оценки и будет примерно сопоставима для обоих доступов. По той же причине не целесообразно рассматривать такие осложнения как недостаточность функции черепных нервов, которая возникает относительно редко при обоих доступах и обычно ассоциирована с чрезмерной тракцией нервов во время операции при инвазивном росте опухоли в них [33].

Преобладающую частоту применения СОД в сравнении с МПД некоторые хирурги объясняют личными предпочтениями, такими как стремление избежать косметических осложнений, ассоциированных с птериональной краниотомией, а также возможность при СОД визуализировать контралатеральные медиальные отделы ПЧЯ и СЧЯ, когда как МПД обеспечивает визуализацию преимущественно ипсилатеральных отделов СЧЯ [1, 20, 35, 39].

Частота косметических и инфекционных осложнений при СОД и МПД примерно сопоставимы, однако на первый план выходит характер осложнений, лечение и риски развития которых кардинально отличаются. Для МПД характерны преимущественно космети-

ческие осложнения, зачастую ассоциированные с дополнительными факторами риска, такими как возраст, сопутствующие заболевания и особенности кожи, влияющие на репаративные возможности пациента. Чтобы избежать атрофии височной мышцы вследствие нарушения её кровоснабжения, рекомендуется использовать субфасциальный метод диссекции [19, 29] и рассекать мышцу вдоль хода её волокон [34].

Большинства осложнений при СОД, таких как гипестезия лобной области и повреждение лобной ветви лицевого нерва можно избежать лишь ограничением площади доступа. Но для СОД также характерно и более серьёзное осложнение в виде назальной ликвореи при вскрытии лобной пазухи и неадекватной её герметизации, приводящее, как правило, к повторной операции и увеличению длительности периода госпитализации.

Выводы.

В нашей работе мы пришли к тому, что с внедрением эндоскопической и микрохирургической техники многие критерии оценки MIS-технологий отходят на второй план. Различные виды операций требуют разных хирургических подходов. Выбор наиболее подходящего доступа должен основываться не на личных предпочтениях хирурга, а на знании ограничений каждого типа доступа и учёте индивидуальных особенностей пациента.

Таким образом, основными критериями выбора доступа являются полноценная визуализация патологического очага, удобство работы в операционной ране и безопасность доступа, которые зависят от его хирургических параметров, топографо-анатомических особенностей и характера послеоперационных осложнений.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

ORCID авторов / ORCID of authors:

Сохацкая Юлия Максимовна /
Sokhatskaya Yuliya Maksimovna
<https://orcid.org/0000-0001-7779-4492>

Гуляев Дмитрий Александрович /
Gulyaev Dmitriy Aleksandrovich
<https://orcid.org/0000-0002-5509-5612>

Белов Игорь Юрьевич /
Belov Igor Yurievich
<https://orcid.org/0000-0003-2473-2671>

Баженов Пётр Петрович /
Bazhenov Petr Petrovich
<https://orcid.org/0000-0001-8252-5908>

Литература / References.

1. Jai Deep Thakur, Regin Jay Mallari, Alex Corlin, Samantha Yawitz, Amalia Eisenberg, John Rhee, Walavan Sivakumar, Howard Krauss, Neil Martin, Chester Griffiths, Garni Barkhoudarian, Daniel F. Kelly. Critical appraisal of minimally invasive keyhole surgery for intracranial meningioma in a large case series. PLOS ONE. 2022;17(7): e0264053. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264053>.
2. Anil Nanda, Vijayakumar Javalkar, Anirban Deep Banerjee. Petroclival meningiomas: study on outcomes, complications and recurrence rates. Journal of Neurosurgery. 2011;114(5):1268–1277. <https://doi.org/10.3171/2010.11.jns10326>.
3. William T. Couldwell, Takanori Fukushima, Steven L. Giannotta, Martin H. Weiss. Petroclival meningiomas: surgical experience in 109 cases. Journal of Neurosurgery. 1996;84(1):20–28. <https://doi.org/10.3171/jns.1996.84.1.0020>.
4. Kenneth M Little, Allan H Friedman, John H Sampson, Masahiko Wanibuchi, Takanori Fukushima. Surgical management of petroclival meningiomas: defining resection goals based on risk of neurological morbidity and tumor recurrence rates in 137 patients. Neurosurgery. 2005;56(3):546–559. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000153906.12640.62>.
5. Gustavo Isolan, Sâmia Wayhs, Guilherme Lepski, Leandro Dini, Joel Lavinsky. Petroclival Meningiomas: Factors Determining the Choice of Approach. Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base. 2018;79(4):367. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1608654>.
6. Andrew Faramand, Hideyuki Kano, Ajay Niranjana, Kyung-Jae Park, John C. Flickinger, L. Dade Lunsford. Tumor Control and Cranial Nerve Outcomes After Adjuvant Radiosurgery for Low-Grade Skull Base Meningiomas. World Neurosurgery. 2019;127: e221–e229. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.03.052>.
7. Bruce E. Pollock, Scott L. Stafford, Michael J. Link, Yolanda I. Garces, Robert L. Foote. Single-fraction radiosurgery of benign cavernous sinus meningiomas. Journal of Neurosurgery. 2013;119(3):675–682. <https://doi.org/10.3171/2013.5.jns13206>.
8. Robert Reisch, Hani J. Marcus, Michael Hugelshofer, Nicolas Olmo Koechlin, Axel Stadie, Ralf A. Kockro. Patients' cosmetic satisfaction, pain, and functional outcomes after supraorbital craniotomy through an eyebrow incision. Journal of Neurosurgery. 2014;121(3):730–734. <https://doi.org/10.3171/2014.4.jns13787>.
9. D. Ryan Ormond, Costas G. Hadjipanayis. The Supraorbital Keyhole Craniotomy through an Eyebrow Incision: Its Origins and Evolution. Minimally Invasive Surgery. 2013;2013:1–11. <https://doi.org/10.1155/2013/296469>.
10. Ho-Jun Kang, Yoon-Soo Lee, Sang-Jun Suh, Jeong-Ho Lee, Kee-Young Ryu, Dong-Gee Kang. Comparative Analysis of the Minipterional and Supraorbital Keyhole Craniotomies for Unruptured Aneurysms with Numeric Measurements of Their Geometric Configurations. Journal of Cerebrovascular and Endovascular Neurosurgery. 2013;15(1):5. <https://doi.org/10.7461/jcen.2013.15.1.5>.
11. Edgar Nathal, Juan Luis Gomez-Amador. Anatomic and Surgical Basis of the Sphenoid Ridge Keyhole Approach for Cerebral Aneurysms. Operative Neurosurgery. 2005;56(suppl_1):178. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000145967.66852.96>.
12. Kutluay Uluç, Gregory C. Kujoth, Mustafa K. Başkaya. Operating microscopes: past, present, and future. Neurosurgical Focus. 2009;27(3): E4. <https://doi.org/10.3171/2009.6.focus09120>.

13. M. G. Yaşargil, J. L. Fox & M. W. Ray. The Operative Approach to Aneurysms of the Anterior Communicating Artery. *Advances and Technical Standards in Neurosurgery book series*. 1975;2:113–70. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-7088-5_4.
14. Robert Reisch, Axel Perneczky, Ronald Filippi. Surgical technique of the supraorbital key-hole craniotomy. *Surgical Neurology*. 2003;59(3):223–227. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(02\)01037-6](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(02)01037-6).
15. Susumu Oikawa, Masahiko Mizuno, Shinsuke Muraoka, Shigeaki Kobayashi. Retrograde dissection of the temporalis muscle preventing muscle atrophy for pterional craniotomy. *Journal of Neurosurgery*. 1996;84(2):297–299. <https://doi.org/10.3171/jns.1996.84.2.0297>.
16. Ernesto Coscarella, A. Giancarlo Vishteh, Robert F. Spetzler, Eduardo Seoane, Joseph M. Zabramski. Subfascial and submuscular methods of temporal muscle dissection and their relationship to the frontal branch of the facial nerve. *Journal of Neurosurgery*. 2000;92(5):877–880. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.92.5.0877>.
17. I. Aydin, E. Takçi, H. Kadioğlu, Ç. Kayaoglu, Y. Tüzün. Pitfalls in the Pterional Approach to the Parasellar Area (Review). *Minimally Invasive Neurosurgery*. 1995;38(04):146–152. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1053475>.
18. M. Ammirati, A. Spallone, J. Ma, M. Cheatham, D. Becker. Preservation of the temporal branch of the facial nerve in pterional-transzygomatic craniotomy. *Acta Neurochirurgica*. 1994;128(1–4):163–165. <https://doi.org/10.1007/bf01400667>.
19. Francisco carlos de andrade jr., francisco carlos de andrade, celso machado de araujo filho, josé carcagnolo filho. Dysfunction of the temporalis muscle after pterional craniotomy for intracranial aneurysms: comparative, prospective and randomized study of one flap versus two flaps dieresis. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 1998;56(2):200–205. <https://doi.org/10.1590/s0004-282x1998000200006>.
20. Michael B. Avery, Regin Jay Mallari, Garni Barkhoudarian, Daniel F. Kelly. Supraorbital and mini-pterional keyhole craniotomies for brain tumors: a clinical and anatomical comparison of indications and outcomes in 204 cases. *Journal of Neurosurgery*. 2022;136(5):1314–1324. <https://doi.org/10.3171/2021.6.jns21759>.
21. Jonathan Rychen, Davide Croci, Michel Roethlisberger, Erez Nossek, Matthew Potts, Ivan Radovanovic, Howard Riina, Luigi Mariani, Raphael Guzman, Daniel W. Zumofen. Minimally Invasive Alternative Approaches to Pterional Craniotomy: A Systematic Review of the Literature. *World Neurosurgery*. 2018;113:163–179. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.016>.
22. Ossama Al-Mefty. Supraorbital-Pterional Approach to Skull Base Lesions. *Neurosurgery*. 1987;21(4):474–477. <https://doi.org/10.1227/00006123-198710000-00006>.
23. Nicollas Nunes Rabelo, Manoel Jacobsen Teixeira, Robert F. Spetzler, Eberval Gadelha Figueiredo. Letter to the Editor. The minipterional craniotomy: beyond the keyhole concept. *Journal of Neurosurgery*. 2020;1–2. <https://doi.org/10.3171/2020.4.jns201241>.
24. George Fotakopoulos, Hugo Andrade-Barazarte, Brotis Alexandros, Juha Hernesniemi. A meta-analysis of Lateral supraorbital vs mini Pterional approach in the outcome of rupture and unruptured noncomplex aneurysms' surgery. *Neurocirugia*. 2023;34(3):128–138. <https://doi.org/10.1016/j.neucir.2022.03.002>.
25. Р. С. Джинджихадзе, О. Н. Древал, В. А. Лазарев, Э. И. Салымова, А. В. Поляков, Ш. М. Садиков, П. В. Бежин. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ планирование супраорбитального мини-доступа в хирургии внутри- и внемозговых опухолей. *Научно-практический журнал «Нейрохирургия»*. 2019;21(2):12–20. [R. S. Dzhindzhikhadze, O. N. Dreval, V. A. Lazarev, E. I. Salyamova, A. V. Polyakov, Sh. M. Sadikov, P. V. Bezhin. Individual planning of supraorbital keyhole approaches for patients with intra- and extracranial tumors. *Russian journal of neurosurgery*. 2019;21(2):12–20. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2019-21-2-12-20>.
26. Raphael Bertani, Stefan Koester, Sávio Batista, Caio Perret, Jhon E. Bocanegra-Becerra, Paulo Santa Maria, Bruno Henrique Dallo Gallo, Karl Abi-Aad, Carlos Eduardo Ferrarez, Nicollas Nunes Rabelo, Daniela Von Zuben, Marcelo Prudent et al. Minimally invasive craniotomies for lesions of the anterior and middle fossa. *Neurosurgical Review*. 2022;45(5): 3149–3156. <https://doi.org/10.1007/s10143-022-01850-z>.
27. Matthew J Page, Joanne E McKenzie, Patrick M Bossuyt, Isabelle Boutron, Tammy C Hoffmann, Cynthia D Mulrow, Larissa Shamseer, Jennifer M Tetzlaff, Elie A Akl, Sue E Brennan, Roger Chou, Julie Glanville, Jeremy M Grimshaw, Asbjørn H et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372: n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
28. Carmelo Lucio Sturiale, Giuseppe La Rocca, Alfredo Puca, Eduardo Fernandez, Massimiliano Visocchi, Enrico Marchese, Giovanni Sabatino, Alessio Albanese. inipterional Craniotomy for Treatment of Unruptured Middle Cerebral Artery Aneurysms. A Single-Center Comparative Analysis with Standard Pterional Approach as Regard to Safety and Efficacy of Aneurysm Clipping and the Advantages of Reconstruction. *Acta Neurochirurgica Supplement*. 2017;124:93–100. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39546-3_15.
29. Elbert E. Vaca, Chad A. Purnell, Arun K. Gosain, Mohammed S. Alghoul. Postoperative temporal hollowing: Is there a surgical approach that prevents this complication? A systematic review and anatomic illustration. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2017;70(3):401–415. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2016.10.008>.
30. Jung-Sik Park, Min-Yong Kwon, Chang-Young Lee. Minipterional craniotomy for surgical clipping of anterior circulation aneurysms: compatibility between the feasibility, safety and efficiency. *Journal of Cerebrovascular and Endovascular Neurosurgery*. 2020; 22(2):65–77. <https://doi.org/10.7461/jcen.2020.22.2.65>.
31. Mauricio Mandel, Rafael Tutihashi, Yiping Li, Jefferson Rosi, Brasil Chian Ping Jeng, Manoel Jacobsen Teixeira, Eberval Gadelha Figueiredo. MISIAN (Minimally Invasive Surgery for Treatment of Unruptured Intracranial Aneurysms): A Prospective Randomized Single-Center Clinical Trial With Long-Term Follow-Up Comparing Different Minimally Invasive Surgery Techniques with Standard Open Surgery. *World Neurosurgery*. 2021;151: e533-e544. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.04.079>.
32. Shaheryar F Ansari, Amy Eisenberg, Amanda Rodriguez, Garni Barkhoudarian, Daniel F Kelly. The Supraorbital Eyebrow Craniotomy for Intra- and Extra-Axial Brain Tumors: A Single-Center Series and Technique Modification. *Operative Neurosurgery*. 2020;19(6):667–677. <https://doi.org/10.1093/ons/opaa217>.
33. Hurtis J. Tullos, Andrew K. Conner, Cordell M. Baker, Robert G. Briggs, Joshua D. Burks, Chad A. Glenn, Allison E. Strickland, Meherzad Rahimi, Goksel Sali, Michael E. Sughrue. Mini-Pterional Craniotomy for Resection of Parasellar Meningiomas. *World Neurosurgery*. 2018;117: e637-e644. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.06.103>.
34. Sho Tsunoda, Tomohiro Inoue, Kazuhiro Ohwaki, Atsuya Akabane, Nobuhito Saito. Comparison of postoperative temporalis muscle

- atrophy between the muscle-preserving pterional approach and the mini-pterional approach in the treatment of unruptured intracranial aneurysms. *Neurosurgical Review*. 2022;45(1):507–515. <https://doi.org/10.1007/s10143-021-01558-6>.
35. Rafael Martínez-Pérez, Thiago Albonette-Felicio, Douglas A. Hardesty, Daniel M. Prevedello. Comparative anatomical analysis between the minipterional and supraorbital approaches. *Journal of Neurosurgery*. 2020;1–9. <https://doi.org/10.3171/2019.12.jns193196>.
 36. Джинджихадзе Р. С., Древал О. Н., Лазарев В. А., Камбиев Р. Л. Миниптериональная краниотомия в хирургии аневризм переднего отдела виллизиева круга. *Журнал Вопросы Нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. 2016;80(6):58–65. [R. S. Dzhindzhikhadze, O. N. Dreval, V. A. Lazarev, R. L. Kambiev. Minipterional craniotomy in surgery for anterior circle of Willis aneurysms. *Voprosy neurokhirurgii imeni N. N. Burdenko*. 2016;80(6):58–65. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/neiro201680658-65>.
 37. Blessing Ndlovu, Mohammed Ouwaiss Abdul Sattar, Mlamuli Mzamo Mkhaliphi, Keletso Leola, Morena Nthuse Mpanza, John Richard Ouma, Christos Profyris. Supraorbital eyebrow approach: A single-center experience. *Surgical Neurology International*. 2022;13:566. https://doi.org/10.25259/sni_810_2022.
 38. Бурденко Н. Н. Обзор и пути дальнейшего развития нейрохирургической работы центрального нейрохирургического Института и 1-ой хирургической клиники I ММИ // В кн.: Первая сессия нейрохирургического совета, 3–7 мая 1935 г., Москва-Ленинград. — Биомедгиз. — 1937. — с. 7–14 [Burdenko NN et al. Review and ways of further development of the neurosurgical work of the Central Neurosurgical Institute and the 1st surgical clinic of the I MMI // In the book: The first session of the Neurosurgical Council, May 3–7, 1935, Moscow-Leningrad. — Biomedgiz. — 1937. — pp. 7–14. (In Russ.)].
 39. Hoanh Tra, Trong Huynh, Ba Nguyen. Minipterional and Supraorbital Keyhole Craniotomies for Ruptured Anterior Circulation Aneurysms: Experience at Single Center. *World Neurosurgery*. 2018;109:36–39. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.09.058>.
 40. Hitoshi Yamahata, Hiroshi Tokimura, Kenichiro Tajitsu, Masahiro Tsuchiya, Ayumi Taniguchi, Masashi Hirabaru, Kenji Takayama, Tomomi Shinsato, Takahisa Hirayama, Kazunori Arita. Efficacy and safety of the pterional keyhole approach for the treatment of anterior circulation aneurysms. *Neurosurgical Review*. 2014;37(4):629–636. <https://doi.org/10.1007/s10143-014-0562-6>.
 41. Justin M. Caplan, Kyriakos Papadimitriou, Wuyang Yang, Geoffrey P. Colby, Alexander L. Coon, Alessandro Olivi, Rafael J. Tamargo, Judy Huang. The Minipterional Craniotomy for Anterior Circulation Aneurysms. *Operative Neurosurgery*. 2014;10(2):200–207. <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000000348>.
 42. Leonardo C. Welling, Eberval G. Figueiredo, Hung T. Wen, Marcos Q. T. Gomes, Edson Bor-Seng-Shu, Cesar Casarolli, Vinicius M. P. Guirado, Manoel Jacobsen Teixeira. Prospective randomized study comparing clinical, functional, and aesthetic results of minipterional and classic pterional craniotomies. *Journal of Neurosurgery*. 2015;122(5):1012–1019. <https://doi.org/10.3171/2014.11.jns146>.
 43. Khaled M Aziz, Nouman Aldahak, Mohamed El Tantowy, Derrick Dupre, Alexander Yu, Jeffrey T Keller, Sebastien Froelich. Drilling of the marginal tubercle to enhance exposure via mini pterional approach: An anatomical study and clinical series of 25 sphenoid wing meningiomas. *Surgical Neurology International*. 2016;7(41):989. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.195575>.
 44. Eberval Gadelha Figueiredo, Leonardo C. Welling, Mark C. Preul, Gabriel Reis Sakaya, Iuri Neville, Robert F. Spetzler, Manoel Jacobsen Teixeira. Surgical experience of minipterional craniotomy with 102 ruptured and unruptured anterior circulation aneurysms. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2016;27:34–39. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2015.07.032>.
 45. Yvens Barbosa Fernandes, Daniel Maitrot, Pierre Kehrl, Oswaldo Ignácio de Tella Jr, Ricardo Ramina, Guilherme Borges. Supraorbital eyebrow approach to skull base lesions. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*. 2002;60(2A):246–250. <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2002000200012>.
 46. Robert Reisch, Axel Perneczky. Ten-year Experience with the Supraorbital Subfrontal Approach through an Eyebrow Skin Incision. *Operative Neurosurgery*. 2005;57(suppl_4):242–255. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000178353.42777.2c>.
 47. H. L. Brydon, H. Akil, S. Ushewokunze, J. S. Dhir, A. Taha, A. Ahmed. Supraorbital microcraniotomy for acute aneurysmal subarachnoid haemorrhage: results of first 50 cases. *British Journal of Neurosurgery*. 2008;22(1):40–45. <https://doi.org/10.1080/02688690701601521>.
 48. Harjinder S Bhatoe. Transciliary supraorbital keyhole approach in the management of aneurysms of anterior circulation: Operative nuances. *Neurology India*. 2009;57(5):599. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.57812>.
 49. J. Paladino, N. Pirker, D. Štimac, R. Stern-Padovan. Eyebrow Keyhole Approach in Vascular Neurosurgery. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 1998;41(04):200–203. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1052042>.
 50. Sándor Czirják, György T. Szeifert. Surgical Experience with Frontolateral Keyhole Craniotomy through a Superciliary Skin Incision. *Neurosurgery*. 2001;49(2):481. <https://doi.org/10.1227/0.0006123-200108000-00054>.
 51. Amos O. Dare, Michael K. Landi, Demetrius K. Lopes, Walter Grand. Eyebrow incision for combined orbital osteotomy and supraorbital minicraniotomy: application to aneurysms of the anterior circulation. *Journal of Neurosurgery*. 2001;95(4):714–718. <https://doi.org/10.3171/jns.2001.95.4.0714>.
 52. H. Wiedemayer, I. E. Sandalcioğlu, H. Wiedemayer, D. Stolke. The Supraorbital Keyhole Approach via an Eyebrow Incision for Resection of Tumors around the Sella and the Anterior Skull Base. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2004;47(4):221–225. <https://doi.org/10.1055/s-2004-818526>.
 53. Mao-zhi Zhang, Lei Wang, Wei Zhang, Wei Qi, Rong Wang, Xiao-di Han, Ji-zong Zhao. The supraorbital keyhole approach with eyebrow incisions for treating lesions in the anterior fossa and sellar region. *Chinese Medical Journal (Engl.)*. 2004;117(3):323–326. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15043766>.
 54. I. Melamed, V. Merkin, A. Korn, M. Nash. The Supraorbital Approach: An Alternative to Traditional Exposure for the Surgical Management of Anterior Fossa and Parasellar Pathology. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2005;48(5):259–263. <https://doi.org/10.1055/s-2005-915603>.
 55. Patrick Mitchell, R. R. Vindlacheruvu, Khalid Mahmood, Richard D. Ashpole, Athanasios Grivas, A. David Mendelow. Supraorbital eyebrow minicraniotomy for anterior circulation aneurysms. *Surgical Neurology*. 2005;63(1):47–51. <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2004.02.030>.
 56. Velimir Lupret, Tomislav Sajko, Vili Beroš, Nenad Kudelić. Advantages and Disadvantages of the Supraorbital Keyhole Approach to Intracranial Aneurysms. *Acta Clinica Croatica*. 2006;45(2): 91–94.

- https://www.researchgate.net/publication/27198653_Advantages_and_Disadvantages_of_the_Supraorbital_Keyhole_Approach_to_Intracranial_Aneurysms.
57. Stefano Telera, Carmine Maria Carapella, Fabrizio Caroli, Francesco Crispo, Giovanni Cristalli, Laura Raus, Isabella Sperduti, Alfredo Pompili. Supraorbital keyhole approach for removal of midline anterior cranial fossa meningiomas: a series of 20 consecutive cases. *Neurosurgical Review*. 2011;35(1):67–83. <https://doi.org/10.1007/s10143-011-0340-7>.
 58. Gerrit Fischer, Axel Stadie, Robert Reisch, Nikolai J Hopf, Georg Fries, Hans Böcher-Schwarz, Erik van Lindert, Karl Ungersböck, Engelbert Knosp, Joachim Oertel, Axel Perneczky. The Keyhole Concept in Aneurysm Surgery: Results of the Past 20 Years. *Neurosurgery*. 2011;68(1):45–51. <https://doi.org/10.1227/neu.0b013e31820934ca>.
 59. N. McLaughlin, L. F. Ditzel Filho, K. Shahlaie, D. Solari, A. Kassam, D. Kelly. The Supraorbital Approach for Recurrent or Residual Suprasellar Tumors. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2011;54(04):155–161. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1284401>.
 60. Nohra Chalouhi, Pascal Jabbour, Ibrahim Ibrahim, Robert M. Starke, Philippe Younes, Gilles El Hage, Elie Samaha. Surgical Treatment of Ruptured Anterior Circulation Aneurysms. *Neurosurgery*. 2013;72(3):437–442. <https://doi.org/10.1227/neu.0b013e3182804e9c>.
 61. N. J. Hopf, A. Stadie, R. Reisch. Surgical Management of Bilateral Middle Cerebral Artery Aneurysms via a Unilateral Supraorbital Key-Hole Craniotomy. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2009;52(03):126–131. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1225618>.
 62. S. M. Raza, T. Garzon-Muvdi, K. Boahene, A. Olivi, G. Gallia, M. Lim, P. Subramanian, A. Quinones-Hinojosa. The Supraorbital Craniotomy for Access to the Skull Base and Intraaxial Lesions: A Technique in Evolution. *Minimally Invasive Neurosurgery*. 2010;53(01):1–8. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247504>.
 63. Jaechan Park, Hyunjin Woo, Dong-Hun Kang, Joo-Kyung Sung, Yongsun Kim. Superciliary Keyhole Approach for Small Unruptured Aneurysms in Anterior Cerebral Circulation. *Operative Neurosurgery*. 2011;68: ons300-ons309. <https://doi.org/10.1227/neu.0b013e3182124810>.
 64. Ricardo Prat-Acín, Inmaculada Galeano-Senabre, G. Pancucci, R. Evangelista, A. Ayuso-Sacido, C. Botella. Supraorbital trans-eyebrow craniotomy and fluorescence-guided resection of fronto-basal high grade gliomas. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2013;115(9):1586–1590. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2013.02.009>.
 65. Roberto Gazzeri, Yuya Nishiyama, Ph.D., Charles Teo. Endoscopic supraorbital eyebrow approach for the surgical treatment of extraaxial and intraaxial tumors. *Neurosurgical Focus*. 2014;37(4): E20. <https://doi.org/10.3171/2014.7.focus14203>.
 66. Alhadi Igressa, Ioannis Pechlivanis, Friedrich Weber, Mehran Mahvash, Ali Ayyad, Mahjouba Boutarbouch, Patra Charalampaki. Endoscope-assisted keyhole surgery via an eyebrow incision for removal of large meningiomas of the anterior and middle cranial fossa. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2015;129:27–33. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2014.11.024>.
 67. Mohammed M. Adawi, Abdelaal M. Abdelbaky. Validity of the Lateral Supraorbital Approach as a Minimally Invasive Corridor for Orbital Lesions. *World Neurosurgery*. 2015;84(3):766–771. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.04.058>.
 68. Nikolai Hopf, Anne-Katrin Hickmann, Peter Kurucz, Markus Bittl, Hans Henkes, Guenther Feigl, Firas Thaher. Supraorbital Keyhole Approach to the Skull Base: Evaluation of Complications Related to CSF Fistulas and Opened Frontal Sinus. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery*. 2015;76(06):433–437. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1389368>.
 69. Yuping Peng, Jun Fan, Yu Li, Mingxin Qiu, Songtao Qi. The Supraorbital Keyhole Approach to the Suprasellar and Supra-Intrasellar Rathke Cleft Cysts Under Pure Endoscopic Visualization. *World Neurosurgery*. 2016;92:120–125. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.04.121>.
 70. Murilo S Meneses, Ana Lucila Moreira, Kelly C Bordignon, Ari A Pedrozo, Ricardo Ramina, Jeziel G Nikoski. Surgical Approaches to the Petrous Apex: Distances and Relations with Cranial Morphology. *Skull Base*. 2004;14(1):9–19. <https://doi.org/10.1055/s-2004-821353>.
 71. Поспелова М.Л., Терновых И.К., Руднева В.А., Алексеева Т.М., Олюшин В.Е., Ефимцев А.Ю., Куканов К.К., Лепехина А.С., Иванова Н.Е., Улитин А.Ю. Диагностика опухоли головного мозга в практике невролога и нейрохирурга: клинический случай. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова*. 2020;12(3):74–78. [Pospelova M. L., Ternovy'kh I.K., Rudneva V.A., Alekseeva T. M., Olyushin V.E., Efimczev A. Yu., Kukanov K. K., Lepekhina A. S., Ivanova N. E., Ulitin A. Yu. Diagnostika opukholi golovnogo mozga v praktike nevrologa i nejrokhirurga: klinicheskij sluchaj. Rossijskij nejrokhirurgicheskij zhurnal im. professora A. L. Polenova. 2020; 12(3):74–78 (In Russ.).] EDN: YJHINN.
 72. Кондратьев С.А., Кондратьева Е.А., Кондратьев А.Н., Лестева Н.А., Куканов К.К., Иванова Н.Е. Мышечная слабость в раннем послеоперационном периоде после удаления опухоли головного мозга. *Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова*. 2021;13(4):51–58. [Kondratiev S. A., Kondratieva E. A., Kondratiev A. N., Lesteva N. A., Kukanov K. K., Ivanova N. E. Muscle weakness in the early postoperative period after removal of a brain tumor. Rossiiskii nejrokhirurgicheskii zhurnal im. professora A. L. Polenova. 2021; 13(4):51–58. (In Russ.).] EDN: ERBXEE.