



Peritumoural oedema volume as a predictor of neurological and functional outcomes in patients with gliomas

Zhenishbek Karimov

PhD in Medical Sciences, Associate Professor
Kyrgyz State Medical Institute of Retraining and Advanced Training named after S.B. Daniyarov
720040, 144a Bokonbaev Str., Bishkek, Kyrgyz Republic
<https://orcid.org/0000-0003-4317-2649>

Altynbek Shamshiev*

Assistant
I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy
720020, 92 Akhunbaev Str., Bishkek, Kyrgyz Republic
<https://orcid.org/0009-0007-7869-9682>

Mytalip Mamytov

Doctor of Medical Sciences, Professor
I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy
720020, 92 Akhunbaev Str., Bishkek, Kyrgyz Republic
<https://orcid.org/0009-0007-4218-7116>

Abstract. The purpose of the study was to evaluate the prognostic significance of the preoperative volume of peritumoural oedema according to magnetic resonance imaging in patients with gliomas. A single-centre observational study was conducted, including 60 patients aged 21 to 75 years, with predominance of high-grade diffuse gliomas grade 4 according to the World Health Organisation classification. The volume of peritumoural oedema was determined using magnetic resonance imaging in T2-weighted and fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) sequences by means of volumetric analysis, followed by stratification into four groups. Neurological, cognitive, and functional status were assessed using the National Institutes of Health Stroke Scale, the Mini-Mental State Examination, and the modified Rankin Scale, with final evaluation performed at 6 months. It was found that the preoperative peritumoural oedema volume significantly correlated with the severity of functional deficiency 6 months after surgery (correlation coefficient $r = 0.68$; $p < 0.001$; 95% confidence interval 0.52-0.81). It was shown that with a peritumoural oedema volume of 30 cm³ or more, the proportion of adverse outcomes on the modified Rankin Scale of more than 2 points was 60.0%, whereas with a peritumoural oedema volume of less than 30 cm³, this indicator did not exceed 26.7%. It was calculated that the presence of peritumoural oedema with a volume of 30 cm³ or more is associated with a 4.13-fold increase in the probability of an unfavourable functional outcome (odds ratio 4.13; 95% confidence interval 1.39-12.27; $p < 0.01$). It was found that after surgical resection, the average volume of peritumoural oedema decreased dynamically, but on the first day there was a temporary increase in oedema followed by regression by days 14-30. A provision has been developed that the quantitative assessment of peritumoural oedema according to preoperative magnetic resonance imaging can be used as an objective criterion for risk stratification and planning decongestant therapy in patients with gliomas

Keywords: peritumoural zone; neuroimaging; T2/FLAIR; magnetic resonance imaging; Rankin Scale; risk stratification

Introduction

The relevance of the study is conditioned by the high clinical significance of peritumoural oedema in glial brain tumours, since its severity can affect the

neurological status, functional independence of the patient, and treatment outcomes. Glial brain tumours, especially high-grade diffuse gliomas, remain one of the

Karimov Zh, Shamshiev A, Mamytov M. Peritumoural oedema volume as a predictor of neurological and functional outcomes in patients with gliomas. Eurasian Health J. 2026;18(1):126-44. DOI: 10.54890/1694-8882-2026-1-126

*Corresponding author (shamshiev13@gmail.com)



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

most difficult problems of contemporary neuro-oncology due to infiltrative growth, pronounced biological heterogeneity, and unfavourable prognosis.

Recommendations of M. Weller *et al.* [1] and P.Y. Wen *et al.* [2] emphasised the need for a comprehensive assessment of not only the tumour node itself, but also the surrounding peritumoural zone, since it largely determines the severity of clinical symptoms, the features of the postoperative course, and treatment outcomes. A significant role in the clinical picture of gliomas is played by peritumoural oedema, which is an important pathophysiological component of the tumour process. Its development is accompanied by impaired permeability of the blood-brain barrier, accumulation of fluid mainly in the white matter, increased mass effect, compression of adjacent structures, and deterioration of perfusion of the peritumoural zones. These changes contribute to the development of focal neurological deficits, cognitive impairments, and decreased functional independence of patients. Approaches of S.S. Ahn & J. Cha [3] to the neuroimaging assessment of primary tumours of the central nervous system also pointed to the need to analyse peritumoural changes as a clinically significant part of the tumour process.

The correct interpretation of postoperative neuroimaging changes is also important. According to A.M. Rykkje *et al.* [4], the timing of early postoperative magnetic resonance imaging can significantly affect the assessment of contrast and non-contrast changes after glioblastoma removal. In turn, the updated criteria of Response Assessment in Neuro-Oncology 2.0 and their practical neuroradiological interpretation emphasise the need for a standardised assessment of T2/FLAIR changes and residual pathological tissue in gliomas [5-6]. PET RANO positron emission criteria play an additional role in the comprehensive assessment of the tumour process, expanding the possibilities of monitoring diffuse gliomas [7]. Quantitative characterisation of the peritumoural zone is impossible without the use of standardised magnetic resonance techniques. Consensus recommendations on dynamic susceptibility contrast perfusion magnetic resonance imaging emphasise the importance of reproducible parameters in the study of high-grade gliomas [8]. In addition, advanced magnetic resonance techniques, including a multiparametric approach, spectroscopy, radiomics, and comprehensive imaging of glioblastoma patients, help to more fully characterise both the tumour itself and the surrounding oedema zone, as shown by M. Martucci *et al.* [9], O.M. Henriksen *et al.* [10] and T.C. Booth *et al.* [11].

In recent years, special attention has been paid to the quantitative assessment of peritumoural oedema as a prognostic indicator. Z. Fang *et al.* [12] have shown that the peritumoural oedema index and related mechanisms affect the prognosis in patients with glioblastoma. These data confirm that the severity of oedema can be considered not only as a radiological

characteristic, but also as a potential marker of the biological features of the tumour and the unfavourable course of the disease. Despite significant progress, there are still insufficient studies in the literature in which the peritumoural oedema volume was analysed as a quantitative indicator directly related to neurological deficits, cognitive impairments, and functional outcome after surgical treatment. The threshold values of the volume of oedema that could be used in everyday clinical practice for risk stratification have also been insufficiently studied. This determined the purpose of this study to evaluate the prognostic value of the preoperative volume of peripheral oedema according to magnetic resonance imaging in T2 and FLAIR modes for the neurological, cognitive, and functional outcome in patients with gliomas of the brain.

Materials and Methods

This study was conducted as a single-centre observational investigation at the Department of Neurosurgery of the National Hospital under the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic between 2021 and 2025. The study included 60 patients aged 21 to 75 years with malignant glial brain tumours, in whom a pronounced peritumoural oedema zone was identified on preoperative magnetic resonance imaging. Predominance of high-grade diffuse gliomas, WHO grade 4, was observed in the morphological composition of the cohort, namely glioblastoma grade 4 in 30 patients and astrocytoma grade 4 in 30 patient. The choice of this particular category of patients was conditioned by the fact that with high-grade gliomas, peripheral oedema, as a rule, reaches the greatest severity, has a significant effect on clinical symptoms and can serve as a significant prognostic marker of the disease progression.

The inclusion criteria were the presence of an intracerebral glial tumour, confirmed by clinical, neuroimaging and morphological data, the presence of preoperative magnetic resonance imaging of the brain with mandatory T2 and FLAIR regimens, surgical treatment, and the availability of clinical assessment on the NIHSS, MMSE, and mRS scales at the main stages of follow-up. NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale) is a neurological deficit assessment scale; MMSE (Mini-Mental State Examination) is a brief cognitive status scale; mRS (modified Rankin Scale) is a scale for assessing functional outcome and degree of disability. Exclusion criteria were pronounced post-ischaemic or post-haemorrhagic changes in brain matter, which can independently affect neurological deficits and the volume of pathological changes on magnetic resonance imaging, severe somatic decompensation, which worsens the functional status regardless of the tumour process, and the absence of key control points for dynamic observation.

The main research materials were medical records of inpatient patients, protocols of neuroimaging studies, surgical journals, protocols of intraoperative

ultrasound examination, histological findings, and the results of dynamic clinical evaluation. The analysis of archived medical documentation was used to retrospectively clarify the anamnestic, clinical and instrumental characteristics of patients, and to compare neuroimaging parameters with clinical outcomes. The use of multiple data sources has improved the completeness of the observation and ensured comparability of neuroimaging, clinical and postoperative results. Magnetic resonance imaging of the brain was used as the main instrumental method. The study was performed in the preoperative period 1-10 days before surgery, and in the postoperative dynamics on days 1, 3, 7, 14, and 30, if there were clinical indications and the technical availability of the study. The most significant for the assessment of peritumoural oedema were T2-weighted images and the FLAIR sequence, that is, Fluid Attenuated Inversion Recovery, a mode with suppression of the signal from free fluid. The choice of FLAIR and T2 modes was conditioned by their high sensitivity to visualisation of vasogenic oedema in the cerebral white matter. Additionally, T1-weighted images were included in the standard protocol, and, if indicated, T1-weighted images with contrast enhancement, which was used to clarify the boundaries of the tumour node, necrosis zones, and the cystic component.

The volume of peritumoural oedema was determined by volumetric analysis using FLAIR-hyperintensity zones located peritumourally. During the calculation, obvious necrotic and cystic cavities were excluded, and in postoperative studies, the resection cavity was also excluded in order not to overestimate the volume of oedematous changes. For this, a morphometric image segmentation method was used, based on the sequential allocation of the area of interest on each slice, followed by the summation of the areas and conversion to volume. This approach can be performed manually or semi-automatically and is the most reasonable in neuro-oncological studies, since it allows quantifying the prevalence of pathological changes, rather than being limited only to descriptive visual characteristics. According to the results of volumetry, patients were stratified into four groups according to the volume of peritumoural oedema: less than 30 cm³, 30-60 cm³, 60-100 cm³, and more than 100 cm³. This gradation was used to compare the oedema severity with neurological deficits, cognitive impairments, and functional outcome.

An additional method of intraoperative monitoring was ultrasound examination during surgery after tumour resection. Intraoperative ultrasound examination was used to clarify the boundaries of resection, assess the residual tumour component, and visually monitor the condition of surrounding tissues. The use of this method was substantiated by its accessibility, the possibility of obtaining real-time data, and its practical significance for neurosurgical tactics. Clinical research methods included neurological examination

and standardised assessment of the patient's condition using validated scales. Neurological deficit was determined by the NIHSS scale before surgery, in the early postoperative period on days 7-14, before the start of adjuvant chemoradiotherapy on days 15-30, and after 3 and 6 months. Cognitive functions were assessed on the MMSE scale at the same control dates. Functional outcomes were analysed using a modified Rankine Scale, with the final endpoint being the mRS value 6 months after surgery. The 15-30 day interval was considered separately as a baseline before starting adjuvant treatment, since later clinical outcomes could be influenced not only by neurosurgical intervention and the dynamics of peritumoural oedema, but also by radiation therapy with temozolomide. The morphological method was used to verify the histological variant of the tumour and to confirm the diagnosis definitively. Histological findings were used to classify patients according to nosological forms and compare the morphological variant with the severity of peritumoural oedema. This was necessary to increase the diagnostic accuracy and uniformity of the sample under study.

Statistical data processing was carried out using descriptive and analytical statistical methods. Quantitative indicators were presented as the arithmetic mean and standard deviation ($M \pm SD$) with a normal distribution, or as the median and interquartile range [IQR] with an abnormal distribution, where IQR was the interquartile range. To analyse the relationship between the volume of peritumoural oedema and functional outcome indicators, Pearson or Spearman correlation analysis was used, depending on the nature of the distribution of signs. Pearson's method was used for parametric data distribution, while Spearman's method was used for deviations from normality or for the analysis of ordinal scales. For an intergroup comparison of indicators in the categories of peripheral oedema volume, appropriate criteria for comparing quantitative and qualitative signs were used. For prognostic evaluation, the odds ratio of an unfavourable outcome with mRS > 2 was calculated depending on the threshold value of the peritumoural oedema volume ≥ 0 cm³. The odds ratio was determined by the equation $OR = (a \times d) / (b \times c)$, where a and d – number of observations with matching outcomes, b and c – number of observations with alternative outcomes in the compared groups. The choice of this method was substantiated by the possibility to quantify the strength of the relationship between the volume of oedema and the risk of an unfavourable functional outcome. The differences at $p < 0.05$ were considered statistically significant. The study was conducted in accordance with the principles of biomedical ethics. The study protocol was approved by the Bioethics Committee of the National Surgical Center named after M. Mamakeev of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic (Protocol No. 29 dated 11 February 2021). The study was performed

in accordance with the ethical principles of the World Medical Association [13]. All patients received written informed consent to participate in the study, to process personal data, and to use the results of the examination for scientific purposes.

Results

Preoperative clinical and neurological status of patients

All patients had a pronounced zone of peritumoural oedema according to preoperative magnetic resonance imaging and were characterised by significant neurological and functional deficits at the time of admission. The volume of the tumour node in most cases ranged from 40 to 70 cm³, while the volume of peritumoural oedema was at least 30 cm³, on average about 60 cm³, and in some cases exceeded 100 cm³. The choice of the threshold value of peritumoural oedema at the level of 30 cm³ was conditioned by the fact that after exceeding this volume, oedema is usually accompanied by a significant mass effect, goes beyond the local peritumoural ring, and begins to involve the pathways and associative

networks of the brain. This leads to increased compression of brain structures, an increased risk of dislocation and secondary ischaemia of the peritumoural zones.

All patients underwent total resection of the tumour node. In the preoperative and early postoperative periods, decongestant therapy was performed, including glucocorticosteroids (dexamethasone at a dose of 12-16 mg per day), osmotic diuretics (mannitol 400-800 ml per day), and loop diuretics (furosemide 20-40 mg), which was aimed at reducing the vasogenic component of oedema and reducing intracranial hypertension. Histological examination of the surgical material confirmed the presence of grade 4 glioblastoma and astrocytoma in all patients. Upon admission, all patients underwent a comprehensive clinical and neurological assessment using standardised scales. Cognitive status was assessed using the Mini-Mental State Examination (MMSE) scale, neurological deficit was assessed using the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), and functional status was assessed using the modified Rankin Scale (mRS). Baseline assessment results are presented in Table 1.

Table 1. Cognitive, neurological, and functional status of patients depending on the histological variant of the tumour and the peritumoural oedema volume

Tumour / PTO volume	n	MMSE	NIHSS	mRS
Astrocytoma grade 4, PTO 41 cm ³ (frontal-temporal-parietal localisation)	11	19	17	3
Astrocytoma grade 4, PTO 50 cm ³ (parietal-temporal-occipital localisation)	9	23	20	3
Astrocytoma grade 4, PTO 62 cm ³ (temporal-frontal-parietal localisation)	10	20	22	4
Astrocytoma grade 4, PTO 85 cm ³ (frontal-parietal-temporal localisation)	16	16	30	4
Astrocytoma grade 4, PTO 103 cm ³ (parietal-occipital, paraventricular localisation)	8	12	36	5
Astrocytoma grade 4, PTO 112 cm ³ (deep temporal-parietal-occipital localisation)	6	8	40	5

Note: PTO – peritumoural oedema

Source: developed by the authors based on their own clinical observations

An analysis of the data presented in Table 1 showed that all patients had a pronounced neurological deficit before surgery. The values on the NIHSS scale ranged from 17 to 40 points, which corresponded to a severe neurological condition. On the mRS scale, the indicators ranged from 3 to 5 points, which indicated a significant limitation of functional independence. Cognitive scores on the MMSE scale ranged from 8 to 23 points, indicating varying degrees of cognitive impairment.

Dynamics of peritumoural oedema in glial brain tumours

In the postoperative period, the dynamics of peritumoural oedema was considered as one of the key criteria for the effectiveness of surgical treatment and the

severity of reactive changes in brain tissue. Tracking the volume of oedema allowed assessing the condition of the blood-brain barrier, the effectiveness of decongestant therapy, and determining the optimal timing of follow-up magnetic resonance imaging before starting adjuvant treatment. The volume of peritumoural oedema was assessed based on magnetic resonance imaging data in T2-weighted images and FLAIR modes, and on the results of intraoperative ultrasound examination. An example of the neuroimaging pattern of peritumoural oedema is shown in Figure 1.

As shown in Table 2, the dynamics of the peritumoural oedema volume in patients with glial brain tumours was characterised by a gradual change in indicators at different follow-up periods.

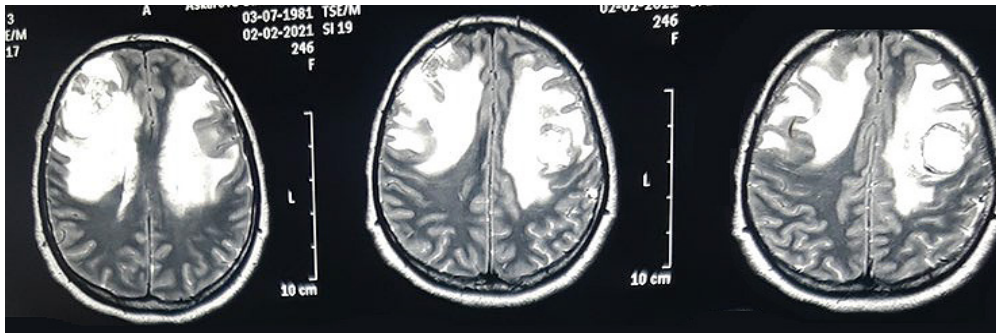


Figure 1. Magnetic resonance imaging of the brain (T2/FLAIR), showing peritumoural oedema around the glial tumour

Source: developed by the authors based on their own MRI data

Table 2. Dynamics of the peritumoural oedema volume in patients with glial brain tumours

No.	Study period	Visualisation method	n	Average PTO volume (cm ³)
1	Before surgery	MRI	60	64.3 ± 15.7
2	Before resection	Intraoperative ultrasound	60	67.1 ± 18.2
3	After removal of the tumour	Intraoperative ultrasound	60	43.7 ± 10.8
4	Day 7	MRI	60	29.4 ± 12.5
5	Days 10-14	MRI	60	18.1 ± 9.6

Note: PTO – peritumoural oedema

Source: developed by the authors based on their own clinical observations

As can be seen from the data presented in Table 2, after removal of the tumour node, there was a consistent decrease in the average volume of peritumoural oedema. The highest rate was recorded before surgery and immediately before resection according to intraoperative ultrasound examination, whereas after tumour removal there was a marked decrease in PTO volume. By days 7 and 14 of the postoperative period, there was a steady trend towards further regression of oedema,

which indicated the effectiveness of surgical decompression and ongoing decongestant therapy. To visually display the revealed dynamics, the data in Table 2 are also presented graphically in Figure 2. As can be seen in Figure 2, after a slight increase in the index at the stage of preoperative intraoperative control, there was a further marked decrease in the average volume of peritumoural oedema, especially after tumour resection and during the first two weeks after surgery.

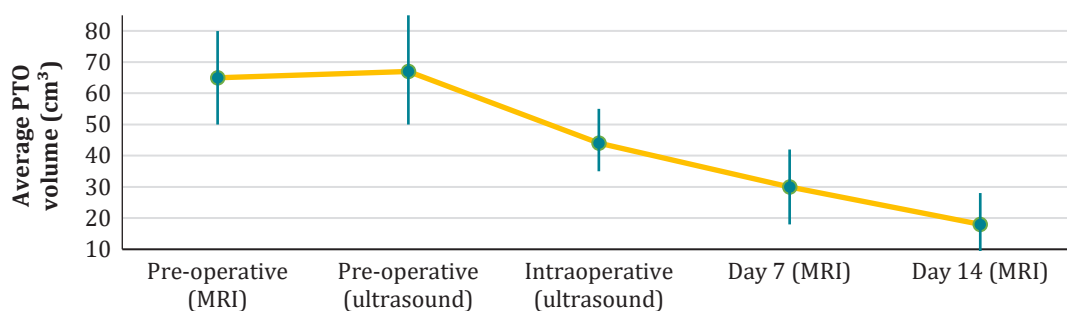


Figure 2. Dynamics of peritumoural oedema volume before and after surgical treatment

Source: developed by the authors based on the data in Table 2

A more detailed analysis of the dynamics of peritumoural oedema and clinical parameters is presented in Table 3. As the data show, changes in the peritumoural oedema volume in the postoperative period were accompanied by corresponding dynamics in the neurological and functional status of patients. The degree of oedema regression was of clinical importance, since it

was associated with a decrease in the severity of cerebral and focal symptoms, and with improved indicators of daily activity and functional independence. The results presented in the table allowed more fully assessing the relationship between neuroimaging changes and the clinical course of the disease at various stages of follow-up.

Table 3. Dynamics of the peritumoural oedema volume in patients with glial brain tumours

Reference point	PTO (cm ³)	MMSE	NIHSS	mRS
Before surgery	60.2 ± 14.8	16	> 20	4-5
Intraoperatively	45.3 ± 11.7	-	-	-
Day 1	55.1 ± 13.9	12	> 20	4-5
Day 3	40.5 ± 10.2	16	18-20	4
Day 7	30.4 ± 8.1	19	16-18	4
Day 14	25.6 ± 7.3	21	15-16	3
Day 30	20.8 ± 6.5	24	12-14	3
3 months	15-19	28	8-10	3
6 months	12-15	30	5-6	2

Note: PTO – peritumoural oedema

Source: developed by the authors based on the observation results

Analysis of the data in Table 3 showed that after surgical removal of the tumour, there was a gradual decrease in the peritumoural oedema volume. On the first day after surgery, the phenomenon of the so-called “oedema rebound” was observed, associated with a reactive inflammatory response of brain tissue. Subsequently, starting from 3-7 days, there was a steady decrease in the volume of oedema with a gradual improvement in the neurological and functional status of patients. All included patients had intracerebral glial tumours of large and gigantic sizes (linear size ≥4.0-6.0 cm; tumour volume from 60 cm³ to ≥100 cm³), accompanied by pronounced peritumoural vasogenic oedema (PTO volume, as a rule, >60-100 cm³, in some cases – more than 100 cm³)

(Table 2). There was a marked decrease in PTO intraoperatively (decompressive effect of resection), followed by a temporary increase on day 1 (“oedema rebound”), followed by a steady regression by days 7-14 and a further decrease by day 30 (Fig. 3). Such early dynamics is consistent with the fact that postoperative reactive changes and oedema may increase in the first days and then decrease; an early MRI window is critical for a correct assessment of the postoperative picture. In the long-term periods of 3 and 6 months, the volume of T2/FLAIR hyperintensity reflects the total vasogenic oedema, postoperative and postradiative changes, and possible infiltration; therefore, the term “volume of FLAIR anomalies” is used for these periods (Table 3).

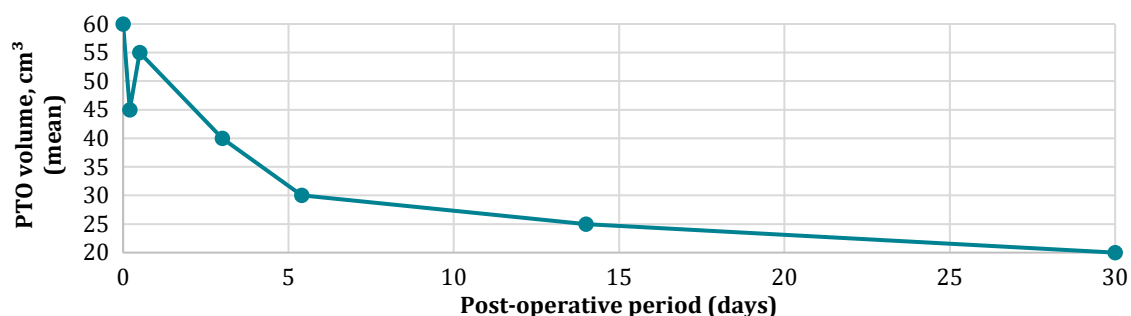


Figure 3. Linear graph of the dynamics of the average peritumoural oedema volume (cm³) at various stages of observation

Source: developed by the authors based on the data in Table 3

Thus, the results obtained indicate that pronounced peritumoural oedema is not only a neuroimaging sign, but also an important clinical and prognostic factor reflecting the degree of compression of brain tissue, microcirculation disorders, and hypoxia of the peritumoural zones. Even after radical removal of the tumour, the recovery of neurological functions is slower, since functionally significant neural networks have been under compression and ischaemia for a long time, and peritumoural tissue remains more vulnerable to intraoperative trauma and early postoperative fluctuations in perfusion.

Along with the analysis of the postoperative dynamics of peritumoural oedema, its prognostic value was assessed. The volume of peritumoural oedema of 30 cm³ was chosen as the threshold level, since it is after exceeding this value that oedema is more often accompanied by a clinically significant mass effect, goes beyond the local peritumoural ring, involves pathways and associative networks of the brain, and also increases the risk of dislocation and secondary ischaemia. It was found that the preoperative volume of peritumoural oedema significantly correlated with the severity of functional deficiency 6 months after surgery ($r = 0.68$;

$p < 0.001$; 95% CI 0.52-0.81). With a peritumoural oedema volume $\geq 30 \text{ cm}^3$, the proportion of adverse outcomes, defined as a modified Rankin Scale value of more than 2 points, was 60.0%, whereas with a peritumoural oedema volume $< 30 \text{ cm}^3$, this indicator was 26.7%. The calculation of the odds ratio showed that the presence of peritumoural oedema $\geq 30 \text{ cm}^3$ is associated with a 4.13-fold increased risk of an unfavourable functional outcome (OR = 4.13; 95% CI 1.39-12.27; $p < 0.01$).

The established patterns are of direct practical importance for the management of patients with glial brain tumours. Already at the preoperative stage, patients with a peritumoural oedema volume $\geq 30 \text{ cm}^3$ can be classified as a high-risk group for an unfavourable functional outcome according to the modified Rankine scale (mRS > 2), which should be taken into consideration when stratifying risk, planning the volume of perioperative follow-up, and choosing the intensity of decongestant therapy. The control MRI schedule is also of major importance in early postoperative follow-up; performing the examination within the recommended 24-48-hour window, but no later than 72 hours after surgery, allows for more accurate interpretation of postoperative changes, assessment of residual pathological areas, and determination of further treatment strategy.

During follow-up dynamic monitoring, particularly within 12 weeks after completion of chemoradiotherapy, the possibility of pseudoprogression should be considered when interpreting MRI findings, as an increase in FLAIR abnormalities during this period does not always indicate true tumour progression. Thus, the results obtained indicate that pronounced peritumoural oedema is not only an important neuroimaging indicator, but also a significant clinical and prognostic factor. Its severity determines the preoperative clinical condition, the characteristics of the early postoperative period, and the likelihood of an unfavourable functional outcome in long-term follow-up. A consistent decrease in the peritumoural oedema volume after surgical treatment was accompanied by an improvement in the neurological, cognitive, and functional status of patients, which confirms the practical importance of volumetric oedema assessment in the system of preoperative risk stratification and dynamic postoperative monitoring.

Discussion

The results of the study showed that the preoperative peritumoural oedema volume in highly malignant glial brain tumours has independent clinical and prognostic significance. The established relationship between an increase in the volume of PTO, the severity of neurological deficits, cognitive impairments, and an unfavourable functional outcome after 6 months allowed considering peritumoural oedema not only as a neuroimaging phenomenon, but also as an indicator of the severity of the tumour process. The data obtained are comparable

with the results of contemporary studies devoted to the quantitative assessment of the peritumoural zone. M. Gao *et al.* [14] showed that intra-tumour and peritumoural radiomic signs according to magnetic resonance imaging have prognostic value in patients with gliomas.

U. Würtemberger *et al.* [15] demonstrated that the peritumoural zone in glioblastoma is characterised not only by vasogenic oedema, but also by an altered microstructure, reflecting the infiltrative nature of tumour growth. R. Tan *et al.* [16] also showed that radiomic analysis of the tumour and peritumoural oedema can be used for preoperative prediction of glioma malignancy. Thus, the results of the study are consistent with contemporary concepts that the peritumoural zone contains clinically and prognostically significant information. Of particular interest is the interpretation of early postoperative changes. F.X. Fu *et al.* [17] argued that the diagnostic value of multiparametric radiomic models for differentiating glioma recurrence and pseudoprogression. G. Librizzi *et al.* [18] in a systematic review also emphasised the importance of perioperative neuroimaging predictors of tumour progression and pseudoprogression.

J. Lin *et al.* [19] demonstrated the value of radiomic features on multiparametric magnetic resonance imaging for distinguishing pseudoprogression and recurrence in patients with high-grade gliomas. These data confirm that the interpretation of postoperative FLAIR/T2 hyperintensity requires caution, as it may reflect both reactive changes and true tumour dynamics. The phenomenon of a temporary increase in the volume of peritumoural oedema in the early postoperative period revealed in this study can be explained by reactive tissue restructuring, impaired microcirculation, and a temporary increase in the permeability of the blood-brain barrier. In this context, the data by H. Blakstad *et al.* [20], devoted to the frequency and outcomes of pseudoprogression after radiation therapy in patients with glioblastoma, additionally emphasised the complexity of interpreting the neuroimaging picture in this category of patients. Therefore, an early postoperative increase in the area of FLAIR changes should not always be interpreted as a manifestation of unfavourable dynamics, especially in the absence of clinical and radiological signs of true progression. Molecular mechanisms also play an essential role in the development and maintenance of oedema.

L. Castañeyra-Ruiz *et al.* [21] consider aquaporin-4 as one of the key links linking impaired water transport, glymphatic dysfunction, immune evasion, and tumour resistance to treatment in glioblastoma. These ideas are in good agreement with the data obtained, according to which pronounced peritumoural oedema is associated with a more severe neurological status and a worse functional prognosis. Thus, a comparison of the results with contemporary international data showed that peritumoural oedema is not only an indicator of the

prevalence of peritumoural changes, but also a clinically significant prognostic marker. Its quantitative assessment can be considered as an accessible tool for preoperative risk stratification, and further development of this area should be associated with the integration of volumetry, multiparametric magnetic resonance imaging, radiomics, and molecular markers of the peritumoural zone.

Conclusions

The study established that peritumoural oedema in highly malignant glial brain tumours is an important clinical and pathophysiological component of the tumour process, which has a significant impact on the neurological status and functional treatment outcomes. Quantitative assessment of the volume of peritumoural oedema according to magnetic resonance imaging in T2 and FLAIR modes allows objectively characterising the degree of involvement of peritumoural tissue and assess the severity of compression-ischaemic changes in the surrounding brain structures. Analysis of the data obtained showed that an increase in the preoperative volume of peritumoural oedema is accompanied by more pronounced neurological disorders and a decrease in the functional independence of patients.

There was a significant association between the volume of peritumoural oedema and the functional outcome six months after surgical treatment. The greater the volume of oedema at the preoperative stage, the higher the probability of maintaining a pronounced neurological deficit and limited functional activity in the long-term postoperative period. Thus, peritumoural oedema can be considered as one of the objective neuroimaging indicators of the severity of the condition of patients with glial tumours. Of particular importance is the revealed threshold value of the peritumoural oedema volume. It has been shown that when a level of about 30 cm³ is exceeded, the probability of an unfavourable functional outcome increases significantly. This value can be considered as a practical guideline for clinical risk stratification. The use of this approach allows identifying a group of patients requiring more intensive perioperative follow-up, active decongestant therapy, and more careful dynamic monitoring. An important result of the study was also the investigation of the dynamics of peritumoural oedema in the early postoperative period. After removal of the tumour node, there was a marked decrease in the volume of oedema due to decompression of brain structures. However, on the first day after surgery, in some cases there was a temporary increase in the FLAIR hyperintensity zone, which may

be associated with reactive inflammatory processes, changes in microcirculation, and a temporary increase in the permeability of the blood-brain barrier.

Subsequently, starting from the first week after surgery, there was a steady decrease in the volume of peritumoural oedema, accompanied by a gradual improvement in the neurological and functional condition of patients. The results obtained confirmed the expediency of using volumetric analysis of peritumoural oedema as an accessible and informative method for assessing the severity of patients with glial tumours. Quantitative assessment of the volume of oedema can be used for preoperative risk stratification, planning treatment tactics, optimising decongestant therapy, and determining the timing of control neuroimaging studies. A promising area of further research is a more detailed investigation of the structure of the peritumoural zone using multiparametric magnetic resonance imaging, including diffusion and perfusion methods, and the analysis of molecular and immunological factors involved in the development of peritumoural oedema. Additional research may be aimed at developing comprehensive prognostic models combining neuroimaging, morphological, and clinical parameters for more accurate prediction of the course of glial tumours and individualisation of therapy.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the staff of the Department of Neurosurgery of the National Hospital under the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic for their assistance in organising and conducting the clinical study, and for their help in collecting and systematising patients' clinical data. Separate acknowledgement is expressed to the specialists of the radiology department for the performance and interpretation of brain MRI examinations, which formed the basis for volumetric analysis of peritumoural oedema. The authors also thank the staff of the pathology laboratory for performing histological examination of the surgical specimens and confirming the morphological diagnosis of glial tumours. Special gratitude is expressed to all patients who participated in the study and provided informed consent for the use of their clinical data for scientific purposes.

Funding

None.

Conflict of Interest

None.

References

- [1] Weller M, van den Bent M, Preusser M, Le Rhun E, Tonn JC, Minniti G, et al. EANO guidelines on the diagnosis and treatment of diffuse gliomas of adulthood. *Nat Rev Clin Oncol*. 2021;18:170–86. DOI: [10.1038/s41571-020-00447-z](https://doi.org/10.1038/s41571-020-00447-z)
- [2] Wen PY, Weller M, Lee EQ, Alexander BM, Barnholtz-Sloan JS, Barthel FP, et al. Glioblastoma in adults: A society for neuro-oncology (SNO) and EANO consensus review on current management and future directions. *Neuro Oncol*. 2020;22(8):1073–113. DOI: [10.1093/neuonc/noaa106](https://doi.org/10.1093/neuonc/noaa106)

- [3] Ahn SS, Cha J. Pre- and post-treatment imaging of primary central nervous system tumors in the molecular era. *Korean J Radiol.* 2021;22(11):1858–74. DOI: [10.3348/kjr.2020.1450](https://doi.org/10.3348/kjr.2020.1450)
- [4] Rykkje AM, Larsen VA, Skjøth-Rasmussen J, Nielsen MB, Carlsen JF, Hansen AE. Timing of early postoperative MRI following primary glioblastoma surgery: A retrospective study of contrast enhancements in 311 patients. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(4):795. DOI: [10.3390/diagnostics13040795](https://doi.org/10.3390/diagnostics13040795)
- [5] Wen PY, van den Bent M, Youssef G, Cloughesy TF, Ellingson BM, Weller M, et al. RANO 2.0: Update to the response assessment in neuro-oncology criteria for high- and low-grade gliomas in adults. *J Clin Oncol.* 2023;41(33):5187–99. DOI: [10.1200/JCO.23.01059](https://doi.org/10.1200/JCO.23.01059)
- [6] Ellingson BM, Sanvito F, Cloughesy TF, Huang RY, Villanueva-Meyer JE, Pope WB, et al. A neuroradiologist's guide to operationalizing the response assessment in neuro-oncology criteria version 2.0 for gliomas in adults. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2024;45(12):1846–56. DOI: [10.3174/ajnr.A8396](https://doi.org/10.3174/ajnr.A8396)
- [7] Albert NL, Galldiks N, Ellingson BM, van den Bent MJ, Chang SM, Ciccone F, et al. PET-based response assessment criteria for diffuse gliomas (PET RANO 1.0): A report of the RANO group. *Lancet Oncol.* 2024;25(1):E29–41. DOI: [10.1016/S1470-2045\(23\)00525-9](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(23)00525-9)
- [8] Boxerman JL, Quarles CC, Hu LS, Erickson BJ, Gerstner ER, Smits M, et al. Consensus recommendations for dynamic susceptibility contrast MRI in high-grade gliomas. *Neuro Oncol.* 2020;22(9):1262–75. DOI: [10.1093/neuonc/noaa141](https://doi.org/10.1093/neuonc/noaa141)
- [9] Martucci M, Russo R, Giordano C, Schiarelli C, D'Apollito G, Tuzza L, et al. Advanced magnetic resonance imaging in the evaluation of treated glioblastoma: A pictorial essay. *Cancers (Basel).* 2023;15(15):3790. DOI: [10.3390/cancers15153790](https://doi.org/10.3390/cancers15153790)
- [10] Henriksen OM, Álvarez-Torres MM, Figueiredo P, Hangel G, Keil VC, Nechifor RE, et al. High-grade glioma treatment response monitoring biomarkers: Advanced MRI techniques in clinical practice. *Front Oncol.* 2022;12:810263. DOI: [10.3389/fonc.2022.810263](https://doi.org/10.3389/fonc.2022.810263)
- [11] Booth TC, Williams M, Luis A, Cardoso J, Ashkan K, Shuaib H. Machine learning and glioma imaging biomarkers. *Clin Radiol.* 2020;75(1):20–32. DOI: [10.3389/fonc.2021.811425](https://doi.org/10.3389/fonc.2021.811425)
- [12] Fang Z, Shu T, Luo P, Shao Y, Lin L, Tu Z, et al. The peritumoral edema index and related mechanisms influence prognosis of glioblastoma patients. *Front Oncol.* 2024;14:1417208. DOI: [10.3389/fonc.2024.1417208](https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1417208)
- [13] World Medical Association. Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013;310(20):2191–4. DOI: [10.1001/jama.2013.281053](https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053)
- [14] Gao M, Cheng J, Qiu A, Zhao D, Wang J, Liu J. MRI-based intratumoral and peritumoral radiomics for prognosis prediction in glioma patients. *Clin Radiol.* 2024;79(11):E1383–93. DOI: [10.1016/j.crad.2024.08.005](https://doi.org/10.1016/j.crad.2024.08.005)
- [15] Würtemberger U, Rau A, Diebold M, Becker L, Hohenhaus M, Beck J, et al. Advanced diffusion MRI demonstrates altered peritumoral microstructure in glioblastoma compared with brain metastases. *Clin Neuroradiol.* 2024;34(3):703–11. DOI: [10.1007/s00062-024-01416-0](https://doi.org/10.1007/s00062-024-01416-0)
- [16] Tan R, Sui Y, Wang Y, Zhu X. MRI-based radiomics of tumor and peritumoral edema for preoperative prediction of glioma grade. *Front Oncol.* 2024;14:1401977. DOI: [10.3389/fonc.2024.1401977](https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1401977)
- [17] Fu FX, Cai QL, Li G, Wu XJ, Hong L, Chen WS. Multiparametric MRI-based radiomics model for distinguishing glioma recurrence from pseudoprogression. *Magn Reson Imaging.* 2024;111:168–78. DOI: [10.1016/j.mri.2024.05.003](https://doi.org/10.1016/j.mri.2024.05.003)
- [18] Librizzi G, Lombardi G, Bertoldo A, Manara R. Perioperative imaging predictors of tumor progression and pseudoprogression: A systematic review. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2024;202:104445. DOI: [10.1016/j.critrevonc.2024.104445](https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2024.104445)
- [19] Lin J, Su CQ, Tang WT, Xia ZW, Lu SS, Hong XN. Radiomic features on multiparametric MRI for differentiating pseudoprogression from recurrence in high-grade gliomas. *Acta Radiol.* 2024;65(11). DOI: [10.1177/02841851241283781](https://doi.org/10.1177/02841851241283781)
- [20] Blakstad H, Mendoza Mireles EE, Heggebø LC, Magelssen H, Sprauten M, Johannesen TB, et al. Incidence and outcome of pseudoprogression after radiation therapy in glioblastoma patients: A cohort study. *Neurooncol Pract.* 2024;11(1):36–45. DOI: [10.1093/nop/npad063](https://doi.org/10.1093/nop/npad063)
- [21] Castañeyra-Ruiz L, González-Marrero I, García-Abad LH, Gonzalez-Arnay E, Camacho M, Carmona-Calero EMM, et al. Aquaporin-4 in glioblastoma: A nexus of glymphatic dysfunction, edema, immune evasion and treatment resistance. *Front Cell Neurosci.* 2025;19:1685491. DOI: [10.3389/fncel.2025.1685491](https://doi.org/10.3389/fncel.2025.1685491)

Объём перифокального отёка как предиктор неврологического и функционального исхода у пациентов с глиомами

Женишбек Каримов

Кандидат медицинских наук, доцент

Кыргызский государственный медицинский институт переподготовки и повышения квалификации им. С. Б. Даниярова
720040, ул. Боконбаева, 144а, г. Бишкек, Кыргызская Республика
<https://orcid.org/0000-0003-4317-2649>

Алтынбек Шамшиев

Ассистент

Кыргызская государственная медицинская академия имени И. К. Ахунбаева
720020, ул. Ахунбаева, 92, г. Бишкек, Кыргызская Республика
<https://orcid.org/0009-0007-7869-9682>

Миталип Мамытов

Доктор медицинских наук, профессор

Кыргызская государственная медицинская академия имени И. К. Ахунбаева
720020, ул. Ахунбаева, 92, г. Бишкек, Кыргызская Республика
<https://orcid.org/0009-0007-4218-7116>

Аннотация. Целью исследования являлась оценка прогностического значения предоперационного объёма перифокального отёка по данным магнитно-резонансной томографии у пациентов с глиомами. Проведено одноцентровое наблюдательное исследование, включившее 60 пациентов в возрасте от 21 до 75 лет, среди которых преобладали высокозлокачественные диффузные глиомы 4 степени по классификации Всемирной организации здравоохранения. Объём перифокального отёка определяли по данным магнитно-резонансной томографии в T2-взвешенном режиме и режиме подавления сигнала от свободной жидкости методом волуметрии с последующей стратификацией по четырём группам, а неврологический, когнитивный и функциональный статус оценивали с использованием Шкалы инсульта Национальных институтов здоровья США, Краткой шкалы оценки психического статуса и модифицированной шкалы Рэнкина с итоговой оценкой через 6 месяцев. Установлено, что предоперационный объём перифокального отёка достоверно коррелировал с выраженностью функционального дефицита через 6 месяцев после операции (коэффициент корреляции $r = 0,68$; $p < 0,001$; 95% доверительный интервал 0,52-0,81). Показано, что при объёме перифокального отёка 30 см^3 и более доля неблагоприятных исходов по модифицированной шкале Рэнкина более 2 баллов составила 60,0%, тогда как при объёме перифокального отёка менее 30 см^3 данный показатель не превышал 26,7%. Рассчитано, что наличие перифокального отёка объёмом 30 см^3 и более ассоциировано с повышением вероятности неблагоприятного функционального исхода в 4,13 раза (отношение шансов 4,13; 95% доверительный интервал 1,39-12,27; $p < 0,01$). Установлено, что после хирургической резекции средний объём перифокального отёка в динамике снижался, однако в первые сутки наблюдалось транзиторное усиление отёка с последующей регрессией к 14-30-м суткам. Разработано положение о том, что количественная оценка перифокального отёка по данным предоперационной магнитно-резонансной томографии может использоваться как объективный критерий стратификации риска и планирования противоопухолевой терапии у пациентов с глиомами.

Ключевые слова: перитуморальная зона; нейровизуализация; T2/FLAIR; магнитно-резонансная томография; шкала Рэнкина; стратификация риска

Введение

Актуальность исследования обусловлена высокой клинической значимостью перифокального отёка при глиальных опухолях головного мозга, поскольку степень его выраженности может оказывать влияние на неврологический статус, функциональную независимость пациента и исходы лечения. Глиальные опухоли головного мозга, особенно высокозлокачественные диффузные глиомы, остаются одной из наиболее сложных проблем современной нейроонкологии ввиду инфильтративного роста, выраженной биологической гетерогенности и неблагоприятного прогноза.

Рекомендации М. Weller *et al.* [1] и P.Y. Wen *et al.* [2] подчёркивали необходимость комплексной оценки не только самого опухолевого узла, но и окружающей его перитуморальной зоны, поскольку именно она во многом определяет выраженность клинической симптоматики, особенности послеоперационного течения и результаты лечения. Существенную роль в клинической картине глиом играет перифокальный отёк, который представляет собой важный патофизиологический компонент опухолевого процесса. Его формирование сопровождается нарушением проницаемости

гематоэнцефалического барьера, накоплением жидкости преимущественно в белом веществе, усилением масс-эффекта, компрессией прилежащих структур и ухудшением перфузии перитуморальных зон. Эти изменения способствуют развитию очагового неврологического дефицита, когнитивных нарушений и снижению функциональной независимости пациентов. Подходы S.S. Ahn & J. Cha [3] к нейровизуализационной оценке первичных опухолей центральной нервной системы также указывали на необходимость анализа перитуморальных изменений как клинически значимой части опухолевого процесса.

Важное значение имеет и правильная интерпретация послеоперационных нейровизуализационных изменений. По данным A.M. Rykkje *et al.* [4], сроки ранней послеоперационной магнитно-резонансной томографии могут существенно влиять на оценку контрастных и неконтрастных изменений после удаления глиобластомы. В свою очередь, обновлённые критерии Response Assessment in Neuro-Oncology 2.0 и их практическая нейрорадиологическая интерпретация подчёркивают необходимость стандартизированной оценки T2/FLAIR-изменений и остаточной патологической ткани при глиомах [5-6]. Дополнительную роль в комплексной оценке опухолевого процесса играют позитронно-эмиссионные критерии PET RANO, расширяющие возможности мониторинга диффузных глиом [7]. Количественная характеристика перитуморальной зоны невозможна без использования стандартизированных магнитно-резонансных методик. Консенсусные рекомендации по динамической восприимчивостной контрастной перфузионной магнитно-резонансной томографии подчёркивают значение воспроизводимых параметров при исследовании высокозлокачественных глиом [8]. Кроме того, расширенные магнитно-резонансные методики, включая мультипараметрический подход, спектроскопию, радиомику и комплексную визуализацию леченных глиобластом, позволяют более полно характеризовать как саму опухоль, так и окружающую её зону отёка, как показано в работах M. Martucci *et al.* [9], O.M. Henriksen *et al.* [10] и T.C. Booth *et al.* [11].

Особое внимание в последние годы уделяется количественной оценке перитуморального отёка как прогностического показателя. Z. Fang *et al.* [12] показали, что индекс перитуморального отёка и связанные с ним механизмы влияют на прогноз у пациентов с глиобластомой. Эти данные подтверждают, что выраженность отёка может рассматриваться не только как радиологическая характеристика, но и как потенциальный маркер биологических особенностей опухоли и неблагоприятного течения заболевания. Несмотря на существенный прогресс, в литературе остаётся недостаточно

исследований, в которых объём перифокального отёка анализируется как количественный показатель, непосредственно связанный с неврологическим дефицитом, когнитивными нарушениями и функциональным исходом после хирургического лечения. Недостаточно изучены и пороговые значения объёма отёка, которые могли бы использоваться в повседневной клинической практике для стратификации риска. Это и определило цель настоящего исследования – оценить прогностическое значение предоперационного объёма перифокального отёка по данным магнитно-резонансной томографии в режимах T2 и FLAIR для неврологического, когнитивного и функционального исхода у пациентов с глиомами головного мозга.

Материалы и методы

Исследование выполнено в одноцентровом наблюдательном формате на базе нейрохирургического отделения Национального госпиталя при Министерстве здравоохранения Кыргызской Республики в период с 2021 по 2025 год. В исследование были включены 60 пациентов в возрасте от 21 до 75 лет со злокачественными глиальными опухолями головного мозга, у которых по данным предоперационной магнитно-резонансной томографии выявлялась выраженная зона перифокального отёка. В морфологической структуре выборки преобладали высокозлокачественные диффузные глиомы IV степени по классификации Всемирной организации здравоохранения 2021 года, а именно глиобластома IV степени у 30 пациентов и астроцитомы IV степени у 30 пациентов. Выбор именно этой категории больных был обусловлен тем, что при высокозлокачественных глиомах перифокальный отёк, как правило, достигает наибольшей выраженности, оказывает существенное влияние на клиническую симптоматику и может служить значимым прогностическим маркером течения заболевания.

Критериями включения являлись наличие внутримозговой глиальной опухоли, подтверждённой клиничко-нейровизуализационными и морфологическими данными, наличие предоперационной магнитно-резонансной томографии головного мозга с обязательным выполнением режимов T2 и FLAIR, проведение хирургического лечения, а также доступность клинической оценки по шкалам NIHSS, MMSE и mRS на основных этапах наблюдения. NIHSS представляет собой National Institutes of Health Stroke Scale – шкалу оценки неврологического дефицита, MMSE – Mini-Mental State Examination, краткую шкалу оценки когнитивного статуса, mRS – modified Rankin Scale, модифицированную шкалу Рэнкина для оценки функционального исхода и степени инвалидизации. Критериями исключения служили выраженные постишемические или постгеморрагические изменения вещества мозга,

способные самостоятельно влиять на неврологический дефицит и объём патологических изменений на магнитно-резонансной томографии, тяжёлая соматическая декомпенсация, ухудшающая функциональный статус независимо от опухолевого процесса, а также отсутствие ключевых контрольных точек динамического наблюдения.

Основными материалами исследования служили медицинские карты стационарных больных, протоколы нейровизуализационных исследований, операционные журналы, протоколы интраоперационного ультразвукового исследования, данные гистологического заключения и результаты динамической клинической оценки. Анализ архивной медицинской документации применялся для ретроспективного уточнения анамнестических, клинических и инструментальных характеристик больных, а также для сопоставления нейровизуализационных показателей с клиническими исходами. Использование нескольких источников данных позволило повысить полноту наблюдения и обеспечить сопоставимость нейровизуализационных, клинических и послеоперационных результатов. В качестве основного инструментального метода использовалась магнитно-резонансная томография головного мозга. Исследование выполняли в предоперационном периоде за 1-10 суток до хирургического вмешательства, а также в послеоперационной динамике на 1-е, 3-е, 7-е, 14-е и 30-е сутки при наличии клинических показаний и технической доступности исследования. Наиболее значимыми для оценки перифокального отёка являлись T2-взвешенные изображения и последовательность FLAIR, то есть Fluid Attenuated Inversion Recovery, режим с подавлением сигнала от свободной жидкости. Выбор именно FLAIR и T2-режимов был обусловлен их высокой чувствительностью к визуализации вазогенного отёка в белом веществе головного мозга. Дополнительно в стандартный протокол включались T1-взвешенные изображения, а при наличии показаний – T1-взвешенные изображения с контрастным усилением, что использовалось для уточнения границ опухолевого узла, зон некроза и кистозного компонента.

Объём перифокального отёка определяли методом волюметрического анализа по зонам FLAIR-гиперинтенсивности, расположенным перитуморально. При расчёте исключались очевидные некротические и кистозные полости, а в послеоперационных исследованиях – также полость резекции, чтобы не завышать объём отёчных изменений. Для этого использовался морфометрический метод сегментации изображений, основанный на последовательном выделении области интереса на каждом срезе с последующим суммированием площадей и пересчётом в объём. Такой подход может выполняться вручную либо полуавтоматически

и является наиболее обоснованным в нейроонкологических исследованиях, поскольку позволяет количественно оценить распространённость патологических изменений, а не ограничиваться только описательной визуальной характеристикой. По результатам волюметрии пациенты были стратифицированы на четыре группы по объёму перифокального отёка: менее 30 см³, 30-60 см³, 60-100 см³ и более 100 см³. Данная градация использовалась для сопоставления выраженности отёка с неврологическим дефицитом, когнитивными нарушениями и функциональным исходом.

Дополнительным методом интраоперационного контроля служило ультразвуковое исследование в ходе операции после резекции опухоли. Интраоперационное ультразвуковое исследование применяли для уточнения границ резекции, оценки остаточного опухолевого компонента и визуального контроля состояния окружающих тканей. Использование этого метода было оправдано его доступностью, возможностью получения данных в реальном времени и его практической значимостью для нейрохирургической тактики. Клинические методы исследования включали неврологический осмотр и стандартизированную оценку состояния пациента по валидизированным шкалам. Неврологический дефицит определяли по шкале NIHSS до операции, в раннем послеоперационном периоде на 7-14-е сутки, перед началом адъювантной химиолучевой терапии на 15-30-е сутки, а также через 3 и 6 месяцев. Когнитивные функции оценивали по шкале MMSE в те же контрольные сроки. Функциональный исход анализировали по модифицированной шкале Рэнкина, при этом итоговой конечной точкой считали значение mRS через 6 месяцев после операции. Интервал 15-30 суток отдельно рассматривался как базовая точка перед началом адъювантного лечения, поскольку на более поздние клинические результаты могли влиять не только нейрохирургическое вмешательство и динамика перифокального отёка, но и проводимая лучевая терапия с темозоломидом. Морфологический метод применяли для верификации гистологического варианта опухоли и окончательного подтверждения диагноза. Гистологические заключения использовались для распределения больных по нозологическим формам и сопоставления морфологического варианта с выраженностью перифокального отёка. Это было необходимо для повышения диагностической точности и однородности исследуемой выборки.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием методов описательной и аналитической статистики. Количественные показатели представляли в виде средней арифметической и стандартного отклонения ($M \pm SD$) при нормальном распределении либо в виде медианы и

межквартильного размаха [IQR] при ненормальном распределении, где IQR – interquartile range. Для анализа взаимосвязи между объемом перифокального отека и показателями функционального исхода использовали корреляционный анализ по Пирсону или Спирмену в зависимости от характера распределения признаков. Метод Пирсона применяли при параметрическом распределении данных, а метод Спирмена – при отклонении от нормальности либо при анализе порядковых шкал. Для межгруппового сравнения показателей в категориях объема перифокального отека использовали соответствующие критерии сравнения количественных и качественных признаков. С целью прогностической оценки рассчитывали отношение шансов неблагоприятного исхода при $mRS > 2$ в зависимости от порогового значения объема перифокального отека ≥ 30 см³. Отношение шансов определяли по формуле $OR = (a \times d) / (b \times c)$, где a и d – число наблюдений с совпадающими исходами, b и c – число наблюдений с альтернативными исходами в сравниваемых группах. Выбор данного метода был обоснован возможностью количественно оценить силу связи между объемом отека и риском неблагоприятного функционального исхода. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Исследование проведено в соответствии с принципами биомедицинской этики. Протокол был одобрен Комитетом по биоэтике Национального хирургического центра имени М. Мамакеева Министерства здравоохранения Кыргызской Республики (Протокол №29 от 11.02.2021 г.). Исследование выполнено в соответствии с этическими принципами Всемирной медицинской ассоциации [13]. У всех пациентов было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании, обработку персональных данных и использование результатов обследования в научных целях.

Результаты

Предоперационный клиничко-неврологический статус пациентов

Все пациенты имели выраженную зону перифокального отека по данным предоперационной магнитно-резонансной томографии и характеризовались значительным неврологическим и функциональным дефицитом на момент поступления. Объем опухолевого узла в большинстве наблюдений

варьировал от 40 до 70 см³, тогда как объем перифокального отека составлял не менее 30 см³, в среднем около 60 см³, а в отдельных случаях превышал 100 см³. Выбор порогового значения перифокального отека на уровне 30 см³ был обусловлен тем, что после превышения данного объема отек, как правило, сопровождается значимым масс-эффектом, выходит за пределы локального перитуморального кольца и начинает вовлекать проводящие пути и ассоциативные сети головного мозга. Это приводит к усилению компрессии мозговых структур, повышению риска дислокации и вторичной ишемии перитуморальных зон.

Всем пациентам выполнялась тотальная резекция опухолевого узла. В предоперационном и раннем послеоперационном периодах проводилась противоотечная терапия, включавшая глюкокортикостероиды (дексаметазон в дозе 12-16 мг в сутки), осмотические диуретики (маннитол 400-800 мл в сутки) и петлевые диуретики (фуросемид 20-40 мг), что было направлено на уменьшение вазогенного компонента отека и снижение внутричерепной гипертензии. Гистологическое исследование операционного материала подтвердило наличие глиобластомы и астроцитомы IV степени злокачественности у всех пациентов. При поступлении всем пациентам проводилась комплексная клиничко-неврологическая оценка с использованием стандартизированных шкал. Когнитивный статус определяли по шкале Mini-Mental State Examination (MMSE), неврологический дефицит оценивали по шкале National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), а функциональный статус – по модифицированной шкале Рэнкина (modified Rankin Scale, mRS). Результаты исходной оценки представлены в Таблице 1.

Анализ данных, представленных в Таблице 1, показал, что до операции у всех пациентов отмечался выраженный неврологический дефицит. Значения по шкале NIHSS варьировали от 17 до 40 баллов, что соответствовало тяжелому неврологическому состоянию. По шкале mRS показатели находились в диапазоне от 3 до 5 баллов, что свидетельствовало о значительном ограничении функциональной независимости. Когнитивные показатели по шкале MMSE варьировали от 8 до 23 баллов, что указывало на различную степень когнитивных нарушений.

Таблица 1. Когнитивный, неврологический и функциональный статус пациентов в зависимости от гистологического варианта опухоли и объема перифокального отека

Опухоль / объем ПФО	n	MMSE	NIHSS	mRS
Астроцитомы grade IV, ПФО 41 см ³ (лобно-височно-теменная локализация)	11	19	17	3
Астроцитомы grade IV, ПФО 50 см ³ (теменно-височно-затылочная локализация)	9	23	20	3

Таблица 1. Продолжение

Опухоль / объём ПФО	n	MMSE	NIHSS	mRS
Астроцитома grade IV, ПФО 62 см ³ (височно-лобно-теменная локализация)	10	20	22	4
Глиобластома grade IV, ПФО 85 см ³ (лобно-теменно-височная локализация)	16	16	30	4
Глиобластома grade IV, ПФО 103 см ³ (теменно-затылочная, паравентрикулярная локализация)	8	12	36	5
Глиобластома grade IV, ПФО 112 см ³ (глубокая височно-теменно-затылочная локализация)	6	8	40	5

Примечание: ПФО – перифокальный отёк

Источник: разработано авторами на основе собственных клинических наблюдений

Динамика перифокального отёка при глиальных опухолях головного мозга

В послеоперационном периоде динамика перифокального отёка рассматривалась как один из ключевых критериев эффективности хирургического лечения и выраженности реактивных изменений в мозговой ткани. Прослеживание объёма отёка позволило оценить состояние гематоэнцефалического барьера, эффективность противоотёчной терапии и определить оптимальные сроки контрольной магнитно-резонансной томографии перед началом адъювантного лечения. Оценка

объёма перифокального отёка проводилась на основе данных магнитно-резонансной томографии в режимах T2-взвешенных изображений и FLAIR, а также по результатам интраоперационного ультразвукового исследования. Пример нейровизуализационной картины перифокального отёка представлен на Рисунке 1.

Как представлено в Таблице 2, динамика объёма перифокального отёка у пациентов с глиальными опухолями головного мозга характеризовалась поэтапным изменением показателей в различные сроки наблюдения.

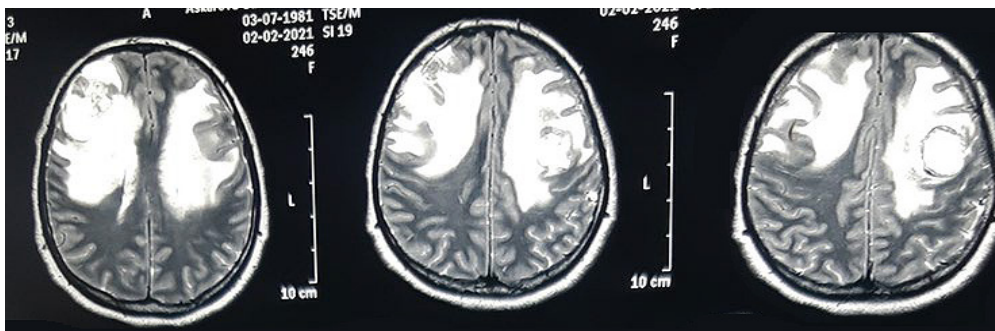


Рисунок 1. Магнитно-резонансная томография головного мозга (T2/FLAIR), демонстрирующая перифокальный отёк вокруг глиальной опухоли

Источник: разработано авторами на основе собственных данных МРТ

Таблица 2. Динамика объёма перифокального отёка у пациентов с глиальными опухолями головного мозга

№	Период исследования	Метод визуализации	n	Средний объём ПФО (см ³)
1	До операции	МРТ	60	64.3 ± 15.7
2	Перед резекцией	Интраоперационное УЗИ	60	67.1 ± 18.2
3	После удаления опухоли	Интраоперационное УЗИ	60	43.7 ± 10.8
4	7-е сутки	МРТ	60	29.4 ± 12.5
5	10-14-е сутки	МРТ	60	18.1 ± 9.6

Примечание: ПФО – перифокальный отёк

Источник: разработано авторами на основе собственных клинических наблюдений

Как видно из данных, представленных в Таблице 2, после удаления опухолевого узла отмечалось последовательное уменьшение среднего объёма перифокального отёка. Наиболее высокий

показатель фиксировался до операции и непосредственно перед резекцией по данным интраоперационного ультразвукового исследования, тогда как после удаления опухоли наблюдалось выраженное

снижение объёма ПФО. К 7-м и 14-м суткам послеоперационного периода сохранялась устойчивая тенденция к дальнейшему регрессу отёка, что свидетельствовало об эффективности хирургической декомпрессии и проводимой противоотёчной терапии. Для наглядного отображения выявленной динамики данные Таблицы 2 представлены также

графически на Рисунке 2. Как видно на Рисунке 2, после небольшого увеличения показателя на этапе предоперационного интраоперационного контроля в дальнейшем отмечается отчётливое снижение среднего объёма перифокального отёка, особенно после резекции опухоли и в течение первых двух недель после операции.

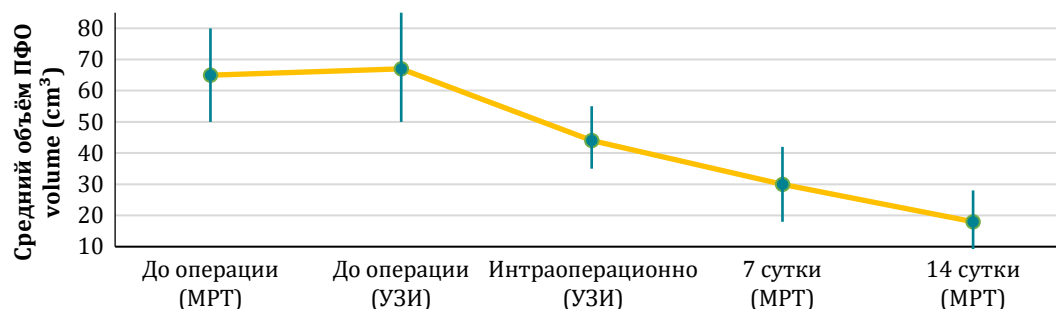


Рисунок 2. Динамика объёма перифокального отёка до и после хирургического лечения

Источник: разработано авторами на основе данных Таблицы 2

Более детальный анализ динамики перифокального отёка и клинических показателей представлен в Таблице 3. Как показывают приведённые данные, изменение объёма перифокального отёка в послеоперационном периоде сопровождалось соответствующей динамикой неврологического и функционального статуса пациентов. При этом степень регресса отёка имела клиническое значение,

поскольку ассоциировалась с уменьшением выраженности общемозговой и очаговой симптоматики, а также с улучшением показателей повседневной активности и функциональной независимости. Представленные в таблице результаты позволяют более полно оценить взаимосвязь между нейровизуализационными изменениями и клиническим течением заболевания на различных этапах наблюдения.

Таблица 3. Динамика объёма ПФО, когнитивных и функциональных показателей

Контрольная точка	ПФО (см³)	MMSE	NIHSS	mRS
До операции	60.2 ± 14.8	16	> 20	4-5
Интраоперационно	45.3 ± 11.7	-	-	-
1-е сутки	55.1 ± 13.9	12	> 20	4-5
3-и сутки	40.5 ± 10.2	16	18-20	4
7-е сутки	30.4 ± 8.1	19	16-18	4
14-е сутки	25.6 ± 7.3	21	15-16	3
30-е сутки	20.8 ± 6.5	24	12-14	3
3 месяца	15-19	28	8-10	3
6 месяцев	12-15	30	5-6	2

Примечание: ПФО – перифокальный отёк

Источник: разработано авторами на основе результатов наблюдения

Как показал анализ данных Таблицы 3, после хирургического удаления опухоли отмечалось постепенное снижение объёма перифокального отёка. В первые сутки после операции наблюдался феномен так называемого «отёкового рикошета», связанный с реактивным воспалительным ответом мозговой ткани. В дальнейшем, начиная с 3-7 суток, происходило устойчивое уменьшение объёма отёка с постепенным улучшением неврологического и функционального статуса пациентов. У всех включённых пациентов имелись внутримозговые глиальные опухоли больших и гигантских размеров (линейный размер $\geq 4,0$ -6,0 см; объём опухоли от 60 см³ до

≥ 100 см³), сопровождавшиеся выраженным перифокальным вазогенным отёком (объём ПФО, как правило, >60 -100 см³, в ряде наблюдений – более 100 см³) (Таблица 2). Наблюдалось выраженное снижение ПФО интраоперационно (декомпрессивный эффект резекции), затем транзиторное увеличение на 1-е сутки («отёковый рикошет»), после чего – устойчивый регресс к 7-14 суткам и дальнейшее снижение к 30-му дню (Рис. 3). Такая ранняя динамика согласуется с тем, что постоперационные реактивные изменения и отёк могут усиливаться в первые дни и затем уменьшаться; раннее МРТ-окно критично для корректной оценки послеоперационной

картины. В отдалённые сроки 3 и 6 месяцев объём T2/FLAIR-гиперинтенсивности отражает суммарно вазогенный отёк, постоперационные и

постлучевые изменения, а также возможную инфильтрацию; поэтому для этих сроков используется термин «объём FLAIR-аномалии» (Таблица 3).

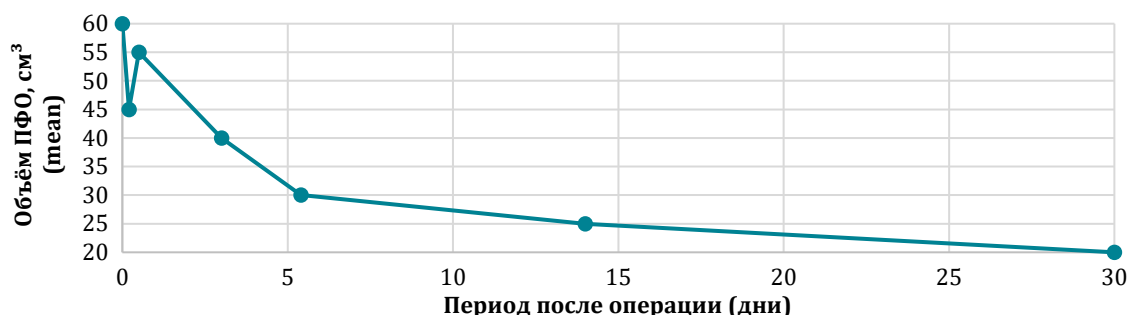


Рисунок 3. Линейный график динамики среднего объёма перифокального отёка (см³) на различных этапах наблюдения

Source: разработано авторами на основе данных Таблицы 3

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что выраженный перифокальный отёк является не только нейровизуализационным признаком, но и важным клинко-прогностическим фактором, отражающим степень компрессии мозговой ткани, нарушение микроциркуляции и гипоксию перитуморальных зон. Даже после радикального удаления опухоли восстановление неврологических функций происходит медленнее, поскольку функционально значимые нейрональные сети длительное время находились в условиях компрессии и ишемии, а перитуморальная ткань остаётся более уязвимой к интраоперационной травме и ранним послеоперационным колебаниям перфузии.

Наряду с анализом послеоперационной динамики перифокального отёка была проведена оценка его прогностического значения. В качестве порогового уровня был выбран объём перифокального отёка 30 см³, поскольку именно после превышения данного значения отёк чаще сопровождается клинически значимым масс-эффектом, выходит за пределы локального перитуморального кольца, вовлекает проводящие пути и ассоциативные сети головного мозга, а также увеличивает риск дислокации и вторичной ишемии. Установлено, что предоперационный объём перифокального отёка достоверно коррелировал с выраженностью функционального дефицита через 6 месяцев после операции ($r = 0,68$; $p < 0,001$; 95% ДИ 0,52-0,81). При объёме перифокального отёка ≥ 30 см³ доля неблагоприятных исходов, определяемых как значение модифицированной шкалы Рэнкина более 2 баллов, составила 60,0%, тогда как при объёме перифокального отёка < 30 см³ данный показатель был равен 26,7%. Расчёт отношения шансов показал, что наличие перифокального отёка ≥ 30 см³ ассоциировано с увеличением риска неблагоприятного функционального исхода в 4,13 раза (OR = 4,13; 95% ДИ 1,39-12,27; $p < 0,01$).

Установленные закономерности имеют непосредственное практическое значение для ведения пациентов с глиальными опухолями головного мозга. Уже на предоперационном этапе пациенты с объёмом перифокального отёка ≥ 30 см³ могут быть отнесены к группе высокого риска неблагоприятного функционального исхода по модифицированной шкале Рэнкина (mRS > 2), что следует учитывать при стратификации риска, планировании объёма периперационного наблюдения и выборе интенсивности противоотёчной терапии. Существенное значение имеет также соблюдение оптимальных сроков контрольной магнитно-резонансной томографии в раннем послеоперационном периоде; выполнение исследования в рекомендованном окне 24-48 часов, но не позднее 72 часов после операции, позволяет наиболее корректно интерпретировать послеоперационные изменения, оценить остаточные патологические зоны и определить дальнейшую лечебную тактику.

При последующем динамическом наблюдении, особенно в сроки до 12 недель после завершения химиолучевого лечения, необходимо учитывать вероятность псевдопрогрессии при анализе МРТ-картины, поскольку увеличение зоны FLAIR-изменений в этот период не всегда свидетельствует об истинном прогрессировании опухолевого процесса. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что выраженный перифокальный отёк является не только важным нейровизуализационным показателем, но и значимым клинко-прогностическим фактором. Его выраженность определяет тяжесть дооперационного состояния, особенности раннего послеоперационного периода и вероятность неблагоприятного функционального исхода в отдалённые сроки наблюдения. Последовательное уменьшение объёма перифокального отёка после хирургического лечения сопровождалось улучшением неврологического, когнитивного

и функционального статуса пациентов, что подтверждает практическую значимость волюметрической оценки отёка в системе предоперационной стратификации риска и динамического послеоперационного мониторинга.

Обсуждение

Результаты проведённого исследования показали, что предоперационный объём перифокального отёка при высокозлокачественных глиальных опухолях головного мозга имеет самостоятельное клинико-прогностическое значение. Установленная связь между увеличением объёма ПФО, выраженностью неврологического дефицита, когнитивных нарушений и неблагоприятным функциональным исходом через 6 месяцев позволяет рассматривать перифокальный отёк не только как нейровизуализационный феномен, но и как показатель тяжести опухолевого процесса. Полученные данные сопоставимы с результатами современных исследований, посвящённых количественной оценке перитуморальной зоны. М. Gao *et al.* [14] показали, что интраопухолевые и перитуморальные радиомические признаки по данным магнитно-резонансной томографии имеют прогностическую ценность у пациентов с глиомами.

U. Würtemberger *et al.* [15] продемонстрировали, что перитуморальная зона при глиобластоме характеризуется не только вазогенным отёком, но и изменённой микроструктурой, что отражает инфильтративный характер опухолевого роста. R. Tan *et al.* [16] также показали, что радиомический анализ опухоли и перитуморального отёка может использоваться для предоперационного прогнозирования степени злокачественности глиомы. Таким образом, результаты исследования согласуются с современными представлениями о том, что перитуморальная зона содержит клинически и прогностически значимую информацию. Особый интерес представляет интерпретация ранних послеоперационных изменений. F.X. Fu *et al.* [17] показали диагностическую ценность мультипараметрических радиомических моделей для дифференциации рецидива глиомы и псевдопрогрессии. G. Librizzi *et al.* [18] в систематическом обзоре также подчеркнули значение периоперационных нейровизуализационных предикторов прогрессирования опухоли и псевдопрогрессии.

J. Lin *et al.* [19] продемонстрировали ценность радиомических признаков на мультипараметрической магнитно-резонансной томографии для разграничения псевдопрогрессии и рецидива у пациентов с высокозлокачественными глиомами. Эти данные подтверждают, что интерпретация послеоперационной FLAIR/T2-гиперинтенсивности требует осторожности, поскольку она может отражать как реактивные изменения, так и истинную

опухолевую динамику. Выявленный в настоящем исследовании феномен транзиторного увеличения объёма перифокального отёка в раннем послеоперационном периоде может быть объяснён реактивной перестройкой тканей, нарушением микроциркуляции и временным усилением проницаемости гематоэнцефалического барьера. В этом контексте данные Н. Blakstad *et al.* [20], посвящённые частоте и исходам псевдопрогрессии после лучевой терапии у больных глиобластомой, дополнительно подчёркивают сложность интерпретации нейровизуализационной картины у данной категории пациентов. Следовательно, раннее послеоперационное увеличение зоны FLAIR-изменений не всегда следует трактовать как проявление неблагоприятной динамики, особенно при отсутствии клинико-радиологических признаков истинного прогрессирования. Существенную роль в формировании и поддержании отёка играют и молекулярные механизмы.

L. Castañeyra-Ruiz *et al.* [21] рассматривают аквапорин-4 как одно из ключевых звеньев, связывающих нарушение водного транспорта, лимфатическую дисфункцию, иммунное уклонение и устойчивость опухоли к лечению при глиобластоме. Эти представления хорошо согласуются с полученными данными, согласно которым выраженный перифокальный отёк ассоциирован с более тяжёлым неврологическим статусом и худшим функциональным прогнозом. Таким образом, сопоставление собственных результатов с современными международными данными показывает, что перифокальный отёк является не только показателем распространённости перитуморальных изменений, но и клинически значимым прогностическим маркером. Его количественная оценка может рассматриваться как доступный инструмент предоперационной стратификации риска, а дальнейшее развитие данного направления целесообразно связывать с интеграцией волюметрии, мультипараметрической магнитно-резонансной томографии, радиомики и молекулярных маркеров перитуморальной зоны.

Выводы

Проведённое исследование позволило установить, что перифокальный отёк при высокозлокачественных глиальных опухолях головного мозга представляет собой важный клинико-патофизиологический компонент опухолевого процесса, оказывающий существенное влияние на неврологический статус и функциональные исходы лечения. Количественная оценка объёма перифокального отёка по данным магнитно-резонансной томографии в режимах T2 и FLAIR позволяет объективно характеризовать степень вовлечения перитуморальной ткани и оценивать выраженность компрессионно-ишемических

изменений в окружающих структурах мозга. Анализ полученных данных показал, что увеличение предоперационного объёма перифокального отёка сопровождается более выраженными неврологическими нарушениями и снижением функциональной независимости пациентов.

Было установлено наличие достоверной связи между объёмом перифокального отёка и функциональным исходом через шесть месяцев после хирургического лечения. Чем больше объём отёка на предоперационном этапе, тем выше вероятность сохранения выраженного неврологического дефицита и ограничения функциональной активности в отдалённом послеоперационном периоде. Таким образом, перифокальный отёк можно рассматривать как один из объективных нейровизуализационных показателей тяжести состояния пациентов с глиальными опухолями. Особое значение имеет выявленное пороговое значение объёма перифокального отёка. Показано, что при превышении уровня около 30 см³ существенно возрастает вероятность неблагоприятного функционального исхода. Данное значение можно рассматривать как практический ориентир для клинической стратификации риска. Использование такого подхода позволяет выделить группу пациентов, требующих более интенсивного периоперационного наблюдения, активной противоотёчной терапии и более тщательного динамического контроля. Важным результатом исследования стало также изучение динамики перифокального отёка в раннем послеоперационном периоде. После удаления опухолевого узла наблюдалось выраженное уменьшение объёма отёка вследствие декомпрессии мозговых структур. Однако в первые сутки после операции

в ряде случаев отмечалось временное увеличение зоны FLAIR-гиперинтенсивности, что может быть связано с реактивными воспалительными процессами, изменениями микроциркуляции и транзиторным повышением проницаемости гематоэнцефалического барьера.

В дальнейшем, начиная с первой недели после операции, происходило устойчивое уменьшение объёма перифокального отёка, сопровождавшееся постепенным улучшением неврологического и функционального состояния пациентов. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения волюметрического анализа перифокального отёка как доступного и информативного метода оценки тяжести состояния пациентов с глиальными опухолями. Количественная оценка объёма отёка может использоваться для предоперационной стратификации риска, планирования тактики лечения, оптимизации противоотёчной терапии и определения сроков контрольных нейровизуализационных исследований. Перспективным направлением дальнейших исследований является более детальное изучение структуры перитуморальной зоны с использованием мультипараметрической магнитно-резонансной томографии, включая диффузионные и перфузионные методы, а также анализ молекулярных и иммунологических факторов, участвующих в формировании перифокального отёка. Дополнительные исследования могут быть направлены на разработку комплексных прогностических моделей, объединяющих нейровизуализационные, морфологические и клинические показатели для более точного прогнозирования течения глиальных опухолей и индивидуализации терапии.

Перифокалдык шишиктин көлөмү глиома оорусу бар бейтаптарда неврологиялык жана функционалдык жыйынтыктардын предиктори катары

Женишбек Каримов

Медициналык илимдердин кандидаты, доцент
С.Б. Данияров атындагы Кыргыз мамлекеттик медициналык кайра даярдоо
жана квалификацияны жогорулатуу институту
720040, Боконбаев көч., 144а, Бишкек ш., Кыргыз Республикасы
<https://orcid.org/0000-0003-4317-2649>

Алтынбек Шамшиев

Ассистенти
И.К. Ахунбаев атындагы Кыргыз мамлекеттик медициналык академиясы
720020, Ахунбаев көч., 92, Бишкек ш., Кыргыз Республикасы
<https://orcid.org/0009-0007-7869-9682>

Миталип Мамытов

Медициналык илимдердин доктору, профессор
И.К. Ахунбаев атындагы Кыргыз мамлекеттик медициналык академиясы
720020, Ахунбаев көч., 92, Бишкек ш., Кыргыз Республикасы
<https://orcid.org/0009-0007-4218-7116>

Корутунду. Изилдөөнүн максаты глиомасы бар бейтаптарда операцияга чейинки перифокалдык шишиктин көлөмүнүн магниттик-резонанстык томографиянын маалыматтары боюнча прогностикалык маанисин баалоо болгон. 21 жаштан 75 жашка чейинки 60 бейтапты камтыган бир борборлуу байкоочу изилдөө жүргүзүлдү, алардын арасында Бүткүл дүйнөлүк саламаттык сактоо уюмунун классификациясы боюнча 4-даражадагы жогорку залалдуулуктагы диффуздук глиомалар басымдуулук кылган. Перифокалдык шишиктин көлөмү магниттик-резонанстык томографиянын T2-салмакталган режиминде жана эркин суюктуктун сигналын басаңдатуучу режимде волуметрия ыкмасы менен аныкталып, андан ары төрт топко стратификация жүргүзүлгөн. Неврологиялык, когнитивдик жана функционалдык абал АКШнын Улуттук саламаттык сактоо институттарынын инсульт шкаласы, психикалык абалды кыскача баалоо шкаласы жана Рэнкиндин модификацияланган шкаласы боюнча бааланып, жыйынтыктоочу баалоо 6 айдан кийин жүргүзүлгөн. Операцияга чейинки перифокалдык шишиктин көлөмү операциядан 6 ай өткөндөн кийинки функционалдык дефициттин оордук даражасы менен ишенимдүү корреляцияланары аныкталды ($r = 0,68$; $p < 0,001$; 95% ишеним аралыгы 0,52-0,81). Перифокалдык шишиктин көлөмү 30 см³ жана андан жогору болгон учурда Рэнкиндин модификацияланган шкаласы боюнча 2 баллдан жогору бааланган жагымсыз натыйжалардын үлүшү 60,0% түзгөн, ал эми перифокалдык шишиктин көлөмү 30 см³ден төмөн болгон учурда бул көрсөткүч 26,7%дан ашкан эмес. Перифокалдык шишиктин көлөмү 30 см³ жана андан жогору болушу жагымсыз функционалдык натыйжанын ыктымалдыгын 4,13 эсеге жогорулатары эсептелген (мүмкүнчүлүктөрдүн катышы 4,13; 95% ишеним аралыгы 1,39-12,27; $p < 0,01$). Хирургиялык резекциядан кийин перифокалдык шишиктин орточо көлөмү динамикада азайганы аныкталган, бирок операциядан кийинки биринчи суткада шишиктин убактылуу күчөшү байкалып, андан кийин 14-30-суткаларга карата регрессия болгон. Операцияга чейинки магниттик-резонанстык томографиянын маалыматтары боюнча перифокалдык шишикти сандык баалоо глиомасы бар бейтаптарда тобокелдикти стратификациялоонун жана шишикке каршы терапияны пландаштыруунун объективдүү критерийи катары колдонулушу мүмкүн деген жобо иштелип чыккан.

Негизги сөздөр: перитуморалдык зона; нейровизуализация; T2/FLAIR; магниттик-резонанстык томография; Рэнкин шкаласы; тобокелдикти стратификациялоо