

Математическое моделирование исходов ишемического инсульта на основании характеристик очага по данным компьютерной томографии головного мозга

Ершов В.И.^{1,2}, Чирков А.Н.^{1,2}, Гумалатова Н.В.¹, Лозинская Т.Ю.¹,

Назаров А.М.¹, Луцай Е.Д.¹, Бурдаков В.В.¹, Силкин В.В.^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, Оренбург;

²Университетский научно-клинический центр неврологии, нейрореаниматологии и нейрохирургии, Оренбург

¹Россия, 460000, Оренбург, ул. Советская, 6; ²Россия, 460048, Оренбург, проспект Победы, 140В

Цель исследования — выявить прогностические аспекты характеристик очага ишемического инсульта (ИИ) по данным компьютерной томографии (КТ) головного мозга.

Пациенты и методы. Обследовано 80 пациентов с полушарным ИИ давностью до 1 сут (50 пациентов для построения математических моделей исходов заболевания и 30 пациентов для последующей апробации полученных моделей) в возрасте от 30 до 84 лет.

Результаты и обсуждение. При анализе зависимости вероятной летальности от величины смещения срединных структур мозга установлено, что при смещении срединных структур мозга до 4,5–5 мм вероятная летальность практически не нарастает, что свидетельствует о синергетической стабильности данной системы. Дестабилизация системы начинается после величины смещения срединных структур мозга свыше 5–5,5 мм. На коротком отрезке изменения исходного показателя (6–8 мм) уровень вероятной летальности нарастает с 25 до 90% и более. При смещении срединных структур мозга более чем на 8,5 мм система, с точки зрения синергетических взглядов, опять становится стабильной, но уже с неблагоприятным прогнозом. Данный анализ помогает определить критическую точку принятия решений при анализе нейровизуализационных характеристик очага ИИ. Так, для объема очага это 145 см³, а для смещения срединных структур мозга — 5,0 мм.

Заключение. Полученные нами данные, касающиеся прогностического значения характеристик очага ИИ по данным КТ, могут иметь дополнительное значение для поддержки принятия решений при ведении группы пациентов с неблагоприятным прогнозом.

Ключевые слова: ишемический инсульт; компьютерная томография; прогноз.

Контакты: Вадим Иванович Ершов; ervad2010@yandex.ru

Для цитирования: Ершов ВИ, Чирков АН, Гумалатова НВ и др. Математическое моделирование исходов ишемического инсульта на основании характеристик очага по данным компьютерной томографии головного мозга. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2021;13(4):37–42. DOI: 10.14412/2074-2711-2021-4-37-42

Computed tomography-based mathematical modeling of ischemic stroke outcomes based on the focus characteristics

Ershov V.I.^{1,2}, Chirkov A.N.^{1,2}, Gumalatova N.V.¹, Lozinskaya T.Yu.¹, Nazarov A.M.¹, Lutsai E.D.¹, Burdakov V.V.¹, Silkin V.V.^{1,2}

¹Orenburg State Medical University, Ministry of Health of Russia, Orenburg;

²University Research and Clinical Center for Neurology, Neurointensive Care and Neurosurgery, Orenburg

¹6, Sovetskaya St., Orenburg 460000, Russia; ²140B, Pobeda Prospect, Orenburg 460000, Russia

Objective: to identify the prognostic aspects of the ischemic stroke (IS) focus characteristics according to the data of computed tomography of the brain.

Patients and methods. We examined 80 patients with hemispheric IS up to 1-day old (50 patients for constructing mathematical models of disease outcomes and 30 patients for subsequent testing of the obtained models) aged 30–84 years.

Results and discussion. The analysis of the association between mortality probability and brain midline shift size shown that a brain midline shift of 4.5–5 mm did not increase mortality probability much, which indicates the synergistic stability of this system. System destabilization began after an increase of the brain midline shift for more than 5–5.5 mm. After a mild change in the initial indicator (6–8 mm), mortality probability increased from 25% to 90% and higher. When the brain midline shift was more than 8.5 mm, the system, from the synergistic viewpoint, became stable again but with an unfavorable prognosis. This analysis helps to identify the critical decision-making point when analyzing the IS focus neuroimaging characteristics. Thus, the point for the focus volume is 145 cm³, and for the brain midline shift — 5.0 mm.

Conclusion. The results of our study about the prognostic value of the IS focus characteristics according to CT data may have additional value for decision-making in the management of patients with a poor prognosis.

Keywords: ischemic stroke; computed tomography; prognosis.

Contact: Vadim Ivanovich Ershov; ervad2010@yandex.ru

For reference: Ershov VI, Chirkov AN, Gumalatova NV, et al. Computed tomography-based mathematical modeling of ischemic stroke outcomes based on the focus characteristics. Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics. 2021;13(4):37–42. DOI: 10.14412/2074-2711-2021-4-37-42

Несмотря на достигнутые в последние годы значительные успехи в диагностике, лечении и реабилитации пациентов с церебральным инсультом, данная нозология все равно остается одной из ведущих причин смертности и инвалидизации во всем мире [1–3].

Согласно данным популяционных исследований, наиболее частый тип острого нарушения мозгового кровообращения — это ишемический инсульт (ИИ) [1–3]. Летальность при ИИ приближается к 25% и напрямую зависит от уровня лечебного учреждения, оказывающего помощь [1, 3].

Существует необходимость дальнейшего изучения закономерностей клинических проявлений, течения, осложнений и прогноза ИИ [4, 5]. Объективная и полная оценка состояния пациента позволяет очень быстро корректировать лечебную тактику согласно постоянно изменяющимся вводным данным. Лечащий врач, проводя оценку состояния пациента, чаще всего опирается на интуицию и имеющийся у него субъективный клинический опыт. В связи с этим существует прямая необходимость создания систем объективной оценки состояния больного с последующим предложением алгоритма действий, направленных на коррекцию того или иного нарушения. Этим целям отвечает математическое моделирование. В настоящий момент существуют определенные наработки в этой области [6, 7].

Компьютерная томография (КТ) головного мозга по-прежнему остается основным методом лучевой диагностики в дебюте цереброваскулярных заболеваний [8, 9]. Это объясняется как простотой и доступностью данного исследования, так и скоростью его выполнения. Безусловно, использование магнитно-резонансной томографии (МРТ) в качестве методики, позволяющей с высокой точностью с первых часов развития заболевания получить сведения о характере и объеме поражения вещества головного мозга, имеет более высокие диагностические возможности при оказании помощи пациентам с патологией головного мозга [10–12], но МРТ имеет обратные КТ недостатки, препятствующие ее использованию в рутинной клинической практике. Поэтому вполне логично применение КТ головного мозга для прогнозирования течения и исходов ИИ [13–17]. В качестве исследуемых параметров предлагается использовать объем поражения, величину смещения срединных структур, локализацию инфаркта, изменение плотности ножек мозга и пр. [18, 19]. Разработаны прогностические шкалы, включающие в себя нативную КТ головного мозга: DRAGON, NAT, NIAT2 и др. [20, 21]. Большое внимание в настоящий момент уделяется контрастным методикам, таким как КТ-перфузия и КТ-ангиография, особенно при решении вопроса об использовании реперфузионных технологий в лечении ИИ [22, 23]. При этом разработаны системы автоматического анализа полученных изображений [24, 25].

Таким образом, использование данных КТ очага инфаркта головного мозга с целью прогнозирования особенностей течения и исходов инсульта может быть крайне полезным для выстраивания персонализированной стратегии ведения пациента.

Цель исследования — выявить прогностические аспекты характеристик очага ИИ по данным КТ головного мозга.

Пациенты и методы. В исследование вошло 80 пациентов (38 мужчин и 42 женщины в возрасте от 30 до 84 лет, средний возраст — 71,2 года) с полушарным ИИ давностью

до 1 сут (50 пациентов для построения математических моделей исходов заболевания и 30 пациентов для последующей апробации полученных моделей).

Критерии включения: пациенты с подтвержденным полушарным ИИ.

Критерии исключения: беременность, гистологически подтвержденные злокачественные новообразования, заболевания сердечно-сосудистой системы — 3–4-й классы по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (New York Heart Association, NYHA), цирроз печени (терминальный), хроническая болезнь почек 5-й стадии (пациент на гемодиализе).

Все пациенты получали стандартную терапию на основе клинических рекомендаций, порядка и стандартов оказания помощи пациентам с ИИ, включая тромболитическую терапию. В трех случаях по жизненным показаниям была выполнена расширенная теменно-височная краниотомия.

Исследование носило обсервационный характер. Оценивали исходы по Шкале исходов Глазго (Glasgow Outcome Scale, GOS), а также динамику неврологического дефекта по Шкале инсульта Национального института здоровья (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS) при поступлении и на 28-е сутки заболевания. Изучалось влияние объема очага по данным КТ головного мозга в кубических сантиметрах и величина смещения срединных структур мозга в миллиметрах на вероятность развития летального исхода и улучшения состояния до конца острого периода заболевания.

Был применен метод линейной и нелинейной регрессии. Для аппроксимации моделью расчетных показателей летальности или вероятности улучшения состояния применялся метод наименьших квадратов. В основу моделей положены линейные и экспоненциальные функции (модификации уравнения Берталанфи).

Было проведено статистическое сопоставление результатов аппроксимации с расчетными данными с использованием U-критерия Манна–Уитни для 5% уровня значимости. Полученные модели были апробированы на отдельной выборке из 30 пациентов с ИИ.

Результаты. В ходе исследования зависимости вероятной летальности от величины очага полушарного ИИ была найдена закономерность, изображенная с помощью уравнения линейной зависимости:

$$Y = 0,393X + 10,$$

где X — величина очага ИИ по данным КТ головного мозга (см^3), Y — вероятная летальность.

При размере очага ишемии от 0 до 10 см^3 , по данным КТ головного мозга, уровень вероятной летальности составляет 10–18,8%. Размер очага ишемии 50 см^3 ассоциируется с уровнем вероятной летальности 4,52%, а для очага инфаркта головного мозга объемом 100 см^3 вероятность летального исхода увеличивается уже до 54,17%. Для очагов ИИ объемом 150 см^3 типична вероятная летальность в 73,82%. С клинической точки зрения для пациентов с подобным поражением головного мозга характерно преобладание нарушения сознания и дыхательных расстройств. При объеме инфарктного очага $\geq 200 \text{ см}^3$ уровень вероятной летальности стремится к 100% (рис. 1). Все пациенты из этой группы находятся в коме, им свойственны выраженные

одышка (>36 в 1 мин), нарушение дыхательного ритма, а также грубо выраженный менингеальный синдром. Клиническая картина указывает на выраженные проявления отека головного мозга с признаками дислокации ствола головного мозга.

Модель проверена на выборке из 30 пациентов с ИИ. Итоги сравнения значений летальности для пяти интервалов величины очага по данным КТ головного мозга с результатами моделирования представлены в табл. 1.

Поскольку наблюдаемое значение критерия Стьюдента ($t_{\text{набл}}=0,04$) меньше критического значения ($t_{\text{кр}}=2,78$) для $p=0,05$, группы значений летальности и вероятной летальности являются статистически сходными.

Исследование зависимости вероятности улучшения состояния пациентов в остром периоде ИИ от величины очага выявило следующую закономерность, аппроксимированную уравнением линейной зависимости:

$$Y = -0,3254X + 76,076,$$

где X — величина очага ИИ по данным КТ головного мозга (см^3), Y — вероятность улучшения.

При объеме очага ишемии, по данным КТ головного мозга, 10 см^3 (рис. 2) вероятность улучшения состояния достигает 72,82%, при увеличении объема очага ишемии до 50 см^3 она составляет 59,83%, а при очаге ишемии в 100 см^3 — снижается уже до 43,54%. Для больших очагов ишемии (150 см^3) типична вероятность улучшения всего в 27,27%. При размере очага $\geq 200 \text{ см}^3$ типична вероятность улучшения, стремящаяся к нулю. В остром периоде ИИ выживают лишь единицы пациентов (см. рис. 2).

Обращает на себя внимание тот факт, что при величине очага $83\text{--}84 \text{ см}^3$ вероятная летальность равна вероятности улучшения состояния пациента в остром периоде ИИ. При объеме очага ишемии до 110 см^3 существует вероятность других исходов (7%).

Крайне важно, что при величине очага полушарного ИИ $>145 \text{ см}^3$ жизненный прогноз становится неблагоприятным, что обуславливает необходимость консультации нейрохирурга с целью установления возможности проведения оперативного лечения.

При исследовании зависимости вероятной летальности от смещения срединных структур мозга по данным КТ получены следующие результаты. Закономерность представлена модификацией уравнения Берталанфи:

$$y = \frac{0,25}{[0,01s_1 + (25s_1 - 0,01s_1)e^{-s_2x}]^{1/s_1}} + \frac{0,75}{[0,01f_1 + (75f_1 - 0,01f_1)e^{-f_2x}]^{1/f_1}},$$

где X — величина смещения срединных структур мозга по данным КТ; Y — искомое значение вероятной летальности; неопределенные коэффициенты, вычисленные методом наименьших квадратов: $s_1=0,54$, $s_2=5,487$, $f_1=26,169$, $f_2=6,135$; e — основание натурального логарифма.

График разбит на пять интервалов (рис. 3).

Интервал 1 — «начальный подъем» — распространяется до 1 мм смещения срединных структур мозга по результатам КТ головного мозга. Вероятная летальность при этом повышается до 25,03%, что согласуется с летальностью малых, среднетяжелых и тяжелых ИИ.

Интервал 2 — «нижнее плато» — распространяется при значении смещения срединных структур мозга по данным КТ головного мозга от 1 до 5,0 мм. Вероятная летальность для этого интервала не будет превышать 30%. Для инсультов

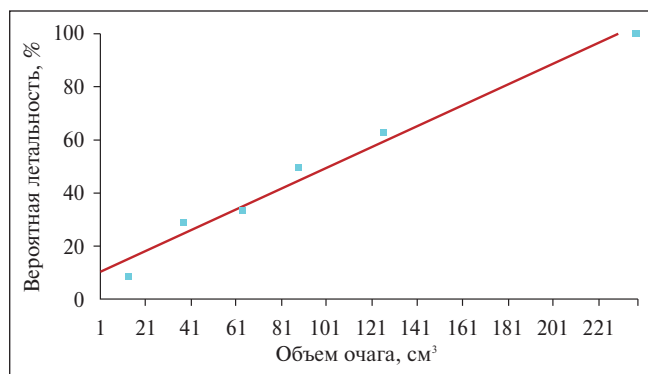


Рис. 1. Зависимость вероятной летальности от величины очага по данным КТ головного мозга

Fig. 1. Association between mortality probability and focus size according to brain CT

Таблица 1.

Результаты сравнения значений летальности для пяти интервалов размера очага ИИ с результатами моделирования

Table 1.

Comparative analysis of five intervals of IS size with the model results

Объем очага, см^3	Значения вероятной летальности (модель), P_m	Летальность для воспроизводящей выборки, P_v	Разность, $d=P_m-P_v$
0–25	15,26	0	15,26
25–50	25,09	20	5,09
50–75	34,93	33,33	1,6
75–100	44,76	50	-5,24
100–150	59,32	75	-15,68

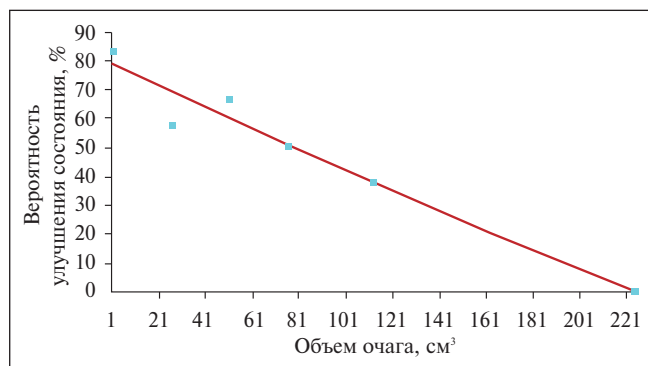


Рис. 2. Зависимость вероятности улучшения состояния больных ИИ в остром периоде от величины очага по данным КТ ($n=50$)

Fig. 2. Association between clinical improvement probability in acute IS and focus size according to brain CT ($n=50$)

этого интервала характерно повышение удельного веса общемозгового синдрома.

Интервал 3 – «медленный подъем» – расположен в промежутке нарастания смещения срединных структур мозга от 5,0 до 5,5 мм, что находит выражение в незначительном нарастании вероятной летальности до 33,19%.

Интервал 4 – «быстрый подъем» – отличается нарастанием смещения срединных структур мозга до 8 мм, что согласуется с ростом вероятной летальности до 91,81%. В клинической картине преобладают нарушение ясности сознания, одышка, дыхательная аритмия.

Интервал 5 – «верхнее плато» – характеризуется значениями смещения срединных структур мозга свыше 8 мм и летальностью около 100%.

Модель проверена на независимой выборке из 30 пациентов с ИИ. Сравнение величин летальности для трех интервалов значений смещения срединных структур головного мозга по результатам КТ-исследований с данными моделирования показаны в табл. 2.

Поскольку имеющееся значение критерия Стьюдента ($t_{\text{набл}}=1,33$) меньше критического значения ($t_{\text{кр}}=4,3$) для

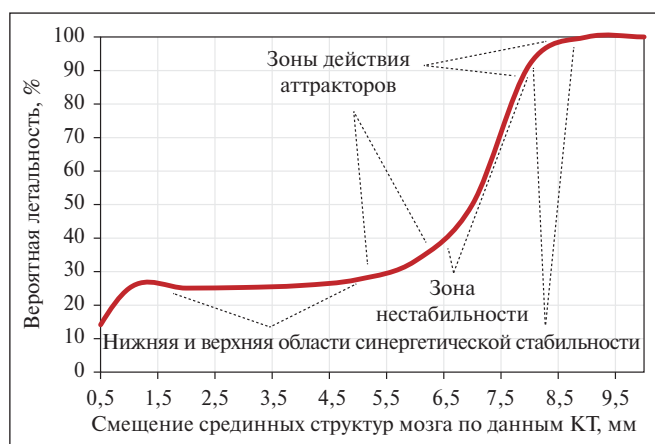


Рис. 3. Зависимость вероятной летальности от значения смещения срединных структур мозга по данным КТ (n=50)

Fig. 3. Association between mortality probability and brain midline shift according to brain CT (n=50)

Таблица 2. Итоги сравнения величин летальности для трех интервалов значений смещения срединных структур головного мозга с данными моделирования

Table 2. Comparative analysis of mortality values for three intervals of brain midline shift with the model results

Смещение срединных структур, мм	Значения вероятной летальности (модель), P_m	Летальность для воспроизводящей выборки, P_v	Разность, $d=P_m-P_v$
2–4	25,29	25	0,29
4–6	27,68	33,33	-5,65
6–8	50	75	-25

$p=0,05$, группы величин летальности и вероятной летальности представляются статистически сходными.

Крайне важно, что смещение срединных структур мозга свыше 5–5,5 мм в первые сутки ИИ ассоциируется с неблагоприятным жизненным прогнозом, и это обуславливает необходимость консультации нейрохирурга с целью определения возможности проведения оперативного лечения.

При исследовании зависимости вероятности улучшения состояния пациента с ИИ от величины смещения срединных структур мозга по данным КТ определена закономерность, которая представлена модифицированным уравнением Берталанфи:

$$y = 100 - \frac{0,4}{[0,01^{s_1} + (40^{s_1} - 0,01^{s_1})e^{-s_2x}]^{1/s_1}} - \frac{0,6}{[0,01^{f_1} + (60^{f_1} - 0,01^{f_1})e^{-f_2x}]^{1/f_1}},$$

где X – величина смещения срединных структур мозга по данным КТ; Y – искомое значение вероятности улучшения состояния пациента; неопределенные коэффициенты, вычисленные методом наименьших квадратов: $s_1=0,5$, $s_2=25,147$, $f_1=26$, $f_2=24,83$; e – основание натурального логарифма (рис. 4).

График можно разделить на три сегмента.

Сегмент 1 – «верхний спуск» – имеет отличительную особенность в виде смещения срединных структур мозга до 1 мм. Вероятность улучшения не больше 59,97%.

Сегмент 2 – «плато» – заполняет интервал от 1 до 5 мм. Этот сегмент отличен тем, что имеет умеренное снижение вероятности улучшения состояния с 59,97 до 49,96%.

Сегмент 3 – «нижний спуск» – имеет следующие черты: продолжается снижение вероятности улучшения состояния пациента ниже 49,96%, это характерно для тяжелых ИИ.

Обсуждение. Не вызывает сомнений, что пациенты с более крупным очагом и большим смещением срединных структур мозга по данным КТ имеют большие риски разви-



Рис. 4. Зависимость вероятности улучшения состояния от значения смещения срединных структур мозга по данным КТ (n=50)

Fig. 4. Association between clinical improvement probability and brain midline shift according to brain CT (n=50)

тия летального исхода. Однако остаются не вполне решенными вопросы поддержки принятия решений на основе нейровизуализационной картины. В частности, это касается консультации нейрохирурга с целью принятия решения о проведении декомпрессионной краниотомии.

Крайне важным представляется взгляд на данные закономерности с точки зрения теории самоорганизующихся систем. В частности, при анализе зависимости вероятной летальности от величины смещения срединных структур мозга видно, что система ведет себя по-разному при различных величинах исходного показателя. Так, до 4,5–5 мм смещения срединных структур мозга вероятная летальность практически не нарастает, что свидетельствует о синергетической стабильности данной системы. Дестабилизация системы начинается после величины смещения срединных структур мозга свыше 5–5,5 мм. Система становится чувствительной к действию так называемых «флуктуаций», и производный показатель стремительно нарастает до предельно высоких значений. На коротком отрезке изменения исходного показателя (6–8 мм) производный показатель нарастает с 25 до 90% и более. После величины смещения срединных структур мозга >8,5 мм система, с точки зрения

синергетических взглядов, опять становится стабильной, но уже при неблагоприятном прогнозе (см. рис. 3).

Данный анализ помогает определить критическую точку принятия решений при анализе нейровизуализационных характеристик очага ИИ. Так, для объема очага — это 145 см³, а для смещения срединных структур мозга — 5,0 мм. В литературе встречается ряд похожих исследований. При этом следует отметить, что уровни прогностически неблагоприятного объема поражения головного мозга в работах разных авторов различаются. Согласно проанализированным источникам, исследуемый параметр колеблется от 111,8 до 166,5 мл [26–29]. Этот факт объясняют как разным уровнем оказания медицинской помощи пациентам с ИИ, так и различными исходными параметрами больных. Для смещения срединных структур, по данным ряда источников, прогностически неблагоприятным считается отклонение от 5 до 7 мм [30].

Заключение. Полученные нами данные, касающиеся прогностического значения характеристик очага ИИ по данным КТ, могут иметь дополнительное значение для поддержки принятия решений при ведении группы пациентов с неблагоприятным прогнозом.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Гусев ЕИ, Скворцова ВИ, Стаховская ЛВ. Проблема инсульта в Российской Федерации: время активных совместных действий. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2007;107(6):4–10. [Gusev EI, Skvortsova VI, Stakhovskaya LV. The problem of stroke in the Russian Federation: the time of active joint actions. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2007;107(6):4–10 (In Russ.)].
2. Гусев ЕИ, Мартынов МЮ, Камчатнов ПР и др. Церебральный инсульт. *Consilium Medicum*. 2014;16(12):13–7. [Gusev EI, Martynov MYu, Kamchatnov PR, et al. Cerebral stroke. *Consilium Medicum*. 2014;16(12):13–7 (In Russ.)].
3. Клочихина ОА, Стаховская ЛВ. Анализ эпидемиологических показателей инсульта по данным территориально-популяционных регистров 2009–2012 гг. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2014;114(6):63–9. [Klochikhina OA, Stakhovskaya LV. Analysis of epidemiological indicators of stroke according to territorial and population registers 2009–2012. *Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2014;114(6):63–9 (In Russ.)].
4. Wouters A, Lemmens R, Nysten C, et al. Prediction of outcome in patients with acute ischemic stroke based on initial severity and improvement in the first 24 h. *Front Neurol*. 2018 May 7;9:308. doi: 10.3389/fneur.2018.00308. eCollection 2018.
5. Лихолетова НВ, Ковалев ВВ, Горбачев ВИ и др. Предикторы исходов геморрагического инсульта в реанимационной практике. *Сибирский медицинский журнал*. 2001;(6):105–8. [Licholetova NV, Kovalev VV, Gorbachev VI, et al. Predictive factors of outcomes of hemorrhagic stroke in resuscitation practice. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal = Siberian Medical Journal*. 2001;(6):105–8 (In Russ.)].
6. Newton AJH, Lytton WW. Computer modeling of ischemic stroke. *Drug Discov Today Dis Models*. Spring 2016;19:77–83. doi: 10.1016/j.ddmod.2017.01.001. Epub 2017 Feb 21.
7. Ершов ВИ, Чирков АН, Гончар-Зайкин АП и др. Математическое моделирование ишемического инсульта. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2019;11(4):38–43. doi: 10.14412/2074-2711-2019-4-38-43 [Ershov VI, Chirkov AN, Gonchar-Zaykin AP, et al. Mathematical modeling of ischemic stroke. *Neurologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2019;11(4):38–43. doi: 10.14412/2074-2711-2019-4-38-43 (In Russ.)].
8. Хасанова ДР, Ибатуллин ММ, Калинин МН и др. Современная нейровизуализация и реперфузионная терапия при остром ишемическом инсульте. *Нервные болезни*. 2013;(4):2–8. [Khasanova DR, Ibatullin MM, Kalinin MN, et al. Modern neuroimaging and reperfusion therapy in acute ischemic stroke. *Nervnye bolezni = Nervous Diseases*. 2013;(4):2–8 (In Russ.)].
9. Алдатов РХ, Труфанов ГЕ, Фокин ВА. Нейровизуализация острого ишемического инсульта: современное состояние. *Трансляционная медицина*. 2019;6(2):12–7. [Aldatov RK, Trufanov GE, Fokin VA. Neuroimaging of Acute Ischemic Stroke: Current State. *Translyatsionnaya meditsina = Translational Medicine*. 2019;6(2):12–7 (In Russ.)].
10. Parody E, Pedraza S, Garcia-Gil MM, et al. Cost-utility analysis of magnetic resonance imaging management of patients with acute ischemic stroke in a spanish hospital. *Neurol Ther*. 2015 Jun;4(1):25–37. doi: 10.1007/s40120-015-0029-x. Epub 2015 May 19.
11. Chalela JA, Kidwell CS, Nentwich LM, et al. Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison. *Lancet*. 2007 Jan 27;369(9558):293–8. doi: 10.1016/S0140-6736(07)60151-2
12. Brazzelli M, Sandercock PA, Chappell FM, et al. Magnetic resonance imaging versus computed tomography for detection of acute vascular lesions in patients presenting with stroke symptoms. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009 Oct 7;(4):CD007424. doi: 10.1002/14651858.CD007424.pub2
13. Урванцева ОМ, Асратян СА, Кемеж ЮВ и др. Компьютерная томография в прогнозировании течения массивного ишемического инсульта. *REJR*. 2015;5(1):19–25. [Urvantseva OM, Asratyan SA, Kemezh YV, et al. Computed tomography in predicting the clinical course of a massive ischemic stroke. *REJR*. 2015;5(1):19–25 (In Russ.)].
14. Меркулов ДВ, Савелло ВЕ, Вознюк ИА и др. Значение мультиспиральной компьютерной томографии в определении тактики лечения и прогнозе результатов в острой фазу ишемического инсульта. *Лучевая диагностика и терапия*. 2017;3(8):112–3.

- [Merkulov DV, Savello VE, Voznyuk IA, et al. The value of multislice computed tomography in determining the course of treatment and predicting outcomes in the acute phase of ischemic stroke. *Luchevaya diagnostika i terapiya = Radiation Diagnostics and Therapy*. 2017;3(8):112-3 (In Russ.)].
15. Котов МА, Щедренко ВВ, Могучая ОВ и др. Лучевые предикторы исходов ишемического инсульта. *Дневник казанской медицинской школы*. 2018;1(19):86-90. [Kotov MA, Shchedrenok VV, Moguchaya OV, et al. Radiation predictors outcomes of ischemic stroke. *Dnevnik kazanskoy meditsinskoy shkoly = Diary of the Kazan Medical School*. 2018;1(19):86-90 (In Russ.)].
 16. Soliman F, Gupta A, Delgado D, et al. The Role of Imaging in Clinical Stroke Scales That Predict Functional Outcome: A Systematic Review. *Neurohospitalist*. 2017 Oct;7(4):169-178. doi: 10.1177/1941874417708128. Epub 2017 May 22.
 17. Котов МА. Возможности компьютерной томографии в прогнозировании летального исхода инсульта. *Дневник казанской медицинской школы*. 2017;2(16):76-80. [Kotov MA. Possibilities of computer tomography in the prediction of lethal outcome of stroke. *Dnevnik kazanskoy meditsinskoy shkoly = Diary of the Kazan Medical School*. 2017;2(16):76-80 (In Russ.)].
 18. Слостён ЕВ, Малькова НН, Колесниченко ЮА и др. Клинико-томографическая оценка тяжести ишемического инсульта в зависимости от объема и количества очагов инфаркта мозга. *Фундаментальные исследования*. 2012;7(7):186-9. [Slastjon EV, Malkova NN, Kolesnichenko YuA, et al. Clinical-tomographic evaluation of ischemic stroke severity according to number and volume of brain infarction focuses. *Fundamental'nyye issledovaniya = Fundamental Research*. 2012;7(7):186-9 (In Russ.)].
 19. Ostwaldt A-C, Battey TWK, Irvine HJ, et al. Comparative Analysis of Markers of Mass Effect after Ischemic Stroke. *J Neuroimaging*. 2018 Sep;28(5):530-4. doi: 10.1111/jon.12525. Epub 2018 May 24.
 20. Nagel S, Joly O, Pfaff J, et al. e-ASPECTS derived acute ischemic volumes on non-contrast-enhanced computed tomography images. *Int J Stroke*. 2020 Dec;15(9):995-1001. doi: 10.1177/1747493019879661. Epub 2019 Sep 30.
 21. Lu WZ, Lin HA, Bai CH, Lin SF. Posterior circulation acute stroke prognosis early CT scores in predicting functional outcomes: A meta-analysis. *PLoS One*. 2021 Feb 16;16(2):e0246906. doi: 10.1371/journal.pone.0246906. eCollection 2021.
 22. Кулеш АА, Дробаха ВЕ, Кайлева НА и др. Возможности перфузионной шкалы ASPECTS в прогнозировании эффективности внутривенной тромболитической терапии. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2017;9(3):10-7. doi: 10.14412/2074-2711-2017-3-10-17 [Kulesh AA, Drobakha VE, Kaileva NA, et al. Capabilities of perfusion ASPECTS in predicting the efficiency of intravenous thrombolytic therapy. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2017;9(3):10-7. doi: 10.14412/2074-2711-2017-3-10-17 (In Russ.)].
 23. Campbell BCV, Majoie CBLM, Albers GW, et al. Penumbra imaging and functional outcome in patients with anterior circulation ischaemic stroke treated with endovascular thrombectomy versus medical therapy: a meta-analysis of individual patient-level data. *Lancet Neurol*. 2019 Jan;18(1):46-55. doi: 10.1016/S1474-4422(18)30314-4. Epub 2018 Nov 6.
 24. Stoel BC, Marquering HA, Staring M, et al. Automated brain computed tomographic densitometry of early ischemic changes in acute stroke. *J Med Imaging (Bellingham)*. 2015 Jan;2(1):014004. doi: 10.1117/1.JMI.2.1.014004. Epub 2015 Mar 24.
 25. Sales Barros R, Tolhuisen ML, Boers AM, et al. Automatic segmentation of cerebral infarcts in follow-up computed tomography images with convolutional neural networks. *J Neurointerv Surg*. 2020 Sep;12(9):848-52. doi: 10.1136/neurintsurg-2019-015471. Epub 2019 Dec 23.
 26. Слостён ЕВ, Машин ВВ, Малькова НН и др. Оценка тяжести ишемического инсульта в зависимости от его локализации. *Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа*. 2012;1(13):153-8. [Slastjon EV, Mashin VV, Malkova NN, et al. Evaluation of ischemic stroke severity according to dependence on localization. *Nevrologiya i neyrokhirurgiya. Vostochnaya Evropa = Neurology and neurosurgery. Eastern Europe*. 2012;1(13):153-8 (In Russ.)].
 27. Maier IL, Behme D, Schnieder M, et al. Early computed tomography-based scores to predict decompressive hemicraniectomy after endovascular therapy in acute ischemic stroke. *PLoS One*. 2017 Mar 10;12(3):e0173737. doi: 10.1371/journal.pone.0173737. eCollection 2017.
 28. Taiwo YF, Osaigbovo GO, Gabkwet AE, et al. Volume of Acute Ischemic Stroke Lesion and Patients' Outcome at Jos University Teaching Hospital: A Cranial Computed Tomography Study. *West Afr J Med*. 2020 Oct;37(5):555-9.
 29. Bucker A, Boers AM, Bot JCJ, et al. Associations of Ischemic Lesion Volume With Functional Outcome in Patients With Acute Ischemic Stroke: 24-Hour Versus 1-Week Imaging. *Stroke*. 2017 May;48(5):1233-40. doi: 10.1161/STROKEAHA.116.015156. Epub 2017 Mar 28.
 30. Буров СА, Никитин АС, Асратян СА и др. Факторы риска развития злокачественного течения массивного ишемического инсульта. *Нейрохирургия*. 2012;3(3):18-25. [Burov SA, Nikitin AS, Asratyan SA, et al. Risk factors for the development of a malignant course of massive ischemic stroke. *Neyrokhirurgiya = Neurosurgery*. 2012;3(3):18-25 (In Russ.)].

Поступила/отрецензирована/принята к печати

Received/Reviewed/Accepted

25.05.2021/4.07.2021/8.07.2021

Заявление о конфликте интересов/Conflict of Interest Statement

Исследование не имело спонсорской поддержки. Конфликт интересов отсутствует. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

The investigation has not been sponsored. There are no conflicts of interest. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Ершов В.И. <https://orcid.org/0000-0001-9150-0382>

Чирков А.Н. <https://orcid.org/0000-0003-4368-832X>

Гумалатова Н.В. <https://orcid.org/0000-0002-0854-0314>

Лозинская Т.Ю. <https://orcid.org/0000-0002-1508-5727>

Луцай Е.Д. <https://orcid.org/0000-0002-7401-6502>