

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА СУБДУРАЛЬНОЙ ГЕМАТОМЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА

В.В. Виноградов, Б.С. Чубун, Д.Е. Алексеев, А.А. Рафаелян, К.А. Диких, Д.В. Свистов

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6

Контакты: Вячеслав Вадимович Виноградов Slava-Vinograd@yandex.ru

Введение. При диагностике субдуральных гематом травматического, сосудистого и иного генеза часто возникает сложность в точном расчете их объема, что создает затруднения при выборе оптимальной тактики нейрохирургического лечения.

Цель исследования – провести сравнительный анализ точности различных способов вычисления объема субдуральных гематом для повышения качества оценки результатов лучевых методов исследования при выборе хирургической тактики.

Материалы и методы. Использованы данные предоперационной компьютерно-томографической диагностики 20 пациентов (15 мужчин и 5 женщин в возрасте от 20 до 60 лет) с подтвержденным диагнозом субдуральной гематомы, находившихся на обследовании и лечении в клинике нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Было сформировано 4 группы в зависимости от того, какой метод расчета применяли: с использованием формул расчета объема – эллипсоида или выпукло-вогнутой линзы (форма которой наиболее соответствует форме субдуральной гематомы); электронный алгоритм расчета объема (программа Gamma MultiVox D2, ООО «Гаммамед-Софт», Россия); контрольный метод (ручной посрезовый подсчет площадей сформированных структур с последующей суммацией).

Результаты. Отклонения полученных значений отмечались в диапазоне от +18 до –16 %. Отклонения при расчетах по формуле объема эллипсоида составили +46 и –19 %; по формуле выпукло-вогнутой линзы +38 и –35 % соответственно. Электронный алгоритм расчета (Gamma MultiVox D2) показал себя как наиболее точный метод по сравнению с остальными исследуемыми, а также с контрольным.

Заключение. При сравнительном анализе точности исследуемых методик вычисления объема субдуральной гематомы установлено, что медианы результатов статистически не отличаются, что допускает использование и выбор данных методов в зависимости от собственных предпочтений нейрохирурга.

Исследование алгоритма по формуле объема эллипсоида позволяет говорить о низкой специфичности данного метода, сравнительно высоких отклонениях результата от истинного с тенденцией к завышению значений.

Метод расчета по формуле объема выпукло-вогнутой линзы показал средний результат, если форма гематомы соответствует идеальной форме фигуры, заключенной между двумя сегментами шара. В случае несоответствия формы наблюдались значительные отклонения в сторону как переоценки, так и недооценки объема гематомы.

Расчет с помощью программного обеспечения Gamma MultiVox D2 показал наибольшую точность, наименьший диапазон отклонения от контрольных данных, универсальность, независимость как от формы и локализации субдуральной гематомы, так и от выбора среза, на котором в других алгоритмах необходимо проводить соответствующие измерения.

Отметим, что точность определения объема субдуральной гематомы исследуемыми методами прямо пропорциональна количеству времени, затраченному на расчет.

Ключевые слова: субдуральная гематома, расчет объема, сравнительный анализ, черепно-мозговая травма, Gamma MultiVox D2

Для цитирования: Виноградов В.В., Чубун Б.С., Алексеев Д.Е. и др. Определение объема субдуральной гематомы: сравнительный анализ методов расчета. Нейрохирургия 2022;24(3):23–31. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-23-31

Determination of subdural hematoma volume: Comparative analysis of calculation methods

V.V. Vinogradov, B.S. Chubun, D.E. Alekseev, A.A. Rafaealyan, K.A. Dikikh, D.V. Svistov

Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia; 6 Akademika Lebedeva St., Saint-Petersburg 194044, Russia

Contacts: Vyacheslav Vadimovich Vinogradov *Slava-Vinograd@yandex.ru*

Background. Accurate calculation of the volume of subdural hematomas of traumatic, vascular, and other origins during diagnosis is complicated which leads to difficulties in selection of optimal tactics of neurosurgical treatment.

Aim. To perform comparative analysis of accuracy of different methods of subdural hematoma volume calculations to increase the quality of evaluation of the results of radiological methods in selection of surgical tactics.

Materials and methods. Data from preoperative computed tomography of 20 patients (15 men and 5 women between the ages of 20 and 60 years) with confirmed diagnosis of subdural hematoma who were examined and treated at the Neurosurgery Clinic of the Kirov Military Medical Academy were used. Four groups were formed based of the calculation method: two groups using formulas for volume of ellipsoid or convexo-concave lens (the shape most accurately representing the shape of subdural hematoma); electronic algorithm of volume calculation (Gamma MultiVox D2 software, Gammamed-Soft, Russia); control method (manual sectional calculation of areas of the formed structures with subsequent summation).

Results. Deviations between the obtained values varied between +18 and –16 %. Deviations for calculations using ellipsoid volume formula were +46 and –19 %; using convexo-concave lens formula +38 and –35 %, respectively. Electronic calculation algorithm (Gamma MultiVox D2) showed the best accuracy compared to other methods including the control method.

Conclusions. Comparative analysis of the accuracy of the studied methods of calculation of subdural hematoma volume showed that median results are statistically similar which allows for selection and use of these methods in accordance with the neurosurgeon's preferences.

Study of the algorithm based on ellipsoid volume shows low specificity of this method, comparatively high deviations of the results from the true value with a trend toward overprediction.

Calculation using volume of convexo-concave lens showed intermediate result if the shape of the hematoma corresponded to the ideal shape of a figure enclosed between two segments of a sphere. In cases where the shape did not correspond to the convexo-concave lens, both overprediction and underprediction of hematoma volume were observed.

Calculations using the Gamma MultiVox D2 software showed the highest accuracy, lowest range of deviation from the control data, best versatility, independence from both the shape and location of the subdural hematoma, as well as selection of a section used in other algorithms for the measurements.

It should be noted that accuracy of determination of subdural hematoma volume by the studied methods is directly proportional to time necessary for calculation.

Keywords: subdural hematoma, volume calculation, comparative analysis, traumatic brain injury, Gamma MultiVox D2

For citation: Vinogradov V.V., Chubun B.S., Alekseev D.E. et al. Determination of subdural hematoma volume: Comparative analysis of calculation methods. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(3):23–31. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-23-31

ВВЕДЕНИЕ

Травматизм, особенно связанный с повреждением черепа и головного мозга (ГМ), остается актуальной проблемой систем здравоохранения большинства развитых стран, так как продолжает быть ведущей причиной смертности и инвалидизации населения. Встречаемость черепно-мозговых травм (ЧМТ) среди населения составляет до 3–4 случаев на 100 человек в год [1]. Сдавление ГМ субдуральной гематомой (СДГ) – одна из наиболее частых клинических форм ЧМТ. Так, согласно K.G. Jamieson и J.D. N. Yelland, пострадавшие с острой СДГ составили 5 % среди всех поступивших с ЧМТ в 1 лечебное учреждение [1]. При тяжелой ЧМТ частота развития СДГ достигает 9–22 % [1, 2], а случаи хронической СДГ среди хирургически значимых внутричерепных кровоизлияний составляют 12–25,5 %. На долю СДГ приходится до 7 % всех внутричерепных патологических образований [3], что делает проблему своевременной диагностики и выбора оптимальной тактики лечения данной группы пациентов актуальной для современной практической нейрохирургии [4–6].

Известную сложность представляет быстрая интерпретация данных компьютерной томографии (КТ) при исследовании ГМ в условиях ограниченного времени при выборе оптимальной тактики при оказании неотложной нейрохирургической помощи. Одним из основных критериев, учитываемых при определении показаний к хирургическому лечению по поводу СДГ, служит ее объем, как правило, определяемый ориентировочно по данным КТ головы [7, 8]. Объем СДГ варьирует в широком диапазоне от 30 до 250 мл, но чаще не превышает 80–150 мл [2, 4]. Точный расчет объема СДГ затруднен в связи с отсутствием стандартного алгоритма или общепринятой формулы, из-за чего в практической нейрохирургии могут возникать диагностические и тактические ошибки, основанные на неверной оценке объема кровоизлияния, динамики КТ-картины.

Цель исследования – провести сравнительный анализ точности различных способов вычисления объема СДГ при лучевом исследовании, что улучшит его эффективность и, как результат, позволит оптимизировать выбор хирургической тактики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы данные предоперационной КТ-диагностики 20 пациентов (15 мужчин и 5 женщин в возрасте от 20 до 60 лет) с подтвержденным диагнозом СДГ, находившихся на обследовании и лечении в клинике нейрохирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в 2020–2021 гг. В зависимости от того, какой метод расчета применяли, сформировано 4 группы (по 20 пациентов). Объем гематом подлежал расчету 1 эталонным (контрольным) и 3 исследуемыми методами. В основу контрольного метода лег ручной посрезовый расчет площадей, занимаемых на КТ-срезах гематомой, с последующим умножением площади на толщину среза и дальнейшим сложением результатов, полученных во всех срезах с гематомой. В нашей работе проанализированы 3 метода (алгоритма) с применением:

- 1) формулы расчета объема эллипсоида (прямое перемножение 3 наибольших перпендикулярных размеров гематомы с последующим делением на 2);
- 2) формулы расчета объема выпукло-вогнутой линзы (ВВЛ), форма которой наиболее соответствует форме СДГ;
- 3) электронного алгоритма расчета объемов образований (программа Gamma MultiVox D2, ООО «Гаммамед-Софт», Россия), основанного на автоматической или полуавтоматической сегментации изображений.

Метод 1. Формула расчета объема эллипсоида

По своей сути это вариант упрощения формул расчета объема 3-мерных фигур, имеющих 3 главных размера в 3 взаимно перпендикулярных плоскостях: $(a \cdot b \cdot c) / 2$. Данный алгоритм расчета нашел применение во множестве различных направлений лучевой диагностики. Для нейрохирургии он интересен с позиций определения объемов образований в центральной нервной системе: опухолей, сосудистых мальформаций, а также паренхиматозных и эпидуральных гематом. Алгоритм расчета прост: необходимо изучить КТ-изображения в аксиальной, сагиттальной и коронарной проекциях и выявить 3 наибольших размера в перпендикулярных (относительно друг друга) плоскостях (рис. 1). При автоматизации процесса расчета (путем заполнения простой таблицы формул в формате Excel) время, необходимое на проведение данной манипуляции, не превышает 2–3 мин. Кроме того, вычисления достаточно быстро делаются на калькуляторе или в уме без использования технических средств.

Метод 2. Формула расчета объема выпукло-вогнутой линзы

Данная формула позволяет более целенаправленно подходить к определению объема СДГ. Это связано, в первую очередь, с ориентированностью указанной формулы на определение объема фигур, одна из по-

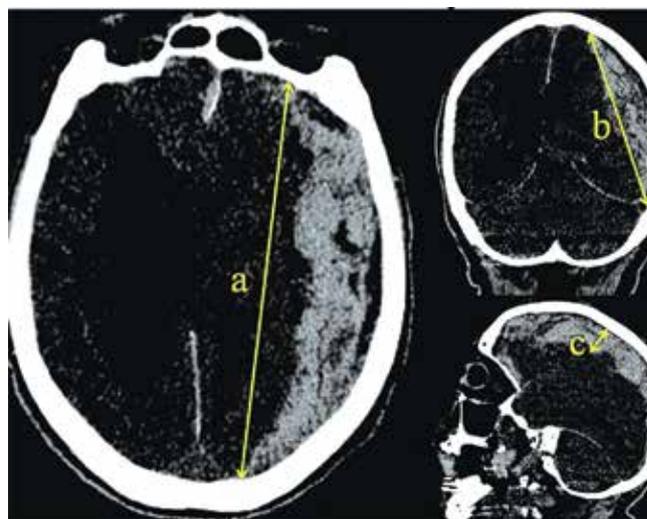


Рис. 1. Схема (на компьютерной томограмме) выделения в 3 взаимно перпендикулярных плоскостях 3 главных размеров (a, b, c) субдуральной гематомы, применяемых для формулы расчета объема эллипсоида

Fig. 1. Diagram (on a computed tomography scan) of selection of the 3 main dimensions (a, b, c) of a subdural hematoma in 3 mutually perpendicular planes used in the ellipsoid volume formula

верхностей которых вогнута по тому же вектору направления, по которому выгнута другая сторона. Это соответствует форме СДГ, ограничиваемой с одной стороны вогнутой внутренней поверхностью твердой мозговой оболочки, прилежащей к костям мозгового черепа, а с другой – выпуклой поверхностью ГМ. Данная формула выведена путем геометрических вычислений отношений фигур. Это обосновано соответствием форм СДГ и ВВЛ. Расчет объема фигуры с формой ВВЛ можно упростить, если считать, что она образуется в пересечении 2 сегментов шаров неравных радиусов, но с одним общим основанием (рис. 2, 3). Таким образом, алгоритм расчета фигуры с формой ВВЛ представляет собой разность между объемами 2 сегментов шаров/эллипсоидов и представлен следующей формулой:

$$V = \pi \times \left(\frac{h^2 \times L^2 + h_2^3}{2} - \frac{1}{3} \times h_2^3 - \frac{h_1 \times L^2 + h_1^3}{2} + \frac{1}{3} \times h_1^3 \right),$$

где V – объем фигуры формы ВВЛ; h_2 – высота верхнего сегмента шара, выполняющего собой выпуклую часть фигуры; L – диаметр общего основания сегментов шаров; h_1 – высота нижнего сегмента шара, выполняющего собой вогнутую часть фигуры.

Метод 3. Программа Gamma MultiVox D2

Электронный алгоритм расчета объемов образований в программе Gamma MultiVox D2 (ООО «Гаммамед-Софт», Россия) используется также для исследования точности расчета. Функционал программы позволяет загружать файлы в формате DICOM (Digital

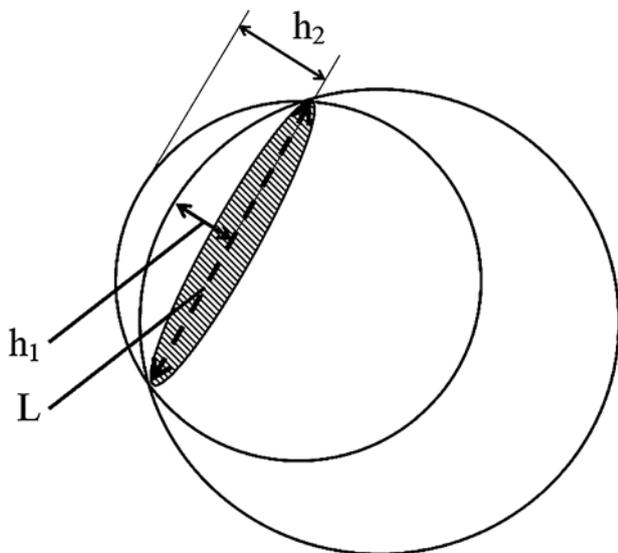


Рис. 2. Схема геометрического обоснования формулы расчета объема фигуры с формой выпукло-вогнутой линзы

Fig. 2. Diagram of the geometrical justification for calculation of volume of a figure of convexo-concave lens shape

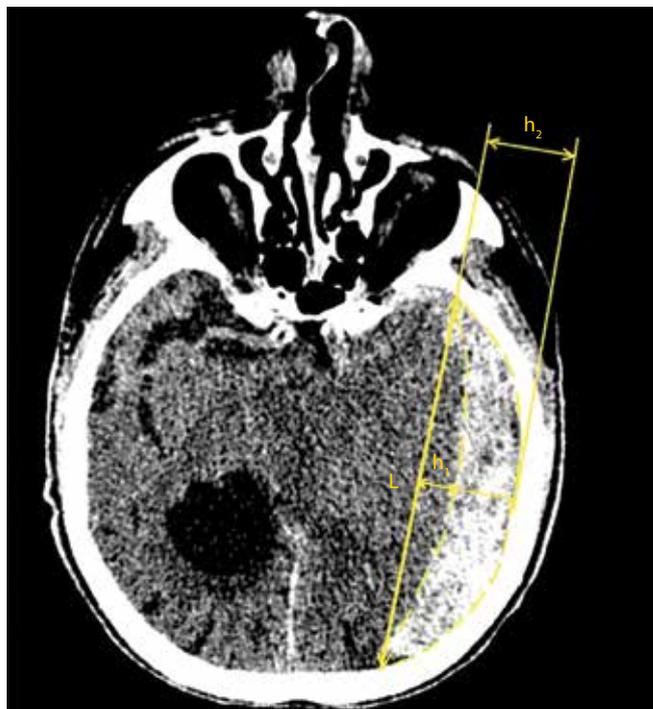


Рис. 3. Схема выделения размеров субдуральной гематомы (КТ-изображение), необходимых для формулы расчета объема фигуры с формой выпукло-вогнутой линзы

Fig. 3. Diagram of selection of subdural hematoma dimensions (CT scan) used in the formula for calculation of volume of a figure of convexo-concave lens shape

Imaging and Communications in Medicine – стандарт «Цифровая визуализация и коммуникации в медицине») и выделять с шагом в несколько срезов контуры объемного образования (в данном исследовании – гематомы) (рис. 4). Программа автоматически достраи-



Рис. 4. Субдуральная гематома (КТ-изображение): процесс сегментации контура, исполненной при помощи виртуальных инструментов программного пакета Gamma MultiVox D2

Fig. 4. Segmentation of subdural hematoma contour (CT scan) using virtual instruments of the Gamma MultiVox D2 software package

вает аналогичные контуры на промежуточных срезах, основываясь на контрольных контурах, установленных вручную, и градиенте плотности тканей по Хаунсфилду (G.N. Hounsfield). Подсчет общего объема проводили программным методом в интерфейсе отображения снимков и выделения контуров.

Сбор данных и статистическая обработка

Полученные результаты обрабатывали с помощью программных пакетов Microsoft Office Excel 2016 и Statistica 10.0. Для проверки нормальности распределения, помимо визуального анализа гистограмм, использовали методы Колмогорова–Смирнова (Kolmogorov – Smirnov test) с поправкой Лиллиефорса (Lilliefors test), а также W-пробу Шапиро–Уилка (Shapiro–Wilk's W test). Дисперсионный анализ (Analysis of Variance, ANOVA): для оценки влияния выбранных методов на дисперсию показателя точности расчета по отношению к контрольным значениям применяли H-критерий Краскела–Уоллиса (Kruskal–Wallis ANOVA) и дальнейшее попарное сравнение групп с помощью U-критерия Манна–Уитни (Mann–Whitney U test).

Для сравнительной оценки отклонений расчета сформированы диаграммы размаха и категоризованные гистограммы с предварительным расчетом медиан и квартилей процентных отклонений результатов вычислений от контрольных значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты расчетов объема СДГ различными методами, а также время, затраченное на каждую такую процедуру вычисления, представлены в табл. 1. Разница между результатами вычислений исследуемыми методами и контрольными значениями выво-дилась в процентном отношении. Тенденции к гипер- и гиподиагностике (отклонения результата в большую или меньшую сторону по сравнению с конт-

рольным значением) выявлены соответственно положительным и отрицательным показателям отклонения. Эти материалы представлены в табл. 2. Результаты позволяют установить общие закономерности, связанные с применением различных методов расчета объема СДГ, провести анализ их точности по сравнению с контрольными посрезовыми измерениями и вычислить погрешности того или иного метода расчета.

Таблица 1. Результаты расчета объема субдуральных гематом с применением контрольного метода и исследуемых алгоритмов

Table 1. Results of calculations of subdural hematoma volumes using the control method and the studied algorithms

Наблюдение Observation	Результаты разных методов расчета Results of different calculation methods							
	Контрольный (по срезам) Control (sectional)		По формуле объема эллипсоида Ellipsoid volume formula		По формуле объема фигуры с формой ВВЛ Formula for volume of a figure of CCL shape		Программный (Gamma MultiVox D2) Software (Gamma MultiVox D2)	
	Объем СДГ, мл SDH volume, ml	Время расчета, мин Calculation time, min	Объем СДГ, мл SDH volume, ml	Время расчета, мин Calculation time, min	Объем СДГ, мл SDH volume, ml	Время расче- та, мин Calculation time, min	Объем СДГ, мл SDH volume, ml	Время расче- та, мин Calculation time, min
1	60,0	93,21	82,6	1,18	84,78	1,63	55,56	3,60
2	128,6	131,76	143,8	0,93	187,85	2,80	143,17	5,85
3	109,0	142,70	116,2	1,38	121,55	2,20	92,32	3,83
4	127,4	165,34	152,16	1,96	178,05	2,58	133,84	5,40
5	173,0	218,15	204,6	1,20	238,87	3,58	175,50	6,86
6	88,2	106,21	93,12	0,88	80,00	1,20	79,31	7,01
7	94,8	115,09	84,32	1,30	86,00	1,11	72,90	3,91
8	280,0	244,54	264,4	2,16	328,20	3,73	288,70	11,88
9	23,3	47,19	42,8	0,96	37,20	1,38	28,33	4,36
10	30,0	52,82	24,3	0,70	21,64	1,61	33,49	7,31
11	43,2	61,17	46,76	1,05	65,77	2,18	44,85	7,53
12	144,0	156,22	138,34	1,61	126,11	2,58	135,24	8,10
13	63,0	72,23	54,2	1,01	41,71	1,35	53,29	6,25
14	152,0	188,12	142,4	1,36	208,80	3,65	155,99	17,25
15	181,0	211,01	168,2	1,88	141,56	2,01	165,83	11,50
16	94,2	112,08	86,2	1,11	100,05	2,25	84,13	4,00
17	136,2	152,73	161,64	1,23	159,16	3,30	121,79	7,40
18	88,0	104,11	93,15	1,03	106,10	1,88	80,31	3,15
19	165,0	177,47	198,7	1,85	183,25	2,48	156,52	4,26
20	181,45	202,81	211,0	2,23	187,60	3,55	182,50	4,76
Медиана значе- ния [25 и 75 квартили] Median value [25 th and 75 th quartiles]	—	137,23 [98,66–182,795]	—	1,215 [1,02–1,73]	—	2,225 [1,62–3,05]	—	6,05 [4,13–7,465]

Примечание. ВВЛ – выпукло-вогнутая линза; СДГ – субдуральная гематома.

Note. CCL stands for convexo-concave lens, SDH – subdural hematoma.

Таблица 2. Процентные отклонения результатов расчета объема субдуральной гематомы исследуемыми методами от контрольных значений
Table 2. Deviation in percentage of the results of subdural hematoma volume calculations using the studied methods from the control values

На- блю- дение Observation	Процентное отклонение (от контрольного) исследуемого метода, % Deviation in percentage (from the control) of the studied method, %		
	по формуле объема эллипсоида ellipsoid volume formula	по формуле объема фигуры формы ВВЛ formula for volume of a figure of CCL shape	по программе Gamma MultiVox D2 Gamma MultiVox D2 software
1	27,30	29,22	-7,40
2	10,57	31,54	10,17
3	6,19	18,55	-15,30
4	18,24	28,44	4,81
5	15,44	28,83	1,42
6	5,28	-9,29	-10,07
7	-11,09	-8,86	-7,82
8	-5,57	14,68	3,00
9	45,56	37,36	17,75
10	-19,00	-27,86	10,42
11	7,60	34,31	3,67
12	-3,90	-12,42	-6,08
13	-13,96	-33,79	-15,41
14	-6,31	27,20	2,55
15	-7,07	-21,62	-8,38
16	-8,49	5,84	-10,69
17	15,73	14,42	-10,58
18	5,52	17,05	-8,73
19	16,96	9,95	-5,13
20	14,00	3,20	0,57

Примечание. СДГ – субдуральная гематома; ВВЛ – выпукло-вогнутая линза.
Note. SDH stands for subdural hematoma, CCL – convexo-concave lens.

При подсчете времени, затраченного на вычисление объема гематомы каждым из этих способов (см. табл. 1), установлено, что самый быстрый метод – использование формулы расчета объема эллипсоида (медиана длительности расчета составила 1,22 мин); немногим более 2 мин потребовалось для вычислений методом определения объема формы ВВЛ (медиана длительности расчета – 2,23 мин); расчет объема программным методом (Gamma MultiVox D2) по длительности занял около 6 мин (медиана длительности расчета – 6,05 мин). При анализе результатов путем общего, а затем попарного сравнения (дисперсионный анализ Фридмана – Friedman ANOVA, коэффициент согласованности Кендалла – Kendall's Coefficient of Concordance) полученных значений длительности расчета различия во всех группах оказались статистически значимы ($p < 0,0001$ при каждом межгрупповом сравнении).

Следует отметить, что контрольный для нашего исследования метод определения объема гематом (измерение на каждом срезе с последующей суммацией) часто требует более 2 ч временных затрат (медиана длительности – 137,23 мин), что резко снижает его практическую ценность при очевидной точности показателей. Такая длительность обусловлена замерами и расчетом размеров СДГ на каждом срезе, что обеспечивает надлежащую точность.

С помощью проведенных статистических методов Колмогорова–Смирнова и Лиллиефорса (Lilliefors test) на нормальность и W-пробы Шапиро–Уилка (Shapiro–Wilk's W test) установлено, что распределение результатов расчета объемов СДГ исследуемыми методами отличается от нормального. В связи с этим с целью сравнения количественных показателей применялся непараметрический H-критерий Краскела–Уоллиса (Kruskal–Wallis ANOVA), согласно которому установлено,

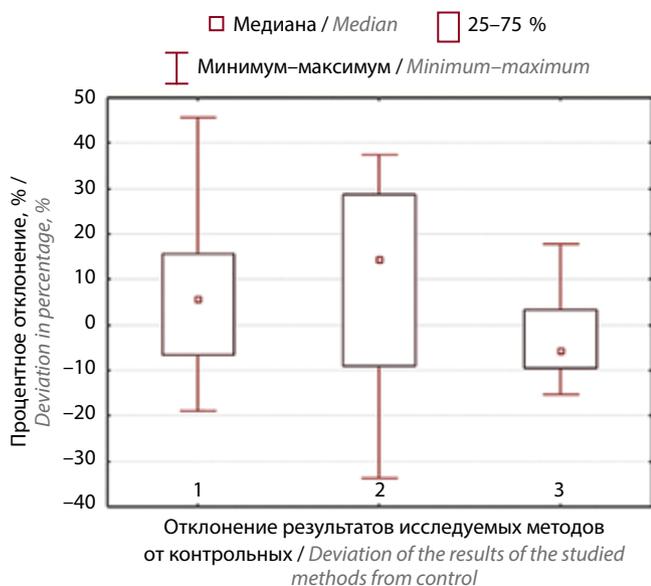


Рис. 5. Диаграмма процентных отклонений результатов расчета объема субдуральных гематом исследуемыми методами по сравнению с контрольными значениями. Медианные и квартильные границы отклонений. Методы расчета: 1 – по формуле объема эллипсоида; 2 – по формуле объема выпукло-вогнутой линзы; 3 – Gamma MultiVox D2

Fig. 5. Deviations in percents of the results of calculation of subdural hematoma volumes using the studied methods compared to the control values. Median and quartile limits of the deviations. Calculation methods: 1 – ellipsoid volume formula; 2 – convexo-concave lens volume formula; 3 – Gamma MultiVox D2

что различия между результатами исследования статистически значимы при $p < 0,02$.

Для выявления статистической значимости различий между конкретными группами использован непараметрический метод U-критерий Манна–Уитни (Mann–Whitney U test): выявлено, что отмеченные различия не значимы для всех результатов применения всех методов на уровне $p < 0,05$.

Для удобства визуальной сравнительной оценки медиан отклонений исследуемых результатов по сравнению с контрольными значениями построены диаграмма (рис. 5) и категоризованная гистограмма (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования методов расчета объема СДГ позволяют судить о высокой универсальности метода расчета по формуле объема эллипсоида. Общие границы отклонений для указанного метода не превысили +46 и –19 % от контрольных значений объема СДГ: можно утверждать, что такое вычисление имеет тенденцию к завышению расчетного объема гематомы. Безусловные достоинства данного метода – техническая простота и высокая скорость вычисления приближительного объема. Главный недостаток – ориентированность формулы на расчет объема фигуры шаровидно-эллипсоидной формы, исключающей наличие вогнутых участков на своей поверхности, которыми характеризуется форма СДГ. Также данный факт

1 % отклонения / 1 % deviation = $20 * 10 * \text{normal}(x; 5,6515; 15,6277)$
 2 % отклонения / 2 % deviation = $20 * 10 * \text{normal}(x; 9,3375; 21,7202)$
 3 % отклонения / 3 % deviation = $20 * 10 * \text{normal}(x; -2,5615; 9,1049)$

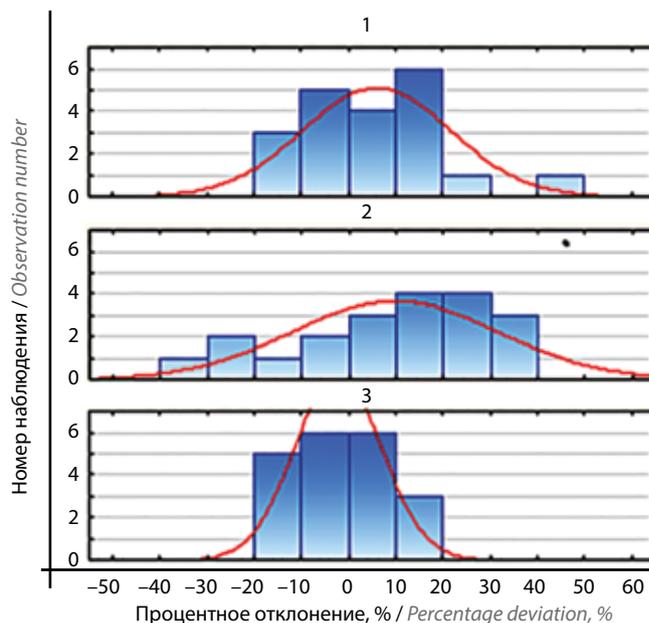


Рис. 6. Гистограмма отклонений результатов расчета объема субдуральных гематом, выраженных в процентах от контрольных значений. Методы расчета: 1 – по формуле объема эллипсоида; 2 – по формуле объема выпукло-вогнутой линзы; 3 – Gamma MultiVox D2

Fig. 6. Histogram of deviations of the calculation of subdural hematoma volumes presented as percentage of the control values. Calculation methods: 1 – ellipsoid volume formula; 2 – convexo-concave lens volume formula; 3 – Gamma MultiVox D2

не позволяет считать этот алгоритм информативным в вопросах измерения объемов распространенных СДГ с малой толщиной во фронтальной плоскости.

Методика расчета по формуле, подразумевающей вычисление объема фигуры ВВЛ (а СДГ в своем большинстве имеют именно такую форму), показала меньшую точность, а также высокую специфичность и зависимость от конкретной формы гематомы. Показатели отклонений не превысили +38,0 и –35,0 % соответственно. Точность результата напрямую зависит от степени соответствия формы СДГ идеальной ВВЛ, заключенной между 2 сферами с различными радиусами и пересекающимися сегментами. Качество и точность данного алгоритма при определении объема СДГ неправильной формы существенно ограничиваются в связи с невозможностью охвата объемов СДГ, выступающих за границы идеальной фигуры ВВЛ. На практике достаточно получения 3 размеров гематомы в аксиальной проекции КТ-изображения головы пациента. Это в определенной мере облегчает поиск наибольших размеров гематомы по осям. Выполнение формулы в программном пакете Excel с последующим расчетом позволяет сократить время вычисления, а также снизить влияние человеческого фактора на точность полученных результатов. Возможно применение указанного алгоритма в ограниченных

случаях, когда СДГ приближена к правильной форме ВВЛ с локализацией в областях лобных и теменных бугров без затеков в другие области головы [8–10].

Применение программы Gamma MultiVox D2 показало наиболее высокую точность расчета, что, однако, потребовало дополнительного времени на выгрузку файлов формата DICOM в программный продукт и на ручное выделение контуров гематомы на срезах, выполненных с одинаковым интервалом. Отклонение не превышало +18 и –16 %, что по сравнению с отклонениями других методов позволяет рассматривать этот программный расчет как оптимальный для применения в нейрохирургической практике.

При подсчете временных затрат каждого метода выявлены результаты, статистически отличимые при попарном сравнении групп между собой. Самым быстрым следует считать расчет по формуле эллипсоида, менее быстрым – по формуле расчета ВВЛ, на 3-м месте – метод сегментирования контуров гематомы с использованием программного пакета Gamma MultiVox D2. Самым медленным оказался ручной посрезовый метод подсчета объема СДГ (контрольный). Таким образом, допустимо считать, что точность расчетных методов повышалась прямо пропорционально времени, потраченному на расчет.

Таким образом, ни один из способов, изучаемых в нашей работе, не позволяет более точно рассчитывать объем СДГ, чем контрольный метод, причем с непрогнозируемым отклонением как в сторону переоценки, так и недооценки объема кровоизлияния. Полуавтоматический метод расчета с программным пакетом Gamma MultiVox D2 обеспечивает наивысший показатель точности среди 3 изучаемых методов, а также он не зависит от привязки к конкретным формам и локализациям СДГ. Его применение целесообразно в ситуациях, требующих точного определения объема

СДГ и его соответствия пограничным значениям (показания к выполнению экстренного нейрохирургического пособия).

ВЫВОДЫ

При сравнительном анализе эффективности выбранных методик вычисления объема субдуральных гематом установлено, что медианы результатов вычисления статистически не отличаются, что допускает их применение и выбор в зависимости от собственных предпочтений нейрохирурга.

Анализ расчета по формуле объема эллипсоида позволяет говорить о низкой специфичности этого метода и сравнительно высоких отклонениях результата от истинного с тенденцией к завышению значений.

Метод расчета по формуле вычисления объема фигуры с формой выпукло-вогнутой линзы показал средний результат при соблюдении условия соответствия формы субдуральной гематомы «идеальной» форме фигуры, заключенной между 2 сегментами шара. В случае несоответствия формы субдуральной гематомы указанному критерию наблюдались значительные отклонения в сторону как переоценки, так и недооценки объема гематомы.

Наиболее точным оказался метод расчета объема субдуральной гематомы с использованием программного обеспечения Gamma MultiVox D2. Он характеризуется наименьшим диапазоном отклонения полученных значений от контрольных данных, универсальностью, а также независимостью как от формы и локализации субдуральных гематом, так и от выбора среза, на котором в других алгоритмах необходимо проводить соответствующие измерения.

Точность определения объема субдуральных гематом представленными методами прямо пропорциональна количеству времени, необходимого для расчета.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Лихтерман Л.Б. Черепно-мозговая травма. М.: Медицинская газета, 2003. 358 с.
Lihterman L.B. Traumatic brain injury. Moscow: Medicinskaya gazeta, 2003. 358 p. (In Russ.).
2. Лихтерман Л.Б. Черепно-мозговая травма. Диагностика и лечение. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 479 с.
Lihterman L.B. Traumatic brain injury. Diagnosis and treatment. Moscow: GEOTAR-Media, 2014. 479 p. (In Russ.).
3. Лебедев В.В., Крылов В.В., Тиссен Т.П., Халчевский В.М. Компьютерная томография в неотложной нейрохирургии. М.: Медицина, 2005. 360 с.
Lebedev V.V., Krylov V.V., Tissen T.P., Halchevskij V.M. Computed tomography in emergency medicine. Moscow: Medicina, 2005. 360 p. (In Russ.).
4. Stippler M. Craniocerebral trauma. In: Bradley's Neurology in Clinical Practice. Eds.: R.B. Daroff, J. Jankovic, J.C. Mazziotta et al. Amsterdam: Elsevier, 2021. 2348 p.
5. Vera M., Huerfano Y., Contreras J. et al. Development of a non-linear computational technique for the segmentation of subdural hematomas, present in computerized brain tomography images. AVFT 2017;36(6):168–73.
6. Wang Y., Li Y., Zhu Y. et al. A novel and precise method for evaluation of chronic subdural hematoma volume. Int J Clin Exp Med 2017;10(4):6198–203.
7. Пиголкин Ю.И., Касумова С.Ю., Туманов В.П. и др. Судебно-медицинская диагностика хронических субдуральных гематом: методические рекомендации. М.: Минздрав РФ, 1998. 9 с.
Pigolkin Yu.I., Kasumova S.Yu., Tumanov V.P. et al. Forensic diagnosis of subdural hematomas: Guidelines. Moscow: Minzdrav RF, 1998. 9 p. (In Russ.).
8. Корниенко В.Н., Пронин И.Н. Диагностическая нейрорадиология. В 3 томах. Т. 1. М.: Изд-во «ИП Андреева Т.М.», 2012. 455 с.
Kornienko V.N., Pronin I.N. Diagnostic neuroradiology. Vol. 1. Moscow: Izd-vo "IP Andreeva T.M.", 2012. 455 p. (In Russ.).

9. Лихтерман Л.Б. Учение о последствиях черепно-мозговой травмы. Нейрохирургия 2019;21(1):83–9. DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-1-83-89
Lihterman L.B. Doctrine of head injury sequelae. Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2019;21(1):83–9. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-1-83-89
10. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. Т. 2. Под ред. А.Н. Коновалова, Л.Б. Лихтермана, А.А. Потапова. М.: Антидор, 2001. 675 с.
Clinical guidelines on traumatic brain injury. Vol. 2. Eds.: A.N. Konovalov, L.B. Lihterman, A.A. Potapov. Moscow: Antidor, 2001. 675 p. (In Russ.).

Вклад авторов

В.В. Виноградов: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание и редактирование статьи;
Б.С. Чубун: сбор и обработка материала;
Д.Е. Алексеев: концепция и дизайн исследования, написание и редактирование статьи;
А.А. Рафаелян: написание статьи, консультация по клиническим и статистическим вопросам;
К.А. Диких: сбор и обработка материала, консультация по клиническим и статистическим вопросам;
Д.В. Свистов: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи, консультация по клиническим и статистическим вопросам.

Authors' contributions

V.V. Vinogradov: research idea and design of the study, obtaining data for analysis, writing and editing of the article;
B.S. Chubun: obtaining data for analysis;
D.E. Alekseev: research idea and design of the study, writing and editing of the article;
A.A. Rafaelyan: article writing, consultation on clinical and statistical issues;
K.A. Dikikh: obtaining data for analysis, consultation on clinical and statistical issues;
D.V. Svistov: research idea and design of the study, editing of the article, consultation on clinical and statistical issues.

ORCID авторов / ORCID of authors

В.В. Виноградов / V.V. Vinogradov: <https://orcid.org/0000-0001-5930-3805>
Д.Е. Алексеев / D.E. Alekseev: <https://orcid.org/0000-0002-8685-3965>
А.А. Рафаелян / A.A. Rafaelyan: <https://orcid.org/0000-0003-4447-6919>
К.А. Диких / K.A. Dikikh: <https://orcid.org/0000-0002-5569-5677>
Д.В. Свистов / D.V. Svistov: <https://orcid.org/0000-0002-3922-9887>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работы выполнялись без внешнего финансирования.

Funding. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова». Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и публикацию своих данных.

Compliance with patient rights and principles of bioethics. The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of the Kirov Military Medical Academy. All patients signed informed consent to participate in the study and publish their data.