

УДК 611.06

**В. А. Изранов, А. В. Ермаков, М. В. Мартинович  
Н. В. Казанцева, И. А. Степанян**

### **ОЦЕНКА ОБЪЕМА ПЕЧЕНИ EX VIVO ПО ФОРМУЛАМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛЮМЕТРИИ**

83

Описывается один из методов определения объема печени – решение актуальной задачи клинической медицины – в связи с необходимостью объективной количественной оценки размера органа. Отмечается сложность вычисления объема, обусловленная неправильной геометрической формой органа. Цель работы – *ex vivo* оценить возможности измерения объема печени на основе линейных размеров органа по формулам, предложенным для ультразвуковой волюметрии. Исследование выполнено на 70 трупах лиц, исследованных в ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы Калининградской области». Для измерения объема печени использовались наиболее распространенные при ультразвуковом исследовании формулы, представленные в работах М. Золи, Д. Гленн, Дж.Т. Чайлдс и других исследователей. Средний вес печени в группе по результатам посмертного взвешивания органа составил  $1507 \pm 500$  г., а определенный методом вытеснения жидкости –  $1325 \pm 467$  см<sup>3</sup>. Средний объем печени, вычисленный на основе линейных размеров органа по распространенным формулам, составил  $1720 \pm 687$  (М. Золи),  $1474 \pm 639$  (Д. Гленн),  $1513 \pm 516$  (Д. Эльштейн),  $1620 \pm 702$  (М. Патлас) и  $1238 \pm 470$  (Дж.Т. Чайлдс) см<sup>3</sup>. Сделан вывод о том, что оптимальной формулой для вычисления объема печени на основе линейных размеров органа с позиций наименьшего отклонения результата вычисления от реального объема печени является формула Дж. Т. Чайлдс и соавторов.

*The article focuses on determination of the liver volume which is an urgent task for clinical medicine. It is directly connected to the need for an objective quantitative assessment of organ size. The complexity of calculating the volume is due to an irregular geometric shape of the organ, which can not be approximated to an ellipse or any other geometric figure.*

*The aim of the study is to ex vivo evaluate the possibilities of measuring the volume of the liver based on the linear dimensions of the organ according to the formulas proposed for ultrasonic volumetry. The study was carried out on 70 corpses of humans who died of various diseases and examined in the "Bureau of Forensic Medical Examination of the Kaliningrad Region". To measure the liver volume, the most common ultrasound study formulas were used: M. Zoli et al. (1989), D. Glenn et al. (1994), D. Elstein et al. (1997), M. Patlas et al. (2001) and J.T. Childs et al. (2014, 2016). The average weight of the liver according to the results of postmortem weighing of the organ was  $1507 \pm 500$  g, and determined by the method of fluid displacement -  $1325 \pm 467$  cm<sup>3</sup>.*



*The average volume of the liver, calculated on the linear dimensions of the organ according to the most common formulae, was  $1720 \pm 687$ ,  $1474 \pm 639$ ,  $1513 \pm 516$ ,  $1620 \pm 702$  and  $1238 \pm 470$  cm<sup>3</sup>, respectively. The authors concluded that the formula given by J.T. Chides and his co-authors is the optimal one for calculating liver volume based on the organ linear dimensions considering the least deviation of the calculation result from the real liver volume.*

**Ключевые слова:** ультразвуковая диагностика, объем печени, ультразвуковая волюметрия печени, измерение печени, размеры печени.

**Keywords:** clinical ultrasound, liver volume, ultrasound volumetry of the liver, ultrasound measurements of the liver, liver size.

## Введение

Определение объема печени является актуальной задачей клинической медицины в связи с необходимостью объективной количественной оценки размера органа. Для многих органов (щитовидная железа, яички, яичники) в современной клинической визуализации объективным критерием оценки размеров органа является его объем. В то же время суждение о величине печени до настоящего времени в большинстве случаев осуществляется по линейным ее размерам. Если в КТ- и МРТ-технологиях визуализации существуют объективные методы вычисления объема печени [1–4], то в ультразвуковой диагностике (УЗД) в протоколе заключения по-прежнему указываются линейные размеры органа [5; 6], что существенно снижает диагностическую ценность метода.

В настоящее время в действующий протокол ультразвукового исследования включены следующие размеры печени: косой вертикальный размер правой доли печени (КВР), кранио-каудальный размер правой доли (ККПД), толщина правой доли (ТПД), толщина левой доли (ТЛД), кранио-каудальный размер левой доли печени (ККЛД) [6].

Попытки вычисления объема печени по результатам измерений органа, полученных при ультразвуковом исследовании, имеют давнюю историю [7–10]. Сложность вычисления объема обусловлена неправильной геометрической формой органа, которую нельзя аппроксимировать к эллипсу или другим геометрическим фигурам. В обзоре Дж. Т. Чайдс и соавт. [11] методы оценки объема печени группируются в четыре категории: 1) послойное измерение объема печени; 2) измерение объема печени в соотношении с пропорциями тела; 3) репрезентативные измерения и 4) волюметрические измерения. Вычисление объема органа по формулам на основе линейных его размеров представляет собой группу волюметрических методов. В большинстве этих методов вычисления объема используются произведения трех взаимно перпендикулярных размеров органа с применением коэффициентов, полученных при помощи регрессионного анализа. Широкого распространения эти методы не получили в силу их трудоемкости, техниче-



ской сложности получения точных поперечных размеров печени при ультразвуковом исследовании и отсутствия общепринятых нормативов объема органа. В последние годы предложена новая формула вычисления объема печени [12; 13], которая не требует получения поперечного размера органа, что позволяет включать ее в рутинное ультразвуковое исследование.

В таблице 1 представлены наиболее распространенные формулы вычисления объема печени на основе измерений, полученных при УЗД.

Таблица 1

#### Формулы вычисления объема печени, использованные в статье

85

Формула	Авторы
$V = 133,2 + 0,422 \times \text{ККПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП}$	M. Zoli et al. (1989) [14]
$V = (0,12 + \text{ККПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП}) / 2,55$	D. Glenn et al. (1994) [15]
$V = 320,86 + 0,317 \times \text{ККПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП}$	D. Elstein et al. (1997) [16]
$V = (\text{ККПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП} - 545) / 2320$	M. Patlas et al. (2001) [17]
$V = 345,71 + 0,84 \times \text{КВР} \times \text{ТПД} \times \text{ТЛД}$	J. T. Childs et al. (2014, 2016) [12; 13]

*Примечание.* ККПД – кранио-каудальный размер правой доли, ТПД – толщина правой доли, ШП – ширина печени, КВР – косой вертикальный размер правой доли, ТЛД – толщина левой доли. Все размеры указываются в сантиметрах, за исключением формулы М. Патласа и соавт. [17], в которой размеры указаны в миллиметрах.

**Цель исследования** – *ex vivo* оценить возможности измерения объема печени на основе линейных размеров органа по формулам ультразвуковой волюметрии.

**Задачи:**

- 1) определить вес печени после извлечения органа из брюшной полости;
- 2) определить объем печени методом вытеснения жидкости;
- 3) вычислить объем печени по формулам ультразвуковой волюметрии различных авторов на основе линейных размеров органа;
- 4) сопоставить результаты вычислений объема печени по формулам ультразвуковой волюметрии различных авторов, вычислить отклонение результата каждой формулы от реального объема органа и выбрать оптимальную формулу для определения объема печени на основе ее линейных размеров.

#### Материалы и методы исследования

Исследование выполнено на 70 трупах лиц, умерших в результате различных заболеваний, исследованных в ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы Калининградской области». Все судебно-



медицинские исследования проводились в соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 12 мая 2010 г. № 346-н «Об утверждении порядка организации и производства судебно-медицинских экспертиз в государственных судебно-экспертных учреждениях Российской Федерации». Трупы исследовались по методу Шора. Среди исследованных трупов было 38 мужчин и 32 женщины в возрасте от 28 до 96 лет. Причина их смерти указана в таблице 2.

Таблица 2

Причина смерти и количество наблюдений (n)

Причина смерти	n
Рак поджелудочной железы	1
Обтурационная асфиксия	1
Геморрагический инсульт	2
Повешение	1
Ожоговая болезнь в стадии септикотоксемии	1
Тромбоэмболия легочной артерии	2
Гипотермия	1
Эмпиема плевры	1
Рак мочевого пузыря	1
Двухсторонняя субтотальная плевропневмония	1
Отравление неустановленным веществом	1
Ишемическая кардиомиопатия	1
Цирроз печени	2
Острый инфаркт миокарда	4
Алкогольная кардиомиопатия	5
Атеросклеротическая болезнь сердца	35
Геморрагический панкреатит	1
Гипертоническая болезнь	1
Мезентериальный тромбоз	1
Разрыв аневризмы брюшной аорты	1
Рак желудка	1
Хроническая ишемическая болезнь сердца	5

В ходе судебно-медицинского вскрытия печень извлекалась из брюшной полости. После отсечения желчного пузыря и связочного аппарата печень взвешивалась и затем помещалась в емкость с водой для определения объема органа методом измерения объема вытесненной воды.



Измерение размеров органа осуществлялось на срезах обеих долей по принципам определения размеров печени при ультразвуковом исследовании [18]. Для проведения измерений по технологиям, применяемым в УЗД, выполняли два разреза печени в парасагитальной плоскости. Правую долю рассекали на уровне наиболее выступающей точки диафрагмальной поверхности, соответствующей правому куполу диафрагмы. Левую долю рассекали в непосредственной близости к серповидной связке. Ширина печени измерялась по наиболее выступающим латеральным точкам обеих долей строго в горизонтальной плоскости [19; 41].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета прикладных программ *Microsoft Excel*. Для каждого исследуемого параметра рассчитывали выборочную среднюю величину (M), стандартное отклонение (CO), минимальное (Min) и максимальное значения (Max).

Определялся процент отклонения объема печени, вычисленного по каждой формуле на основе линейных измерений органа, в сопоставлении с реальным его объемом, определенным методом вытеснения жидкости, по следующей формуле:

$$\text{Отклонение объема (\%)} = \left[ \frac{(\text{Объем по формуле} - \text{Реальный объем})}{\text{Реальный объем}} \right] \cdot 100.$$

## Результаты

Средний вес печени в группе по результатам посмертного взвешивания органа составил  $1507 \pm 500$  г (диапазон 521–2711 г). Средний объем печени, определенный методом вытеснения жидкости, составил  $1325 \pm 467$  см<sup>3</sup> (диапазон 453–2475 см<sup>3</sup>). Таким образом, вес печени (в граммах) превышает величину ее объема (в см<sup>3</sup>). Средняя плотность тканей печени составила  $1,15 \pm 0,06$  г/см<sup>3</sup>.

Вычислены средние значения объема печени по пяти формулам ультразвуковой волюметрии [12–17].

Средний объем печени, вычисленный по формуле Дж. Т. Чайлдс и соавт. [12; 13], у обследованных составил  $1238 \pm 470$  см<sup>3</sup> (диапазон 525–2631 см<sup>3</sup>). Результаты измерений и вычисления объема печени по различным формулам представлены в таблице 3. Определен также процент отклонения объема печени, вычисленного по каждой формуле на основе линейных измерений органа, в сопоставлении с реальным его объемом, найденным методом вытеснения жидкости. Обнаружено, что средний процент отклонения вычисленного объема печени широко варьирует – вплоть до 30 % [14] по сравнению с реальным объемом органа. Наименьший процент среднего отклонения (–4,6 %) выявлен у формулы Дж. Т. Чайлдс и соавт. [12; 13]. В то же время стандартное отклонение ошибки вычисления объема печени по рассмотренным формулам примерно одинаково (от 20 по формуле Д. Элштейна и соавт. [16] до 24 по формуле М. Патласа и соавт. [17]).



Таблица 3

**Вес и объем печени по результатам посмертных измерений  
и на основе вычислений по формулам ультразвуковой волнометрии  
(процент отклонения объема печени, вычисленного по формулам,  
в сопоставлении с реальным объемом органа)**

№ исследования	Вес печени (г)	Реальный объем печени (метод вытеснения воды, см <sup>3</sup> )	Вычисленный на основе размеров объем печени по формулам (см <sup>3</sup> )					Отклонение объема печени, вычисленного по формулам, в сопоставлении с реальным объемом органа (%)				
			M. Zoli et al. [14]	D. Glenn et al. [15]	D. Elstein et al. [16]	M. Patlas et al. [17]	J.T. Childs et al. [12; 13]	M. Zoli et al. [14]	D. Glenn et al. [15]	D. Elstein et al. [16]	M. Patlas et al. [17]	J.T. Childs et al. [12; 13]
1	2121	1840	2941	2609	2430	2867	1547	60	42	32	56	-16
2	798	672	1104	902	1050	991	863	64	34	56	47	28
3	1801	1697	1369	1148	1249	1262	1285	-19	-32	-26	-26	-24
4	1400	1180	1306	1090	1202	1198	1136	11	-8	2	2	-4
5	1279	1100	1596	1360	1420	1494	1505	45	24	29	36	37
6	1736	1650	2129	1855	1820	2038	1637	29	12	10	24	-1
7	1152	950	1364	1144	1246	1257	1225	44	20	31	32	29
8	2143	1800	2477	2178	2081	2393	2018	38	21	16	33	12
9	1669	1425	2004	1738	1726	1910	1700	41	22	21	34	19
10	826	690	841	657	852	722	687	22	-5	24	5	0
11	2300	2080	2631	2321	2197	2551	2136	26	12	6	23	3
12	1134	980	1170	964	1100	1059	1177	19	-2	12	8	20
13	2711	2475	3288	2931	2690	3222	2631	33	18	9	30	6
14	1982	1935	1894	1636	1643	1798	1133	-2	-15	-15	-7	-41
15	2103	1980	2217	1936	1886	2128	1785	12	-2	-5	7	-10
16	1765	1460	1712	1467	1507	1612	1689	17	0	3	10	16
17	1657	1577	2106	1834	1803	2015	1079	34	16	14	28	-32
18	1335	1210	1085	885	1036	972	976	-10	-27	-14	-20	-19
19	909	695	1107	905	1052	994	1063	59	30	51	43	53
20	1725	1490	1990	1726	1716	1896	1521	34	16	15	27	2
21	1271	1172	1378	1156	1256	1271	887	18	-1	7	8	-24
22	1167	1011	1032	835	996	918	1071	2	-17	-1	-9	6
23	1236	1070	1484	1255	1335	1379	977	39	17	25	29	-9
24	2047	1660	2213	1933	1883	2124	1666	33	16	13	28	0
25	943	800	1200	991	1122	1089	850	50	24	40	36	6
26	2110	1923	2897	2568	2397	2823	2403	51	34	25	47	25
27	913	824	1076	876	1029	962	711	31	6	25	17	-14
28	1562	1430	2534	2231	2124	2452	1312	77	56	49	71	-8
29	1779	1530	1743	1496	1530	1644	1026	14	-2	0	7	-33
30	2015	1977	2702	2387	2250	2623	1883	37	21	14	33	-5
31	2706	2300	3286	2930	2689	3220	1640	43	27	17	40	-29
32	521	453	714	540	757	593	700	58	19	67	31	55
33	832	751	763	585	794	643	675	2	-22	6	-14	-10
34	655	550	712	538	756	591	583	29	-2	37	7	6
35	1525	1380	1753	1506	1538	1655	1005	27	9	11	20	-27
36	1809	1600	2086	1815	1788	1994	1100	30	13	12	25	-31



№ исследования	Вес печени (г)	Реальный объем печени (метод вытеснения воды, см <sup>3</sup> )	Вычисленный на основе размеров объем печени по формулам (см <sup>3</sup> )					Отклонение объема печени, вычисленного по формулам, в сопоставлении с реальным объемом органа (%)				
			M. Zoli et al. [14]	D. Glenn et al. [15]	D. Elstein et al. [16]	M. Patlas et al. [17]	J.T. Childs et al. [12; 13]	M. Zoli et al. [14]	D. Glenn et al. [15]	D. Elstein et al. [16]	M. Patlas et al. [17]	J.T. Childs et al. [12; 13]
37	1614	1360	2540	2236	2129	2458	1168	87	64	57	81	-14
38	1384	1120	1605	1368	1426	1503	1197	43	22	27	34	7
39	1216	1050	1407	1184	1278	1301	1158	34	13	22	24	10
40	2314	2150	2752	2434	2288	2675	1893	28	13	6	24	-12
41	2420	2250	2496	2196	2096	2413	1717	11	-2	-7	7	-24
42	1293	1050	1490	1260	1340	1385	786	42	20	28	32	-25
43	1415	1300	1286	1071	1187	1177	878	-1	-18	-9	-9	-32
44	1450	1230	2069	1799	1775	1977	1802	68	46	44	61	47
45	952	870	982	789	958	866	845	13	-9	10	0	-3
46	1564	1310	2434	2138	2049	2349	1186	86	63	56	79	-9
47	1216	1050	1226	1015	1142	1116	777	17	-3	9	6	-26
48	921	780	1131	928	1071	1019	638	45	19	37	31	-18
49	1441	1211	1200	992	1123	1090	810	-1	-18	-7	-10	-33
50	1165	1034	1186	979	1112	1075	866	15	-5	8	4	-16
51	1708	1422	1810	1558	1580	1712	1329	27	10	11	20	-7
52	2300	2081	3329	2970	2722	3264	2043	60	43	31	57	-2
53	1874	1682	1797	1546	1571	1699	1321	7	-8	-7	1	-21
54	984	904	1369	1148	1249	1262	891	51	27	38	40	-1
55	1607	1488	1385	1163	1261	1278	1191	-7	-22	-15	-14	-20
56	1200	1093	1589	1353	1414	1486	1357	45	24	29	36	24
57	653	511	763	585	794	643	619	49	14	55	26	21
58	905	799	851	667	860	733	698	7	-16	8	-8	-13
59	1476	1265	1161	955	1093	1050	716	-8	-24	-14	-17	-43
60	1137	957	894	707	892	777	753	-7	-26	-7	-19	-21
61	1398	1254	1293	1078	1192	1185	1109	3	-14	-5	-6	-12
62	1678	1432	1576	1341	1405	1473	1340	10	-6	-2	3	-6
63	1479	1256	1696	1453	1495	1596	1176	35	16	19	27	-6
64	912	741	1117	915	1060	1005	525	51	23	43	36	-29
65	1765	1467	2256	1973	1915	2168	1717	54	34	31	48	17
66	1625	1433	1971	1708	1702	1877	1355	38	19	19	31	-5
67	2260	1991	2826	2502	2344	2750	2137	42	26	18	38	7
68	1067	873	952	761	936	836	736	9	-13	7	-4	-16
69	1656	1434	1652	1412	1462	1551	1174	15	-2	2	8	-18
70	1780	1560	2383	2091	2011	2298	1500	53	34	29	47	-4
M	1507	1325	1720	1474	1513	1620	1238	30	10	17	21	-4,6
CO	500	467	687	639	516	702	470	23	22	20	24	21
Min	521	453	712	538	756	591	525	-19	-32	-26	-26	-43
Max	2711	2475	3329	2970	2722	3264	2631	87	64	67	81	55

Примечание. M – выборочная средняя величина; CO – стандартное отклонение; Min, Max – минимальное и максимальные значения.



## Обсуждение

**Объем и вес печени.** В нашем исследовании во всех случаях вес печени (в граммах) превышает величину ее объема (в миллилитрах). Посмертно извлеченный орган тонет в воде в процессе определения объема методом вытеснения. Среднее значение плотности исследованных тканей печени определено  $1,15 \text{ г/см}^3$ , стандартное отклонение  $-0,06 \text{ г/см}^3$ .

Вопрос о плотности печеночной ткани уже обсуждался в научной литературе. Это инициировано неоднократно замеченным различными авторами фактом, что предоперационное определение объема пораженного участка печени методом КТ-воллометрии в большинстве случаев превышало реальный объем резецированного участка, измеренный методом вытеснения жидкости [20; 21]. В работе [22] описано экспериментальное исследование на 11 животных (свиньях), целью которого было систематическое определение различия между результатами *in vivo* КТ-воллометрии и *ex vivo* воллометрии методом вытеснения жидкости. Авторы показали, что медиана плотности печеночной ткани составляет  $1,07 \text{ г/мл}$ . Регрессионный анализ продемонстрировал высокую корреляцию ( $r^2 = 0,985$ ) между результатами КТ-воллометрии и метода вытеснения жидкости. Авторы [22] обнаружили, что результаты КТ-воллометрии на 13 % превышают объем печени, измеренный методом вытеснения жидкости ( $p < 0,0001$ ). Высказывается предположение, что причина различий обусловлена объемом перфузируемой крови в печени.

Авторы работы [23] для сопоставления реального объема фрагмента печени, резецированного в ходе оперативного вмешательства и измеренного методом вытеснения жидкости, с объемом данного фрагмента органа, измеренного при ультразвуковом исследовании, предлагает следующую формулу:

$$\begin{aligned} & \text{Ультразвуковой объем (фрагмента) печени} = \\ & = \text{Реальный объем вытесненной жидкости} \cdot 1,15. \end{aligned}$$

Авторы полагают, что заполненное кровью сосудистое русло печени, составляет 15 % ее объема. В связи с этим объем органа, измеренный методом вытеснения жидкости после извлечения печени из организма без сохранения крови в ее сосудистом русле, на 15 % меньше объема, определенного методами ультразвуковой воллометрии [23]. Известно, что в норме 100 г печеночной ткани содержит 25–30 мл крови [24; 25]. Однако точное распределение объема крови между крупными и мелкими внутripеченочными сосудами до сих пор неизвестно, как неизвестно и то, какое количество крови визуализируется во внутripеченочных сосудах при эхографии и, соответственно, в какой степени это влияет на объем органа.

В нашем исследовании средняя плотность тканей печени составила  $1,15 \pm 0,06 \text{ г/см}^3$ , что превышает аналогичные результаты, приведенные в работе [22]. Безусловно, печень свиньи и печень человека могут иметь различную плотность. Однако О. Гаркавенко и соавт. [26] было показа-





но, что здоровая ткань этого органа человека имеет плотность в диапазоне 1,02–1,09 г/см<sup>3</sup>, что соответствует результатам, показанным в [22]. Мы полагаем, что более высокие средние значения плотности ткани печени в нашем исследовании обусловлены тем, что значительное количество исследованных органов было поражено диффузными или очаговыми изменениями различного генеза, что также влияет на плотность ткани печени.

**Сравнение формул.** В таблице 1 перечислены исследованные в настоящей статье формулы вычисления объема печени. По годам публикации работ можно сделать вывод, что проблема определения объема печени была актуальна уже в 1989 г. и остается таковой по настоящее время. Почему же в повседневной практике врачей УЗД эти формулы не применяются, несмотря на настоятельную необходимость оценки объема печени? Один из ответов на этот вопрос обусловлен высоким средним процентом отклонения вычисленного по формулам объема печени от реального.

Средний процент отклонения от реального объема колеблется от 10 % по формуле Д. Гленна и соавт. [15] до 30 % по формуле М. Золи и соавт. [14]. Это достаточно высокие значения среднего процента ошибки формул. Лучшие результаты имеет формула Дж. Т. Чайлдс и соавт. [12; 13], которая демонстрирует минимальное среднее отклонение (–4,6 %) от реального объема. Однако сами авторы статьи [13] указывают на недостаточную точность формулы. Это обусловлено, в частности, стандартным отклонением средней ошибки: все формулы в нашем исследовании демонстрируют выраженный однотипный разброс вплоть до 23 % [14], в том числе у формулы Дж. Т. Чайлдс и соавт. [12; 13] – 21 % (см. табл. 3). Следует обратить внимание и на то, что все формулы могут давать значительные ошибки в большую сторону, а это неприемлемо с диагностической точки зрения, так как создает ложное впечатление о гепатомегалии. По этому параметру формула, приведенная в [12; 13], лучше других рассмотренных формул.

Второй ответ на вопрос, почему формулы вычисления объема печени не применяются в практической ультразвуковой диагностике, связан с техническими сложностями и оператор-зависимостью процесса измерений. Четыре формулы из пяти указанных в таблице 1 используют в качестве одного из параметров ширину печени (ШП). В нашей работе [19] приводится иллюстрация измерения поперечного размера органа в ходе секционного исследования.

В данной статье покажем принцип измерения ширины печени на препарате (см. рис.). Подобным образом измерить ширину печени или косой поперечный ее размер при ультразвуковом сканировании конвексным датчиком в одном «замороженном» изображении, как правило, невозможно. Нередко даже при нормальных размерах органа границы поперечного размера печени оказываются за пределами рабочей зоны экрана монитора при сканировании конвексным датчиком. В связи с этим велика погрешность измерения ширины печени при ультразвуковом исследовании.

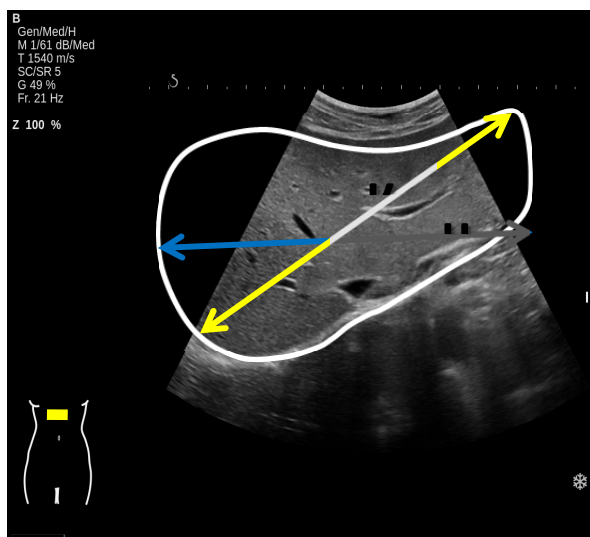


Рис. Поперечное сечение печени из субкостального доступа у здорового добровольца:

ШП – ширина печени (измерение строго в горизонтальной плоскости); КПР – косой поперечный размер (наиболее удаленные точки правого купола диафрагмы и левой границы печени); белой линией на эхограмме обведены предполагаемые границы печени (поперечные размеры печени «не помещаются» в одном скане)

С появлением новой формулы [12; 13] процедура ультразвуковой волюметрии не требует дополнительных затрат времени и дополнительного обучения специалиста, так как в этой формуле используются лишь три линейных размера, измерение которых входит в стандартный протокол измерений органа при ультразвуковом исследовании [5; 6] и не представляют собой технических сложностей.

Третья причина, по которой формулы вычисления объема печени не применяются в практической ультразвуковой диагностике, связана с отсутствием широкого распространения автоматизированного протоколирования результатов УЗИ. Безусловно, вычисление объема печени на калькуляторе становится неприемлемым осложнением рутинного процесса протоколирования результатов исследования. Необходимо наличие «встроенных» в АРМ (автоматизированное рабочее место) врача УЗД формул, по которым автоматически осуществляются вычисление объема органа, его референсная оценка и вывод результатов на печать.

Мы полагаем, что внедрение формул оценки объема печени в распространенные автоматизированные рабочие места врачей УЗД является важным фактором объективизации оценки ее размеров в процессе ультразвукового исследования.

**Оценка объема печени.** В настоящем исследовании объем печени не оценивался с позиций соответствия границам нормы. Мы исходили из соображения, что оптимальная формула должна в равной степени точно вычислять объем печени нормальных размеров, а также увеличенной и уменьшенной. Определение нормативов объема, в том числе конституционально обусловленных, будет темой дальнейших исследований.



Интересно сопоставить реальный объем печени с вычисленным стандартным (долженствующим) объемом. К сожалению, в нашем исследовании по техническим причинам не было возможности определить массу тела трупа. В связи с этим оказалось невозможно вычислить и стандартный объем печени. Настоящее исследование на трупном материале играет прикладную роль для последующего применения формул вычисления объема печени в ультразвуковой диагностике. Ранее в наших публикациях [27; 28] осуществлен сравнительный анализ точности 14 формул вычисления стандартного объема печени, предложенных в современной литературе [17; 29–41]. Существует мнение, что на величину стандартного объема печени оказывают влияние расово-этнические и территориально-географические факторы. Это обусловлено тем, что все формулы вычисления стандартного объема основаны на антропометрических данных, которые, в свою очередь, имеют этно-территориальную зависимость. В работе В. А. Изранова и соавт. [27] было показано, что наиболее точной формулой вычисления стандартного объема печени для применения в условиях Калининградского региона Российской Федерации является формула А. Чоукера и соавт. [33], которая может быть рекомендована в качестве референсной оценки долженствующего объема печени при ее ультразвуковой воллометрии по Дж. Т. Чайлдс и соавт. [12; 13]. По результатам настоящего исследования мы предлагаем включить эту формулу в протокол ультразвукового исследования для вычисления объема печени, а формулу А. Чоукера и соавт. [33] — для его референсной оценки.

### Выводы

1. Средний вес печени в группе по результатам посмертного взвешивания органа составил  $1507 \pm 500$  г.
2. Средний объем печени, определенный методом вытеснения жидкости, составил  $1325 \pm 467$  см<sup>3</sup>.
3. Средняя плотность тканей печени составила  $1,15 \pm 0,06$  г/см<sup>3</sup>.
4. Средний объем печени, вычисленный на основе линейных размеров органа по формулам, составил (в см<sup>3</sup>):  $1720 \pm 687$  [14],  $1474 \pm 639$  [15],  $1513 \pm 516$  [16],  $1620 \pm 702$  [17] и  $1238 \pm 470$  [12; 13] соответственно.
5. Оптимальной среди исследованных формул для вычисления объема печени на основе линейных размеров органа с позиций наименьшего отклонения результата вычисления от реального объема печени является формула Дж. Т. Чайлдс и соавт. [12; 13].

### Список литературы

1. Bora A., Alptekin C., Yavuz A. et al. Assessment of liver volume with computed tomography and comparison of findings with ultrasonography // *Abdom. Imaging*. 2014. Vol. 39, №6. P. 1153–1161.
2. Borchert D., Schuler A., Muche R. et al. Comparison of Panorama ultrasonography, conventional B-Mode Ultrasonography, and computed tomography for measuring liver size // *Ultraschall Med*. 2010. Vol. 31, №1. P. 31–36.



3. D'Onofrio M., De Robertis R., Demozzi E. et al. Liver volumetry: Is imaging reliable? Personal experience and review of the literature // *World J. Radiol.* 2014. Vol. 6, №4. P. 62–71.
4. Xiaoqi L., Yu Miao, Xiaoying Ren et al. The study and implementation of liver volume measuring method based on 3-dimensional reconstruction technology // *Optik.* Vol. 126, №17. 2015. P. 1534–1539.
5. *Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика* / под ред. В.В. Митькова. М., 2013.
6. *Практическая ультразвуковая диагностика : руководство для врачей : в 5 т. Т. 1: Ультразвуковая диагностика заболеваний органов брюшной полости* / под ред. Г.Е. Труфанова, В.В. Рязанова. М., 2016.
7. Rasmussen S.N. Liver volume determination by ultrasonic scanning // *Br. J. Radiol.* 1972. Vol. 45, №536. P. 579–585.
8. Carr D., Duncan J.G. Liver volume determination by ultrasound: a feasibility study // *Br. J. Radiol.* 1976. Vol. 49, №585. P. 776–778.
9. Raeth U., Johnson P.J., Williams R. Ultrasound determination of liver size and assessment of patients with malignant liver disease // *Liver.* 1984. Vol. 4, №5. P. 287–293.
10. Leung N.W., Farrant P., Peters T.J. Liver volume measurement by ultrasonography in normal subjects and alcoholic patients // *J. Hepatol.* 1986. Vol. 2, №2. P. 157–164.
11. Childs J. T., Esterman A. J., Phillips M. et al. Methods of determining the size of the adult liver using 2D ultrasound: a systematic review of articles reporting liver measurement techniques // *J. of Diagnostic Medical Sonography.* 2014. Vol. 30, №6. P. 296–306.
12. Childs J. T., Esterman A. J., Thoires K. A., Turner R. C. Ultrasound in the assessment of hepatomegaly: a simple technique to determine an enlarged liver using reliable and valid measurements // *Sonography.* 2016. Vol. 3. P. 47–52.
13. Childs J. T., Thoires K. A., Esterman A. J. The development of a practical and uncomplicated predictive equation to determine liver volume from simple linear ultrasound measurements of the liver // *Radiography.* 2016. Vol. 22, №2. P. 125–130.
14. Zoli M., Pisi P., Marchesini G. et al. A rapid method for the in vivo measurement of liver volume // *Liver.* 1989. Vol. 9, №3. P. 159–163.
15. Glenn D., Thurston D., Garver P., Beutler E. Comparison of magnetic resonance imaging and ultrasound in evaluating liver size in Gaucher patients // *Acta Haematol.* 1994. Vol. 92, №4. P. 187–189.
16. Elstein D., Hadas-Halpern I., Azuri Y. et al. Accuracy of ultrasonography in assessing spleen and liver size in patients with Gaucher disease: comparison to computed tomographic measurements // *J. Ultrasound Med.* 1997. Vol. 16, №3. P. 209–211.
17. Patlas M., Hadas-Halpern I., Abrahamov A. et al. Spectrum of abdominal sonographic findings in 103 pediatric patients with Gaucher disease // *Eur. Radiol.* 2002. Vol. 12, №2. P. 397–400.
18. Мартинович М.В., Изранов В.А., Ермаков А.В. и др. Использование генетического алгоритма для получения расчетной формулы объема печени // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки.* 2017. №4. С. 48–69.
19. Капустин С.В., Пиманов С.И. и др. Ультразвуковое исследование в таблицах и схемах. 2-е изд. Витебск, 2005.
20. Frericks B.B., Caldarone F.C., Nashan B. et al. 3D CT modeling of hepatic vessel architecture and volume calculation in living donated liver transplantation // *Eur. Radiol.* 2004. Vol. 14, №2. P. 326–333.
21. Hiroshige S., Shimada M., Harada N. et al. Accurate preoperative estimation of liver-graft volumetry using three-dimensional computed tomography // *Transplantation.* 2003. Vol. 75, №9. P. 1561–1564.



22. Niehues S.M., Unger J.K., Malinowski M. et al. Liver volume measurement: reason of the difference between in vivo CT-volumetry and intraoperative ex vivo determination and how to cope it // *Eur. J. MedRes.* 2010. Vol. 15, №8. P. 345–350.
23. Kitajima K., Taboury J., Boleslawski E. et al. Sonographic preoperative assessment of liver volume before major liver resection // *Gastroenterol. Clin. et Biol.* 2008. Vol. 32, №4. P. 382–389.
24. Lauth W.W. Hepatic vasculature: a conceptual review // *Gastroenterology.* 1977. Vol. 73, №5. P. 1163–1169.
25. Hwang S., Lee S.G., Kim K.H. et al. Correlation of blood-free graft weight and volumetric graft volume by an analysis of blood content in living donor liver grafts // *Transplant. Proc.* 2002. Vol. 34, №8. P. 3293–3294.
26. Garkavenko O., Emerich D., Muzina M. et al. Xenotransplantation of neonatal porcine liver cells // *Transplant. Proc.* 2005. Vol. 37, №1. P. 477–480.
27. Изранов В.А., Казанцева Н.В., Мартинович М.В. и др. Оценка точности вычисления стандартного объема при ультразвуковой воллометрии печени // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки.* 2017. №3. С. 15–29.
28. Изранов В.А., Казанцева Н.В., Белецкая М.А., Пономарев Н.А. Оценка точности вычисления стандартного объема при ультразвуковой воллометрии печени // *Материалы XI Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2017».* М., 2017. С. 52–53.
29. Lin X.Z., Sun Y.N., Liu Y.H. et al. Liver volume in patients with or without chronic liver diseases // *Hepatogastroenterology.* 1998. Vol. 45, №22. P. 1069–1074.
30. Urata K., Kawasaki S., Matsunami H. et al. Calculation of child and adult standard liver volume for liver transplantation // *Hepatology.* 1995. Vol. 21, №5. P. 1317–1321.
31. Poovathumkadavil A., Leung K.F., Al Ghamdi H.M. et al. Standard formula for liver volume in Middle Eastern Arabic adults // *Transplant. Proc.* 2010. Vol. 42, №9. P. 3600–3605.
32. Johnson T.N., Tucker G.T., Tanner M.S., Rostami-Hodjegan A. Changes in Liver Volume from Birth to Adulthood: a meta-analysis // *Liver Transpl.* 2005. Vol. 11, №12. P. 1481–1493.
33. Choukèr A., Martignoni A., Dugas M. et al. Estimation of liver size for liver transplantation: the impact of age and gender // *Liver Transpl.* 2004. Vol. 10, №5. P. 678–685.
34. DeLand F.H., North W.A. Relationship between liver size and body size // *Radiology.* 1968. Vol. 91, №6. P. 1195–1198.
35. Yu H.C., You H., Lee H. et al. Estimation of standard liver volume for liver transplantation in the Korean population // *Liver Transpl.* 2004. Vol. 10, №6. P. 779–783.
36. Hashimoto T., Sugawara Y., Tamura S. et al. Estimation of standard liver volume in Japanese living liver donors // *Journal of Gastroenterology and Hepatology.* 2006. Vol. 21, №11. P. 1710–1713.
37. Noda T., Todani T., Watanabe Y., Yamamoto S. Liver volume in children measured by computed tomography // *PediatrRadiol.* 1997. Vol. 27, №3. P. 250–252.
38. Fu-Gui L., Lu-Nan Y., Bo L. et al. Estimation of standard liver volume in Chinese adult living donors // *Transplant Proc.* 2009. Vol. 41, №10. P. 4052–4056.
39. Yoshizumi T., Gondolesi G.E., Bodian C.A. et al. A simple new formula to assess liver weight // *Transplant. Proc.* 2003. Vol. 35, №4. P. 1415–1420.
40. Vauthy J.N., Abdalla E.K., Doherty D.A. et al. Body surface area and body weight predict total liver volume in Western adults // *Liver Transpl.* 2002. Vol. 8, №3. P. 233–240.
41. Heinemann A., Wischhusen F., Puschel K., Rogiers X. Standard Liver Volume in the Caucasian Population // *Liver Transplantation and Surgery.* 1999. Vol. 5, №5. P. 366–368.



### Об авторах

Владимир Александрович Изранов — д-р мед. наук, проф., врач УЗД Клинико-диагностического центра, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: [Vlzmanov@kantiana.ru](mailto:Vlzmanov@kantiana.ru)

Андрей Владимирович Ермаков — канд. мед. наук, врач 1-й квалификационной категории судебно-медицинской экспертизы, Бюро судебно-медицинской экспертизы Калининградской области, Россия.

E-mail: [ermakovandrey2011@ya.ru](mailto:ermakovandrey2011@ya.ru)

Мирослав Владимирович Мартинович — канд. техн. наук, доц., Новосибирский государственный технический университет, Россия.

E-mail: [martinovich\\_m@mail.ru](mailto:martinovich_m@mail.ru)

Наталья Владимировна Казанцева — канд. мед. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: [NKazantseva@kantiana.ru](mailto:NKazantseva@kantiana.ru)

Ирина Андраниковна Степанян — ассист., Балтийский федеральный университет им. И. Канта; врач УЗД, Инфекционная больница Калининградской области, Россия.

E-mail: [irina.stepanyan.7@gmail.com](mailto:irina.stepanyan.7@gmail.com)

### The authors

Prof. Vladimir Izranov — Head of the Department of Fundamental Medicine, Immanuel Kant Baltic Federal University, the Medical Institute, Russia.

E-mail: [Vlzmanov@kantiana.ru](mailto:Vlzmanov@kantiana.ru)

Dr Miroslav Martinovich — Associate Professor, the Department of Electronics and Electrical Engineering, Novosibirsk State Technical University, Russia.

E-mail: [martinovich\\_m@mail.ru](mailto:martinovich_m@mail.ru)

Dr Andrey Ermakov — PhD in medicine, doctor of the first qualification category of the forensic medical examination of the Bashkir State Medical Academy "Bureau of Forensic Medical Examination of the Kaliningrad Region", Russia.

E-mail: [ermakovandrey2011@ya.ru](mailto:ermakovandrey2011@ya.ru)

Dr Natalia Kazantseva — Associate Professor, the Department of Fundamental Medicine, Immanuel Kant Baltic Federal University, the Medical Institute, Russia.

E-mail: [NKazantseva@kantiana.ru](mailto:NKazantseva@kantiana.ru)

Irina A. Stepanyan — Lecturer, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: [irina.stepanyan.7@gmail.com](mailto:irina.stepanyan.7@gmail.com)