

Современные возможности оценки объема печени (исследование *ex vivo*)

В.А. Изранов¹, А.В. Ермаков², М.В. Мартинович³,
Н.В. Казанцева¹, И.А. Степанян^{1, 4}

¹ ФГАОУ ВО “Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта”, г. Калининград

² ГБУЗ “Бюро судебно-медицинской экспертизы Калининградской области”, г. Калининград

³ ФГБОУ ВО “Новосибирский государственный технический университет”, г. Новосибирск

⁴ ГБУЗ “Инфекционная больница Калининградской области”, г. Калининград

Цель исследования – оценить *ex vivo* возможности измерения объема печени на основании простого (неультразвукового) определения линейных размеров органа по формулам ультразвуковой волюметрии. Исследование выполнено на 34 трупах лиц, умерших в результате различных заболеваний. 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 жидкости. По данным макроскопического анализа печени в ходе секционного исследования

выявлено, что значительное количество органов (13 из 34 (38%)) было поражено диффузными или очаговыми изменениями различного генеза. Измерение размеров печени осуществлялось на срезах обеих долей по принципам определения размеров печени при ультразвуковом исследовании. Для измерения объема печени использовались наиболее распространенные формулы при ультразвуковом исследовании: M. Zoli et al. (1989), D. Glenn et al. (1994), D. Elstein et al. (1997), M. Patlas et al. (2001) и J.T. Childs et al. (2016). Масса печени в группе по результатам посмертного взвешивания органа колебалась в пределах 744–2711 г (медиана – 1663 г, 5–95-й

В.А. Изранов – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой фундаментальной медицины Медицинского института ФГАОУ ВО “Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта”, г. Калининград; врач ультразвуковой диагностики Клинико-диагностического центра ФГАОУ ВО “Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта”, г. Калининград. А.В. Ермаков – к.м.н., врач судебно-медицинской экспертизы отдела экспертизы трупов ГБУЗ “Бюро судебно-медицинской экспертизы Калининградской области”, г. Калининград. М.В. Мартинович – к.т.н., доцент кафедры автоматизации ФГБОУ ВО “Новосибирский государственный технический университет”, г. Новосибирск. Н.В. Казанцева – к.м.н., доцент кафедры фундаментальной медицины Медицинского института ФГАОУ ВО “Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта”, г. Калининград. И.А. Степанян – ассистент кафедры фундаментальной медицины Медицинского института ФГАОУ ВО “Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта”, г. Калининград; врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ “Инфекционная больница Калининградской области”, г. Калининград.

Контактная информация: 236010 г. Калининград, ул. Д. Донского, д. 27, учебно-лабораторный корпус Медицинского института, кафедра фундаментальной медицины. Тел.: +7 (911) 491-11-33. Изранов Владимир Александрович. E-mail: VIzranov@kantiana.ru

процентили – 803–2683 г). Объем печени, определенный методом вытеснения жидкости, колебался в пределах 620–2475 см³ (медиана – 1475 см³, 5–95-й процентили – 676–2256 см³). Плотность ткани печени в группе исследованных пациентов с различным спектром печеночной и непеченочной патологии колебалась в пределах 0,48–1,64 г/см³ (медиана – 1,16 г/см³, 5–95-й процентили – 1,02–1,30 г/см³). Корреляционный анализ выявил достоверную сильную положительную связь реального объема печени с вычисленным объемом органа по формулам D. Elstein et al. ($r_s = 0,814$ при $P < 0,0001$), M. Patlas et al. ($r_s = 0,813$ при $P < 0,0001$) и J.T. Childs et al. ($r_s = 0,709$ при $P < 0,0001$). Анализ различий объема печени, вычисленного по каждой формуле на основании линейных измерений органа, от реального объема органа продемонстрировал, что достоверные различия отсутствуют при использовании формул J.T. Childs et al. ($P = 0,4845$), M. Patlas et al. ($P = 0,0953$), D. Elstein et al. ($P = 0,0953$). Наиболее точной формулой для вычисления объема печени на основании линейных размеров органа признана формула J.T. Childs et al.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, ультразвуковая волюметрия, объем печени, размер печени.

Цитирование: Изранов В.А., Ермаков А.В., Мартинович М.В., Казанцева Н.В., Степанян И.А. Современные возможности оценки объема печени (исследование *ex vivo*) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2017. № 6. С. 11–24.

ВВЕДЕНИЕ

Определение объема печени является актуальной задачей клинической медицины в связи с необходимостью объективной количественной оценки размера органа [1]. 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

размерам органа. Если при компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии существуют объективные методы вычисления объема печени [1–4], то в ультразвуковой диагностике в протоколе заключения по-прежнему указываются линейные размеры органа [5, 6], что существенно снижает диагностическую ценность метода.

В рекомендуемый протокол ультразвукового исследования включены следующие размеры печени: косой вертикальный размер правой доли, крацио-каудальный размер правой доли, толщина правой доли, толщина левой доли, крацио-каудальный размер левой доли [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 J.T. Childs et al. [11] методы оценки объема печени группируются в 4 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 основании линейных размеров органа представляет группу волюметрических методов. В большинстве волюметрических 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 трудоемкости, технической сложности получения точных поперечных размеров печени при ультразвуковом исследовании, отсутствия общепринятых нормативов объема органа. В последние годы предложена новая формула вычисления объема печени J.T. Childs et al. [12, 13], которая не требует получения поперечного размера печени, что позволяет включать ее в рутинное ультразвуковое исследование. В табл. 1 представлены наиболее распространенные формулы вычисления объема печени на основании измерений, полученных при ультразвуковом исследовании [12–17].

Таблица 1. Формулы вычисления объема печени, использованные в статье

Формулы	Авторы
$V = 133,2 + 0,422 \times \text{ККРПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП}$	M. Zoli et al. (1989) [14]
$V = (0,12 + \text{ККРПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП}) / 2,55$	D. Glenn et al. (1994) [15]
$V = 320,86 + 0,317 \times \text{ККРПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП}$	D. Elstein et al. (1997) [16]
$V = (\text{ККРПД} \times \text{ТПД} \times \text{ШП} - 545) / 2320$	M. Patlas et al. (2002) [17]
$V = 345,71 + 0,84 \times \text{КВРПД} \times \text{ТПД} \times \text{ТЛД}$	J.T. Childs et al. (2016) [12], J.T. Childs et al. (2016) [13]

Примечание: ККРПД – крацио-каудальный размер правой доли, ТПД – толщина правой доли, ШП – ширина печени, КВРПД – косой вертикальный размер правой доли, ТЛД – толщина левой доли. Практически во всех формулах линейные размеры представляются в см, за исключением M. Patlas et al. (2002) [17], в формуле которых используются мм.

Цель исследования – оценить *ex vivo* возможности измерения объема печени на основании простого (неультразвукового) определения линейных размеров органа по формулам ультразвуковой волюметрии.

Задачи исследования:

1) Определить массу 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 основании линейных размеров органа.

4) Сопоставить результаты вычислений объема печени по формулам ультразвуковой волюметрии различных авторов, вычислить отклонение результата каждой формулы от реального объема печени и выбрать оптимальную формулу для вычисления объема на основании линейных размеров органа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено на 34 трупах лиц, умерших в результате различных заболеваний, исследованных в ГБУЗ “Бюро судебно-медицинской экспертизы Калининградской области” (г. Калининград). Все судебно-медицинские исследования проводились в соответствии с Приказом Минздравсоцразвития РФ от 12 мая 2010 г. № 346н “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

20 мужчин и 14 женщин в возрасте от 28 до 96 лет. Причина смерти исследованных указана в табл. 2. По данным макроскопического анализа печени в ходе секционного исследования выявлено, что значительное количество органов (13 из 34 (38%)) было поражено диффузными или очаговыми изменениями различного генеза.

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 жидкости.

Таблица 2. Причина смерти исследованных

Причина смерти	Абсолютное количество наблюдений
Рак поджелудочной железы	1
Обтурационная асфиксия	1
Геморрагический инсульт	1
Повешение	1
Ожоговая болезнь в стадии септикотоксемии	1
Тромбоэмболия легочной артерии	1
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	2
Алкогольная кардиомиопатия	3
Атеросклеротическая болезнь сердца	15

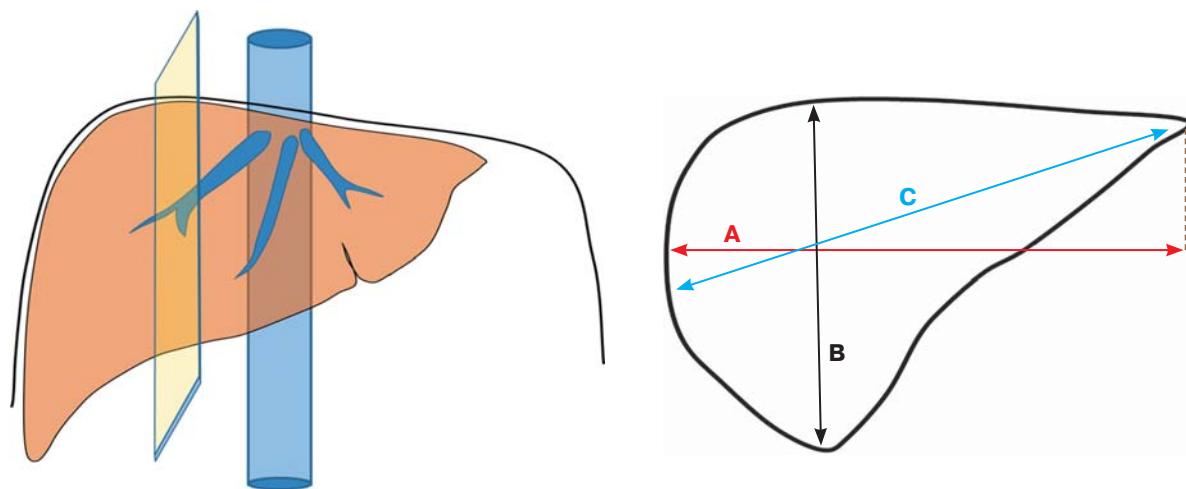


Рис. 1. Схематические изображения получения среза правой доли печени для измерения крацио-каудального размера правой доли (A), толщины правой доли (B) и косого вертикального размера правой доли (C) [18].

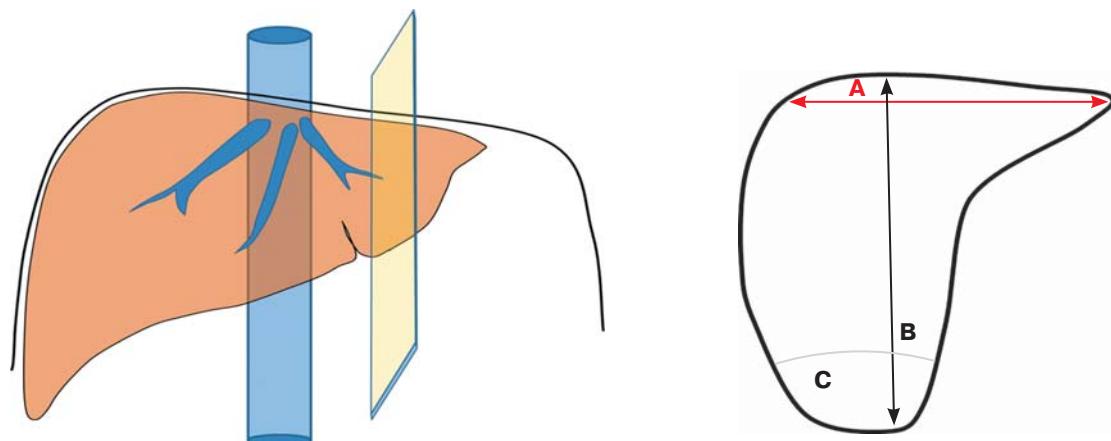


Рис. 2. Схематические изображения получения среза левой доли печени для измерения крацио-каудального размера левой доли (A) и толщины левой доли (B) [18].

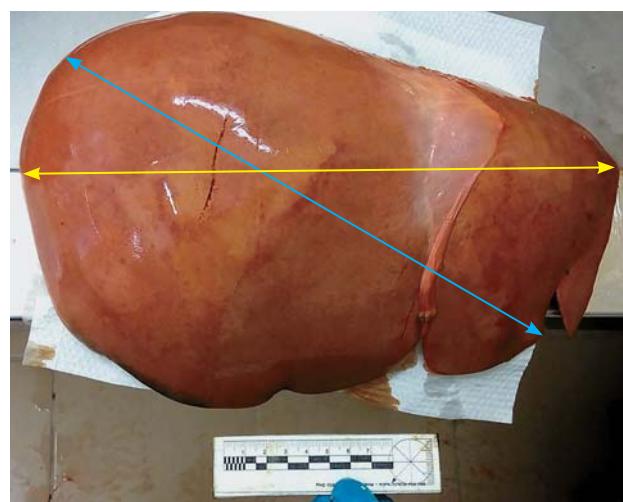


Рис. 3. Ширина печени (желтая линия со стрелками) и косой поперечный размер печени (синяя линия со стрелками).

Измерение размеров печени осуществлялось на срезах обеих долей по принципам определения размеров печени при ультразвуковом исследовании [18]. Для проведения измерений по технологиям, применяемым в ультразвуковой диагностике, осуществляли два разреза печени в парасагиттальной плоскости. Правую долю рассекали на уровне наиболее выступающей точки диафрагмальной поверхности, соответствующей правому куполу диафрагмы (рис. 1). Левую долю рассекали в непосредственной близости к серповидной связке (рис. 2). Ширина печени измерялась по наиболее выступающим латеральным точкам обеих долей строго в горизонтальной плоскости (рис. 3).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы MedCalc. Для каждого исследуемого количественного параметра представлены медиана, 25–75-й процентили, 5–95-й процентили, минимальное – максимальное значения, а также $M \pm \sigma$. Определялся процент отклонения объема печени, вычисленного по каждой формуле на основании линейных измерений органа, в сопоставлении с реальным объемом органа, определенным методом вытеснения жидкости, по следующей формуле:

$$\text{Отклонение объема (\%)} = \frac{\frac{\text{Объем по формуле} - \text{Реальный объем}}{\text{Реальный объем}} \times 100}{\text{Реальный объем}}$$

Для отрицательных значений процента отклонений использовался модуль отрицательных величин. Достоверность различий оценивалась методами непараметрической статистики (критерий Манна–Уитни). Применялся корреляционный анализ с расчетом рангового коэффициента корреляции Спирмена (r_s). Различия считали достоверными при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Масса печени в группе по результатам посмертного взвешивания органа колебалась в пределах 744–2711 г (медиана – 1663 г, 5–95-й процентили – 803–2683 г) (табл. 3).

Медиана объема печени, определенного методом вытеснения жидкости, составила

1475 см³, 5–95-й процентили – 676–2256 см³, минимальное – максимальное значения – 620–2475 см³ (см. табл. 3). Таким образом, масса печени (г) в среднем превышает величину объема печени (см³).

Медиана плотности ткани печени в группе исследованных пациентов с различным спектром печеночной и непеченочной патологии (см. табл. 1) составила 1,16 г/см³, 5–95-й процентили – 1,02–130 г/см³, минимальное – максимальное значения – 0,48–1,64 г/см³ (см. табл. 3).

В табл. 3 также представлены статистические характеристики объема печени по пяти формулам ультразвуковой волюметрии [12–17]. По результатам определен процент отклонения объема печени, вычисленного по каждой формуле на основании линейных измерений органа, в сопоставлении с реальным объемом органа, определенным методом вытеснения жидкости. Обнаружено, что медиана процента отклонения вычисленного объема печени широко варьирует вплоть до 59% (формула D. Glenn et al. [15]) по сравнению с реальным объемом органа. Наименьшая медиана процента отклонения (18%) выявлена у формулы J.T. Childs et al. [12, 13].

Анализ различий объема печени, вычисленного по каждой формуле на основании линейных измерений органа, от реального объема органа продемонстрировал, что достоверные различия отсутствуют при использовании формул J.T. Childs et al. [12, 13] ($P = 0,4845$), M. Patlas et al. [17] ($P = 0,0953$), D. Elstein et al. [16] ($P = 0,0953$). Выявлены достоверные различия при использовании формул D. Glenn et al. [15] ($P = 0,0003$) и M. Zoli et al. [14] ($P = 0,0198$). Интересно, что при этом проценты отклонений при сравнении различных формул объема печени с формулой J.T. Childs et al. [12, 13] достоверно различаются ($P < 0,05$). Корреляционный анализ показал достоверную сильную положительную связь реального объема печени с вычисленным объемом органа по формулам D. Elstein et al. [16] ($r_s = 0,814$ при $P < 0,0001$), M. Patlas et al. [17] ($r_s = 0,813$ при $P < 0,0001$) и J.T. Childs et al. [12, 13] ($r_s = 0,709$ при $P < 0,0001$). Достоверная связь со значениями объема, вычисленного по формулам D. Glenn et al. [15] и M. Zoli et al. [14], отсутствовала.

Таблица 3. Масса, объем и плотность печени по результатам посмертных измерений, объем печени, звуковой волюметрии, с процентным отклонением от реального объема

№ исследования	Масса печени, г	Реальный объем печени (метод вытеснения), см ³	Плотность печени, г/см ³	Вычисленный на основании размеров объем печени по формулам, см ³		
				M. Zoli et al. [14]	D. Glenn et al. [15]	D. Elstein et al. [16]
1	2121	1840	1,15	2941	2640	2455
2	1015	620	1,64	1448	1222	1309
3	2593	2000	1,30	2611	2303	2182
4	798	672	1,19	1104	934	1076
5	1801	1697	1,06	1369	1675	1675
6	1400	1180	1,19	1306	1561	1583
7	1279	1100	1,16	1596	2316	2193
8	1736	1650	1,05	2129	2620	2438
9	1152	950	1,21	1364	1620	1631
10	2143	1800	1,19	2477	3209	2915
11	1669	1425	1,17	2004	3129	2850
12	826	690	1,20	841	895	1044
13	2300	2080	1,11	2631	3017	2760
14	1134	980	1,16	1170	1675	1674
15	2711	2475	1,10	3288	4669	4095
16	1982	1935	1,02	1894	2591	2415
17	2103	1980	1,06	2217	3371	3046
18	1765	1460	1,21	1712	2882	2651
19	1657	1577	1,05	2106	1643	1649
20	1335	1210	1,10	1085	1452	1495
21	909	695	1,31	1107	1224	1310
22	1725	1490	1,16	1990	2352	2222
23	1271	1172	1,08	1378	1669	1670
24	1167	1011	1,15	1032	1245	1327
25	1236	1070	1,16	1484	2227	2121
26	2047	1660	1,23	2213	2741	2537
27	943	800	1,18	1200	1097	1208
28	2110	1923	1,10	2897	3164	2878
29	913	824	1,11	1076	1305	1376
30	744	1562	0,48	1000	1229	1315
31	1562	1430	1,09	2534	2879	2648
32	1779	1530	1,16	1743	2013	1948
33	2015	1977	1,02	2702	3854	3436
34	2706	2300	1,18	3286	4369	3853
Медиана	1663	1475	1,16	1727	2265	2152
25–75-й	1152–2047	1011–1840	1,09–1,19	1200–2477	1452–2882	1495–2651
процентили						
5–95-й	803–2683	676–2256	1,02–1,30	1006–3217	967–4266	1102–3770
процентили						
M ± σ	1607 ± 562	1434 ± 503	1,14 ± 0,16	1851 ± 709	2259 ± 979	2147 ± 791
Минимальное –	744–2711	620–2475	0,48–1,64	841–3288	895–4669	1044–4095
максимальное						
значения						

Примечание: при расчете статистических характеристик использовался модуль отрицательных величин;

вычисленный путем простых (неультразвуковых) измерений при использовании формул ультра-

Вычисленный на основании размеров объем печени по формулам, см ³		Процент (%) отклонения объема печени, вычисленного по формулам, в сопоставлении с реальным объемом органа				
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]
2867	1547	60	43	33	56	-16
1343	990	134	97	111	117	60
2531	1183	31	15	9	27	-41
991	863	64	39	60	47	28
1262	1285	-19	-1	-1	-26	-24
1198	1136	11	32	34	2	-4
1494	1505	45	111	99	36	37
2038	1637	29	59	48	24	-1
1257	1225	44	71	72	32	29
2393	2018	38	78	62	33	12
1910	1700	41	120	100	34	19
722	687	22	30	51	5	0
2551	2136	26	45	33	23	3
1059	1177	19	71	71	8	20
3222	2631	33	89	65	30	6
1798	1133	-2	34	25	-7	-41
2128	1785	12	70	54	7	-10
1612	1689	17	97	82	10	16
2015	1079	34	4	5	28	-32
972	976	-10	20	24	-20	-19
994	1063	59	76	88	43	53
1896	1521	34	58	49	27	2
1271	887	18	42	42	8	-24
918	1071	2	23	31	-9	6
1379	977	39	108	98	29	-9
2124	1666	33	65	53	28	0
1089	850	50	37	51	36	6
2823	2403	51	65	50	47	25
962	711	31	58	67	17	-14
885	668	-36	-21	-16	-43	-57
2452	1312	77	101	85	71	-8
1644	1026	14	32	27	7	-33
2623	1883	37	95	74	33	-5
3220	1640	43	90	68	40	-29
1628	1204	34	59	52	28	18
1089–2393	990–1666	19–44	32–89	33–72	10–36	6–29
892–3149	692–2350	4–74	6–110	6–100	5–68	0–56
1754 ± 725	1355 ± 487	36 ± 25	59 ± 33	54 ± 29	30 ± 22	20 ± 17
722–3222	668–2631	2–134 (-36–134)	1–120 (-21–120)	1–111 (-16–111)	2–117 (-43–117)	0–60 (-57–60)

курсивом выделены минимальные – максимальные значения с учетом отрицательных величин.

ОБСУЖДЕНИЕ

Объем и масса печени. В нашем исследовании в подавляющем большинстве случаев масса печени (г) превышает величину объема печени (см^3). Посмертно извлеченный орган, как правило, тонет в воде в процессе определения объема методом вытеснения. Важно отметить, что представленная в исследовании группа абсолютно разнородна по состоянию печени (см. табл. 1), поэтому указанные средние цифры не несут в себе обобщающей информации и имеют значение только в контексте задач настоящего исследования.

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-волюметрии в большинстве случаев превышало реальный объемрезецированного участка, измеренный методом вытеснения жидкости [19, 20]. S.M. Niehues et al. [21] на 11 животных (свиньи) осуществили экспериментальное исследование, целью которого было систематическое определение различия между результатами КТ-волюметрии *in vivo* и волюметрии методом вытеснения жидкости *ex vivo*. Авторы показали, что медиана плотности печеночной ткани, оцененной *ex vivo*, составляет 1,07 г/мл. Регрессионный анализ продемонстрировал высокую корреляцию ($r^2 = 0,985$) между результатами КТ-волюметрии и вытеснением жидкости. S.M. Niehues et al. [21] обнаружили, что результаты КТ-волюметрии на 13% превышают объем печени, измеренный методом вытеснения жидкости ($P < 0,0001$). Авторы предположили, что причина различий обусловлена объемом перфузируемой крови в печени.

K. Kitajima et al. [22] 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: ультразвуковой объем печени = реальный объем $\times 1,15$. Авторы полагают, что заполненное кровью сосудистое русло печени составляет 15% объема органа. В связи с этим объем органа, измеренный

методом вытеснения жидкости после извлечения из организма без сохранения крови в сосудистом русле печени, на 15% меньше объема, определенного при ультразвуковой волюметрии [22]. Известно, что в норме 100 г печеночной ткани содержит 25–30 мл крови [23, 24]. Однако точное распределение объема крови между крупными и мелкими внутрипеченочными сосудами до сих пор неизвестно, как неизвестно, какое количество крови визуализируется во внутрипеченочных сосудах при эхографии и, соответственно, в какой степени это влияет на объем органа.

В нашем исследовании медиана плотности тканей печени у пациентов с различным состоянием печени составила 1,16 г/см³ (5–95-й процентили – 1,02–1,30 г/см³), что превышает аналогичные результаты S.M. Niehues et al. [21], полученные на свиньях (медиана – 1,07 г/мл). Безусловно, печень свиньи и печень человека могут иметь различную плотность. Однако O. Garkavenko et al. [25] было показано, что здоровая ткань печени человека имеет плотность в диапазоне 1,02–1,09 г/см³, что практически соответствует результатам S.M. Niehues et al. [21]. Мы полагаем, что более высокие значения плотности ткани печени в нашем исследовании обусловлены тем, что значительное количество исследованных органов по данным макроскопического анализа в ходе секционного исследования было поражено диффузными или очаговыми изменениями различного генеза, что также может влиять на плотность ткани печени.

Сравнение формул. В табл. 1 перечислены исследованные в настоящей статье формулы вычисления объема печени. По годам публикации представленных статей можно сделать вывод, что проблема определения объема печени была актуальна уже в 1989 г. и остается актуальной по настоящее время. Почему же в повседневной практике врачей ультразвуковой диагностики эти формулы не применяются, несмотря на высокую актуальность оценки объема печени? Один из ответов на этот вопрос можно найти в табл. 3.

Обнаружено, что медиана процента отклонения вычисленного объема печени широко варьирует вплоть до 59% (формула D. Glenn et al. [15]) по сравнению с реальным объемом органа. Наименьшая медиана

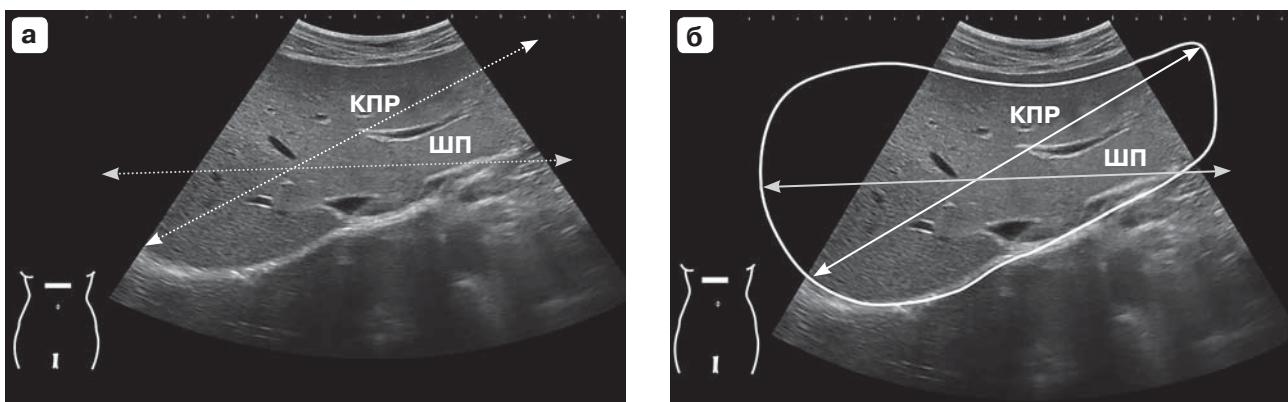


Рис. 4. Ширина печени при ультразвуковом исследовании. а – поперечное сечение печени (субкостальный доступ). ШП – ширина печени (измерение строго в горизонтальной плоскости), КПР – косой поперечный размер печени (наиболее удаленные точки правого купола диафрагмы и левой границы печени). б – границы печени.

процента отклонения (18%) выявлена у формулы J.T. Childs et al. [12, 13].

Медиана процента отклонения от реального объема колеблется от 18% по формуле J.T. Childs et al. [12, 13] до 59% по формуле D. Glenn et al. [15]. Это неудовлетворительно высокие значения среднего процента ошибки формул. Формула J.T. Childs et al. [12, 13] демонстрирует минимальную медиану отклонения от реального объема. Однако сами авторы в своей статье [13] указывают на недостаточную точность формулы. Также следует обратить внимание, что все формулы могут давать значительные ошибки в большую сторону, что может быть неприемлемо с диагностической точки зрения, так как создает ложное впечатление о гепатомегалии.

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, указанные в табл. 1, используют в качестве одного из параметров ширину печени. На рис. 3 указан принцип измерения ширины печени на препарате. Подобным образом измерить ширину печени или косой поперечный размер при ультразвуковом сканировании конвексным датчиком в одном "замороженном" изображении, как правило, невозможно (рис. 4).

Нередко даже при нормальных размерах органа границы поперечного размера печени оказываются за пределами рабочей зоны экрана монитора при сканировании кон-

вексным датчиком. В связи с этим велика погрешность измерения ширины печени при ультразвуковом исследовании.

С появлением новой формулы J.T. Childs et al. [12, 13] процедура ультразвуковой волюметрии не требует дополнительных затрат времени и специального обучения специалиста, так как в этой формуле используются лишь три стандартных линейных размера, и не представляет 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 ультразвукового исследования. Безусловно, вычисление объема печени на калькуляторе является неприемлемым осложнением рутинного процесса протоколирования результатов исследования. Эта проблема была бы устранена при наличии встроенных в автоматизированное рабочее место врача ультразвуковой диагностики формул, осуществляющих вычисление объема и его референсную оценку.

Оценка объема печени. В настоящем исследовании не осуществлялась оценка объема печени 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.

Интересно сопоставить реальный объем печени с вычисленным стандартным (дол-

женствующим) объемом. К сожалению, в нашем исследовании по техническим причинам не было возможности определить массу тела трупа. В связи с этим невозможно вычислить и стандартный объем печени из-за отсутствия данных по массе тела. Настоящее исследование на трупном материале играет прикладную роль для последующего применения формул вычисления объема печени в ультразвуковой диагностике. Ранее в наших публикациях [26, 27] осуществлен сравнительный анализ точности 14 формул вычисления стандартного объема печени, предложенных в современной литературе: M. Patlas et al. [17], X.Z. Lin et al. [28], K. Urata et al. [29], A. Poothumkadal et al. [30], T.N. Johnson et al. [31], A. Chouker et al. [32], F.H. DeLand, W.A. North [33], H.C. Yu et al. [34], T. Hashimoto et al. [35], T. Noda et al. [36], L. Fu-Gui et al. [37], T. Yoshizumi et al. [38], J.N. Vauthey et al. [39], A. Heinemann et al. [40]. 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. [26] было показано, что наиболее точной формулой вычисления стандартного объема печени для применения в условиях Калининградского региона Российской Федерации является формула A. Chouker et al. [32], которая может быть рекомендована в качестве референсной оценки соответствующего объема при ультразвуковой волюметрии печени по J.T. Childs et al. [12, 13]. По результатам настоящего исследования мы предлагаем включить формулу J.T. Childs et al. [12, 13] в протокол ультразвукового исследования для вычисления объема печени при использовании формулы A. Chouker et al. [32] для его референсной оценки.

ВЫВОДЫ

1) Масса печени в группе по результатам посмертного взвешивания органа колебалась в пределах 744–2711 г (медиана – 1663 г, 5–95-й процентили – 803–2683 г).

2) Объем печени, определенный методом вытеснения жидкости, колебался в пределах 620–2475 см³ (медиана – 1475 см³, 5–95-й процентили – 676–2256 см³). Таким образом, численное значение массы печени (г) в среднем превышает численное значение объема печени (см³).

3) Плотность ткани печени в группе исследованных пациентов с различным спектром печеночной и непеченочной патологии колебалась в пределах 0,48–1,64 г/см³ (медиана – 1,16 г/см³, 5–95-й процентили – 1,02–1,30 г/см³).

4) Корреляционный анализ выявил достоверную сильную положительную связь реального объема печени с вычисленным объемом органа по формулам D. Elstein et al. [16] ($r_s = 0,814$ при $P < 0,0001$), M. Patlas et al. [17] ($r_s = 0,813$ при $P < 0,0001$) и J.T. Childs et al. [12, 13] ($r_s = 0,709$ при $P < 0,0001$).

5) Анализ различий объема печени, вычисленного по каждой формуле на основании линейных измерений органа, от реального объема органа продемонстрировал, что достоверные различия отсутствуют при использовании формул J.T. Childs et al. [12, 13] ($P = 0,4845$), M. Patlas et al. [17] ($P = 0,0953$), D. Elstein et al. [16] ($P = 0,0953$).

6) Наиболее точной формулой для вычисления объема печени на основании линейных размеров органа признана формула J.T. Childs et al. [12, 13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bora A., Alptekin C., Yavuz A., Batur A., Akdemir Z., Berkoz M. Assessment of liver volume with computed tomography and comparison of findings with ultrasonography // Abdom. Imaging. 2014. V. 39. No. 6. P. 1153–1161.
Doi: 10.1007/s00261-014-0146-5.
2. Borchert D., Schuler A., Muche R., Haenle M.M., Akinli A.S., Arnold F., Kratzer W., Pauls S. Comparison of panorama ultrasonography, conventional B-mode ultrasonography, and computed tomography for measuring liver size // Ultraschall Med. 2010. V. 31. No. 1. P. 31–36.
Doi: 10.1055/s-2008-1109309.
3. D'Onofrio M., De Robertis R., Demozzi E., Crosara S., Canestrini S., Pozzi Mucelli R. Liver volumetry: is imaging reliable? Personal experience and review of the literature // World J. Radiol. 2014. V. 6. No. 4. P. 62–71.
Doi: 10.4329/wjr.v6.i4.62.
4. Xiaiqi L., Yu M., Ren X., Wu J., Zhang M., Gu Yu. The study and implementation of liver volume mea-

- suring method based on 3-dimensional reconstruction technology // Optik. 2015. V. 126. No. 17. P. 1534–1539.
5. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика / Под ред. В.В. Митькова. Изд. 2-е. М.: Видар, 2011. 720 р.
 6. Практическая ультразвуковая диагностика: руководство для врачей в 5 томах. Т. 1. Ультразвуковая диагностика заболеваний органов брюшной полости / Под ред. Г.Е. Труфанова, В.В. Рязанова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 240 с.
 7. Rasmussen S.N. Liver volume determination by ultrasonic scanning // Br. J. Radiol. 1972. V. 45. No. 536. C. 579–585.
 8. Carr D., Duncan J.G. Liver volume determination by ultrasound: a feasibility study // Br. J. Radiol. 1976. V. 49. No. 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. V. 4. No. 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. V. 2. No. 2. P. 157–164.
 11. Childs J.T., Esterman A., Phillips M., Thoirs K.A., Turner R.C. Methods of determining the size of the adult liver using 2D ultrasound: a systematic review of articles reporting liver measurement techniques // J. Diagn. Med. Sonogr. 2014. V. 30. No. 6. P. 296–306. Doi: 10.1177/8756479314549070.
 12. Childs J.T., Esterman A.J., Thoirs 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. V. 3. No. 2. P. 47–52. Doi: 10.1002/sono.12051.
 13. Childs J.T., Thoirs 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. V. 22. No. 2. P. e125–e130. Doi: 10.1016/j.radi.2015.12.009.
 14. Zoli M., Pisi P., Marchesini G., Bianchi G.P., Turci G.A., Pisi E. A rapid method for the *in vivo* measurement of liver volume // Liver. 1989. V. 9. No. 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. V. 92. No. 4. P. 187–189.
 16. Elstein D., Hadas-Halpern I., Azuri Y., Abrahamov A., Bar-Ziv Y., Zimran A. Accuracy of ultrasonography in assessing spleen and liver size in patients with Gaucher disease: comparison to computed tomographic measurements // J. Ultrasound Med. 1997. V. 16. No. 3. P. 209–211.
 17. Patlas M., Hadas-Halpern I., Abrahamov A., Elstein D., Zimran A. Spectrum of abdominal sonographic findings in 103 pediatric patients with Gaucher disease // Eur. Radiol. 2002. V. 12. No. 2. P. 397–400.
 18. Капустин С.В., Пиманов С.И. Ультразвуковое исследование в таблицах и схемах. Изд. 2-е. Витебск: ВГМУ, 2005. 64 с.
 19. Frericks B.B., Caldarone F.C., Nashan B., Savello D.H., Stamm G., Kirchhoff T.D., Shin H.O., Schenk A., Selle D., Spindler W., Klempnauer J., Peitgen H.O., Galanski M. 3D CT modeling of hepatic vessel architecture and volume calculation in living donated liver transplantation // Eur. Radiol. 2004. V. 14. No. 2. P. 326–333. Doi: 10.1007/s00330-003-2161-8.
 20. Hiroshige S., Shimada M., Harada N., Shiotani S., Ninomiya M., Minagawa R., Soejima Y., Suehiro T., Honda H., Hashizume M., Sugimachi K. Accurate preoperative estimation of liver-graft volumetry using three-dimensional computed tomography // Transplantation. 2003. V. 75. No. 9. P. 1561–1564. Doi: 10.1097/01.TP.0000053755.08825.12.
 21. Niehues S.M., Unger J.K., Malinowski M., Neymeyer J., Hamm B., Stockmann M. Liver volume measurement: reason of the difference between *in vivo* CT-volumetry and intraoperative *ex vivo* determination and how to cope it // Eur. J. Med. Res. 2010. V. 15. No. 8. P. 345–350.
 22. Kitajima K., Taboury J., Boleslawski E., Savier E., Vaillant J.C., Hannoun L. Sonographic preoperative assessment of liver volume before major liver resection // Gastroenterol. Clin. Biol. 2008. V. 32. No. 4. P. 382–389. Doi: 10.1016/j.gcb.2008.02.007.
 23. Lautt W.W. Hepatic vasculature: a conceptual review // Gastroenterology. 1977. V. 73. No. 5. P. 1163–1169.
 24. Hwang S., Lee S.G., Kim K.H., Park K.M., Ahn C.S., Moon D.B., Chu C.W., Lee Y.J., Min P.C. Correlation of blood-free graft weight and volumetric graft volume by an analysis of blood content in living donor liver grafts // Transplant. Proc. 2002. V. 34. No. 8. P. 3293–3294.
 25. Garkavenko O., Emerich D.F., Muzina M., Muzina Z., Vasconcellos A.V., Ferguson A.B., Cooper I.J., Elliott R.B. Xenotransplantation of neonatal porcine liver cells // Transplant. Proc. 2005. V. 37. No. 1. P. 477–480.
 26. Изранов В.А., Казанцева Н.В., Мартинович М.В., Белецкая М.А., Пономарев Н.А. Оценка точности вычисления стандартного объема при ультразвуковой волюметрии печени // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия Естественные и медицинские науки. 2017. № 3. С. 15–29.
 27. Изранов В.А., Казанцева Н.В., Белецкая М.А., Пономарев Н.А. Оценка точности вычисления стандартного объема при ультразвуковой волюметрии печени // Материалы XI Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов “Радиология-2017”. М., 2017. С. 52–53.
 28. Lin X.Z., Sun Y.N., Liu Y.H., Sheu B.S., Cheng B.N., Chen C.Y., Tsai H.M., Shen C.L. Liver volume in patients with or without chronic liver diseases // Hepatogastroenterology. 1998. V. 45. No. 22. P. 1069–1074.
 29. Urata K., Kawasaki S., Matsunami H., Hashikura Y., Ikegami T., Ishizone S., Momose Y., Komiyama A., Makuchi M. Calculation of child and adult standard liver volume for liver trans-

- plantation // Hepatology. 1995. V. 21. No. 5. P. 1317–1321.
30. Poovathumkadavil A., Leung K.F., Al Ghamdi H.M., OthmanIel H., Meshikhes A.W. Standard formula for liver volume in Middle Eastern Arabic adults // Transplant. Proc. 2010. V. 42. No. 9. P. 3600–3605.
 31. 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. V. 11. No. 12. P. 1481–1493.
 32. Chouker A., Martignoni A., Dugas M., Eisenmenger W., Schauer R., Kaufmann I., Schelling G., Lohe F., Jauch K.W., Peter K., Thiel M. Estimation of liver size for liver transplantation: the impact of age and gender // Liver Transpl. 2004. V. 10. No. 5. P. 678–685.
 33. DeLand F.H., North W.A. Relationship between liver size and body size // Radiology. 1968. V. 91. No. 6. P. 1195–1198.
 34. Yu H.C., You H., Lee H., Jin Z.W., Moon J.I., Cho B.H. Estimation of standard liver volume for liver transplantation in the Korean population // Liver Transpl. 2004. V. 10. No. 6. P. 779–783.
 35. Hashimoto T., Sugawara Y., Tamura S., Hasegawa K., Kishi Y., Kokudo N., Makuchi M. Estimation of standard liver volume in Japanese living liver donors // J. Gastroenterol. Hepatol. 2006. V. 21. No. 11. P. 1710–1713.
 36. Noda T., Todani T., Watanabe Y., Yamamoto S. Liver volume in children measured by computed tomography // Pediatr. Radiol. 1997. V. 27. No. 3. P. 250–252.
 37. Fu-Gui L., Lu-Nan Y., Bo L., Yong Z., Tian-Fu W., Ming-Qing X., Wen-Tao W., Zhe-Yu C. Estimation of standard liver volume in Chinese adult living donors // Transplant. Proc. 2009. V. 41. No. 10. P. 4052–4056.
 38. Yoshizumi T., Gondolesi G.E., Bodian C.A., Jeon H., Schwartz M.E., Fishbein T.M., Miller C.M., Emre S. A simple new formula to assess liver weight // Transplant. Proc. 2003. V. 35. No. 4. P. 1415–1420.
 39. Vauthey J.N., Abdalla E.K., Doherty D.A., Gertsch P., Fenstermacher M.J., Loyer E.M., Lerut J., Materne R., Wang X., Encarnacion A., Herron D., Mathey C., Ferrari G., Charnsangavej C., Do K.A., Denys A. Body surface area and body weight predict total liver volume in Western adults // Liver Transpl. 2002. V. 8. No. 3. P. 233–240.
 40. Heinemann A., Wischhusen F., Puschel K., Rogiers X. Standard liver volume in the Caucasian population // Liver Transpl. Surg. 1999. V. 5. No. 5. P. 366–368.
- Comparison of panorama ultrasonography, conventional B-mode ultrasonography, and computed tomography for measuring liver size // Ultraschall Med. 2010. V. 31. No. 1. P. 31–36.**
Doi: 10.1055/s-2008-1109309.
3. D'Onofrio M., De Robertis R., Demozzi E., Crosara S., Canestrini S., Pozzi Mucelli R. Liver volumetry: is imaging reliable? Personal experience and review of the literature // World J. Radiol. 2014. V. 6. No. 4. P. 62–71.
Doi: 10.4329/wjr.v6.i4.62.
 4. Xiaoqi L., Yu M., Ren X., Wu J., Zhang M., Gu Yu. The study and implementation of liver volume measuring method based on 3-dimensional reconstruction technology // Optik. 2015. V. 126. No. 17. P. 1534–1539.
 5. Textbook of the Clinical Diagnostic Ultrasound. General Ultrasound / Ed. by V.V. Mitkov. 2nd ed. Moscow: Vidar, 2011. 720 p. (Book in Russian)
 6. Practical Ultrasound Diagnosis: Textbook for Physicians in the 5 volumes. V. 1. Ultrasonic Diagnosis of Diseases of the Abdominal Cavity / Ed. by G.E. Trufanov, V.V. Ryazanov. Moscow: GEOTAR-Media, 2016. 240 p. (Book in Russian)
 7. Rasmussen S.N. Liver volume determination by ultrasonic scanning // Br. J. Radiol. 1972. V. 45. No. 536. C. 579–585.
 8. Carr D., Duncan J.G. Liver volume determination by ultrasound: a feasibility study // Br. J. Radiol. 1976. V. 49. No. 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. V. 4. No. 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. V. 2. No. 2. P. 157–164.
 11. Childs J.T., Esterman A., Phillips M., Thoirs K.A., Turner R.C. Methods of determining the size of the adult liver using 2D ultrasound: a systematic review of articles reporting liver measurement techniques // J. Diagn. Med. Sonogr. 2014. V. 30. No. 6. P. 296–306.
Doi: 10.1177/8756479314549070.
 12. Childs J.T., Esterman A.J., Thoirs 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. V. 3. No. 2. P. 47–52.
Doi: 10.1002/sono.12051.
 13. Childs J.T., Thoirs 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. V. 22. No. 2. P. e125–e130.
Doi: 10.1016/j.radi.2015.12.009.
 14. Zoli M., Pisi P., Marchesini G., Bianchi G.P., Turci G.A., Pisi E. A rapid method for the in vivo measurement of liver volume // Liver. 1989. V. 9. No. 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. V. 92. No. 4. P. 187–189.

REFERENCES

1. Bora A., Alptekin C., Yavuz A., Batur A., Akdemir Z., Berkoz M. Assessment of liver volume with computed tomography and comparison of findings with ultrasonography // Abdom. Imaging. 2014. V. 39. No. 6. P. 1153–1161.
Doi: 10.1007/s00261-014-0146-5.
2. Borchert D., Schuler A., Muche R., Haenle M.M., Akinli A.S., Arnold F., Pauls S.

16. Elstein D., Hadas-Halpern I., Azuri Y., Abrahamov A., Bar-Ziv Y., Zimran A. Accuracy of ultrasonography in assessing spleen and liver size in patients with Gaucher disease: comparison to computed tomographic measurements // *J. Ultrasound Med.* 1997. V. 16. No. 3. P. 209–211.
17. Patlas M., Hadas-Halpern I., Abrahamov A., Elstein D., Zimran A. Spectrum of abdominal sonographic findings in 103 pediatric patients with Gaucher disease // *Eur. Radiol.* 2002. V. 12. No. 2. P. 397–400.
18. Kapustin S.V., Pimanov S.I. Ultrasound Investigation in Tables and Schemes. 2nd ed. Vitebsk: VSMU, 2005. 64 p. (Book in Russian)
19. Frericks B.B., Caldarone F.C., Nashan B., Saveliano D.H., Stamm G., Kirchhoff T.D., Shin H.O., Schenk A., Selle D., Spindler W., Klempnauer J., Peitgen H.O., Galanski M. 3D CT modeling of hepatic vessel architecture and volume calculation in living donated liver transplantation // *Eur. Radiol.* 2004. V. 14. No. 2. P. 326–333. DOI: 10.1007/s00330-003-2161-8.
20. Hiroshige S., Shimada M., Harada N., Shiotani S., Ninomiya M., Minagawa R., Soejima Y., Suehiro T., Honda H., Hashizume M., Sugimachi K. Accurate preoperative estimation of liver-graft volumetry using three-dimensional computed tomography // *Transplantation*. 2003. V. 75. No. 9. P. 1561–1564. DOI: 10.1097/01.TP.0000053755.08825.12.
21. Niehues S.M., Unger J.K., Malinowski M., Neymeyer J., Hamm B., Stockmann M. Liver volume measurement: reason of the difference between *in vivo* CT-volumetry and intraoperative *ex vivo* determination and how to cope it // *Eur. J. Med. Res.* 2010. V. 15. No. 8. P. 345–350.
22. Kitajima K., Taboury J., Boleslawski E., Savier E., Vaillant J.C., Hannoun L. Sonographic preoperative assessment of liver volume before major liver resection // *Gastroenterol. Clin. Biol.* 2008. V. 32. No. 4. P. 382–389. DOI: 10.1016/j.gcb.2008.02.007.
23. Lautt W.W. Hepatic vasculature: a conceptual review // *Gastroenterology*. 1977. V. 73. No. 5. P. 1163–1169.
24. Hwang S., Lee S.G., Kim K.H., Park K.M., Ahn C.S., Moon D.B., Chu C.W., Lee Y.J., Min P.C. Correlation of blood-free graft weight and volumetric graft volume by an analysis of blood content in living donor liver grafts // *Transplant. Proc.* 2002. V. 34. No. 8. P. 3293–3294.
25. Garkavenko O., Emerich D.F., Muzina M., Muzina Z., Vasconcellos A.V., Ferguson A.B., Cooper I.J., Elliott R.B. Xenotransplantation of neonatal porcine liver cells // *Transplant. Proc.* 2005. V. 37. No. 1. P. 477–480.
26. Izranov V.A., Kazantseva N.V., Martinovich M.V., Beletskaya M.A., Ponomarev N.A. Estimating the accuracy of standard volume calculations using liver volumetry // Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series "Natural and Medical Sciences". 2017. No. 3. P. 15–29. (Article in Russian)
27. Izranov V.A., Kazantseva N.V., Beletskaya M.A., Ponomarev N.A. Estimating the accuracy of standard volume calculations using liver volumetry // Proceedings of the XI Russian Radiology Congress "Radiology-2017". Moscow, 2017. P. 52–53. (Thesis in Russian)
28. Lin X.Z., Sun Y.N., Liu Y.H., Sheu B.S., Cheng B.N., Chen C.Y., Tsai H.M., Shen C.L. Liver volume in patients with or without chronic liver diseases // *Hepatogastroenterology*. 1998. V. 45. No. 22. P. 1069–1074.
29. Urata K., Kawasaki S., Matsunami H., Hashikura Y., Ikegami T., Ishizone S., Momose Y., Komiyama A., Makuchi M. Calculation of child and adult standard liver volume for liver transplantation // *Hepatology*. 1995. V. 21. No. 5. P. 1317–1321.
30. Poovathumkadavil A., Leung K.F., Al Ghamedi H.M., Othmaniel H., Meshikhes A.W. Standard formula for liver volume in Middle Eastern Arabic adults // *Transplant. Proc.* 2010. V. 42. No. 9. P. 3600–3605.
31. 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. V. 11. No. 12. P. 1481–1493.
32. Chouker A., Martignoni A., Dugas M., Eisenmenger W., Schauer R., Kaufmann I., Schelling G., Lohe F., Jauch K.W., Peter K., Thiel M. Estimation of liver size for liver transplantation: the impact of age and gender // *Liver Transpl.* 2004. V. 10. No. 5. P. 678–685.
33. DeLand F.H., North W.A. Relationship between liver size and body size // *Radiology*. 1968. V. 91. No. 6. P. 1195–1198.
34. Yu H.C., You H., Lee H., Jin Z.W., Moon J.I., Cho B.H. Estimation of standard liver volume for liver transplantation in the Korean population // *Liver Transpl.* 2004. V. 10. No. 6. P. 779–783.
35. Hashimoto T., Sugawara Y., Tamura S., Hasegawa K., Kishi Y., Kokudo N., Makuchi M. Estimation of standard liver volume in Japanese living liver donors // *J. Gastroenterol. Hepatol.* 2006. V. 21. No. 11. P. 1710–1713.
36. Noda T., Todani T., Watanabe Y., Yamamoto S. Liver volume in children measured by computed tomography // *Pediatr. Radiol.* 1997. V. 27. No. 3. P. 250–252.
37. Fu-Gui L., Lu-Nan Y., Bo L., Yong Z., Tian-Fu W., Ming-Qing X., Wen-Tao W., Zhe-Yu C. Estimation of standard liver volume in Chinese adult living donors // *Transplant. Proc.* 2009. V. 41. No. 10. P. 4052–4056.
38. Yoshizumi T., Gondolesi G.E., Bodian C.A., Jeon H., Schwartz M.E., Fishbein T.M., Miller C.M., Emre S. A simple new formula to assess liver weight // *Transplant. Proc.* 2003. V. 35. No. 4. P. 1415–1420.
39. Vauthery J.N., Abdalla E.K., Doherty D.A., Gertsch P., Fenstermacher M.J., Loyer E.M., Lerut J., Materne R., Wang X., Encarnacion A., Herron D., Mathey C., Ferrari G., Charnsangavej C., Do K.A., Denys A. Body surface area and body weight predict total liver volume in Western adults // *Liver Transpl.* 2002. V. 8. No. 3. P. 233–240.
40. Heinemann A., Wischhusen F., Puschel K., Rogiers X. Standard liver volume in the Caucasian population // *Liver Transpl. Surg.* 1999. V. 5. No. 5. P. 366–368.

Modern approaches to liver volume assessment (an ex-vivo study)

**V.A. Izranov¹, A.V. Ermakov², M.V. Martinovich³,
N.V. Kazantseva¹, I.A. Stepanyan^{1,4}**

¹ *Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad*

² *Bureau of Forensic Medical Examination of Kaliningrad Region, Kaliningrad*

³ *Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk*

⁴ *Infectious Diseases Hospital of Kaliningrad Region, Kaliningrad*

V.A. Izranov – M.D., Ph.D., Professor, Director, Fundamental Medicine Division, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad. A.V. Ermakov – M.D., Ph.D., Bureau of Forensic Medical Examination of Kaliningrad Region, Kaliningrad. M.V. Martinovich – Ph.D., Associate Professor, Automation Division, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk. N.V. Kazantseva – M.D., Ph.D., Associate Professor, Fundamental Medicine Division, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad. I.A. Stepanyan – M.D., Assistant Professor, Fundamental Medicine Division, Immanuel Kant Baltic Federal University; Ultrasound Diagnostics Department, Infectious Diseases Hospital of Kaliningrad Region, Kaliningrad.

The aim of the study was to evaluate the value of liver volume measurement on the basis of simple (non-ultrasound) determination of linear organ dimensions using formulas of ultrasound volumetry. The study was carried out on 34 corpses of persons who died from various diseases. During the autopsy, the liver was removed from the abdominal cavity. After cutting off the gallbladder and ligamentous, the liver was weighed and then placed in a container with water to determine its volume by measuring the volume of the expelled fluid. Liver macroscopic study revealed that significant number of organs (13 of 34 (38%)) were affected by diffuse or focal liver diseases of various genesis. Measurement of liver size was carried out on both lobes sections according to the principles of ultrasound liver size determining. To measure the liver volume, the most common formulas in ultrasound 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. (2016). Liver post-mortem mass in the group ranged 744–2711 g (median – 1663 g, 5–95th percentiles – 803–2683 g). The volume of the liver, determined by fluid displacement method, ranged 620–2475 cm³ (median – 1475 cm³, 5–95th percentiles – 676–2256 cm³). The liver tissue density ranged 0.48–1.64 g/cm³ (median – 1.16 g/cm³, 5–95th percentiles – 1.02–1.30 g/cm³). Spearman correlation analysis revealed a strong positive correlation between real liver volume and calculated liver volume according to D. Elstein et al. ($r_s = 0.814, P < 0.0001$), M. Patlas et al. ($r_s = 0.813, P < 0.0001$), and J.T. Childs et al. ($r_s = 0.709, P < 0.0001$) formulas. The analysis of liver volume differences calculated by each formula from real liver volume demonstrated that there are no significant differences when using formulas of J.T. Childs et al. (($P = 0.4845$), M. Patras et al. ($P = 0.0953$), and D. Elstein et al. ($P = 0.0953$)). The most accurate formula for liver volume calculations was the formula of J.T. Childs et al.

Key words: ultrasound diagnostics, ultrasound volumetry, liver volume, liver size.

Citation: Izranov V.A., Ermakov A.V., Martinovich M.V., Kazantseva N.V., Stepanyan I.A. Modern approaches to liver volume assessment (an ex-vivo study) // Ultrasound and Functional Diagnostics. 2017. No. 6. P. 11–24. (Article in Russian)