

А.А. Бурлака

Національний інститут раку,
Київ, УкраїнаПЛАНУВАННЯ РОЗШИРЕНИХ
РЕЗЕКЦІЙ ПЕЧІНКИ

Ключові слова: розширені та «великі» резекції печінки, волюметрія, гостра печінкова недостатність.

Об'єм майбутнього залишку печінки (ОМЗП) є критичним чинником у гепатобілярній хірургії, оскільки він репрезентує потенційні фактори ризику гострої печінкової недостатності (ГПН) в післяопераційний період. Незважаючи на це, на сьогодні відсутнє єдине рішення в рамках консенсусу стосовно безпечного мінімального об'єму паренхіми культі печінки (КП) та вибору модальності розрахунку цього об'єму. **Мета:** аналіз результатів власного досвіду і сучасних даних літератури з метою прецизійного визначення оптимального підходу до виконання волюметрії при резекції печінки. **Об'єкт і методи:** у 15 клінічних випадках за результатами спіральної комп'ютерної томографії/магнітно-резонансної томографії (СКТ/МРТ) черевної порожнини ретроспективно виконано волюметрію. Досліджували дані пацієнтів, які перенесли розширені чи «великі» резекції печінки з приводу злоякісних новоутворень печінки та її метастатичного ураження. Розрахунок об'єму печінки та її секцій/сегментів виконували із використанням спеціалізованих програм Extended Brilliance Workstation, Philips, Eindhoven, the Netherlands; Onis 2.5 (<http://www.onis-viewer.com/ProductInfo.aspx?id=19>) та Varian Eclipse. **Результати:** доопераційний розрахунок ОМЗП, прецизійне вивчення варіантної судинної та біліарної анатомії печінки є критично важливими для зниження рівня хірургічних ускладнень, особливо при плануванні розширених резекцій. Необхідним етапом в доопераційному обстеженні при розрахунку мінімально допустимого об'єму тканини при плануванні «великих» резекцій є волюметрія печінки та її окремих анатомічних структур. Аналіз отриманих результатів та даних літератури свідчить про достовірний кореляційний зв'язок між ручним та напівавтоматичним методом виконання волюметрії печінки та її окремих сегментів/секцій. **Висновки:** МРТ- та СКТ-зображення рівноцінні та самодостатні за інформативністю при виконанні волюметрії печінки. Проведений аналіз рентгенологічних зображень продемонстрував, що ручна волюметрія із використанням незалежного програмного забезпечення дозволяє ефективно прогнозувати ОМЗП та ризику ГПН у післяопераційний період.

ВСТУП

Накопичення знань з анатомії та фізіології печінки, розвиток нових хірургічних та анестезіологічних технологій, покращення хіміотерапевтичного методу дозволили досягти значних успіхів у безпосередніх результатах хірургічного лікування, знизивши рівень післяопераційної смертності після резекцій до $\leq 5\%$. Крім того, в більшості спеціалізованих хірургічних центрів розширені резекції або «великі» (> 3 сегментів) гемігепатектомії стали рутинною практикою [1]. А передопераційна волюметрія печінки стала фундаментальним методом дослідження в гепатобілярній хірургії [2], адже достовірно відомо, що об'єм майбутнього залишку печінки (ОМЗП) є незалежним фактором ризику розвитку гострої печінкової недостатності (ГПН) в післяопераційний період та асоціюється з рівнем післяопераційних ускладнень і тривалістю стаціонарного відновлення хворого.

Згідно з формулюваннями останнього консенсусу, ГПН після резекції печінки — це втрата здатності до виконання енергетичної, синтетичної, екскреторної та детоксикаційної функцій; підвищення

концентрації загального білірубину в сироватці крові починаючи з 5-ї доби післяопераційного періоду [3]. Частота виникнення ГПН коливається в межах 1,2–32,0% і залежить від критеріїв селекції хворих та обсягу оперативного втручання [4]. Як вже зазначалося, у таких пацієнтів смертність у післяопераційний період перебуває в межах від 0 до 5%, а ГПН залишається її основним тригером [5].

Фактори, що впливають на перебіг ГПН, можна розділити на 3 групи: пацієнтзалежні (вік, діабет, ожиріння); паренхімазалежні (цироз, холестаз, стеатоз, токсичні ефекти хіміотерапії); хірургічнозалежні (кровотеча, окисно-індуковані пошкодження в результаті ішемії-реперфузії, сепсис, недостатній об'єм паренхіми культі печінки (КП)) [6]. Відомо, що після резекції печінки відбувається зменшення кількості функціонуючої паренхіми, а в гепатоцитах, які залишилися, одночасно активуються процеси регенерації, апоптозу та некрозу. Завдання, яке стоїть перед хірургом після резекції, — мінімізувати в тканині печінки, з якої сформована культя, процеси апоптозу і некрозу, зберігши адекватну синтетичну функцію [7]. Незважаючи на це, сьогодні немає уніфікованого прото-

колу визначення адекватного індивідуального об'єму паренхіми печінки, яку можна безпечно резектувати в тому чи іншому статусі пацієнта. Базуючись на власному досвіді та даних літератури, ми суб'єктивно встановили, що для хворих з умовно здоровою печінкою (відсутні хронічні вірусні хвороби, нормальні функціональні показники) ліміт для майбутнього залишку печінки перебуває в межах 20,0–30,0%, в іншому разі (цироз, холестаза, стеатоз) критично важливо збільшувати ОМЗП до 30,0–40,0% [8].

Принципи волюметрії. За останні 5 років було виконано низку тестувань сучасних модальностей проведення волюметрії КП та печінки. Оpubліковано дані про можливість виконання волюметрії печінки за показниками звичайного ультразвукового дослідження (УЗД) [9]; авторам вдалось досягти хороших кореляційних зв'язків із фактичним об'ємом зразків паренхіми печінки після резекції. Незважаючи на поширеність, описана методика не отримала загального визнання. Застосування більш сучасних методів (магнітно-резонансної томографії — МРТ, спіральної комп'ютерної томографії — СКТ) при плануванні розширених резекцій, трансплантації печінки та «великих» гепатектоміях продемонструвало високу точність та специфічність як при розрахунках об'єму трансплантата [10], так і при прецизійній квантифікації об'єму всього органа до планування резекцій [11]. Показано, що СКТ-волюметрія дозволяє визначати співвідношення показників ОМЗП до загального об'єму печінки (ЗОП) до та після резекції [2]. Такий підхід відіграє ключову роль у моніторингу ознак гіпертрофії та визначенні термінів виконання 2-го етапу резекції печінки при двоетапних та *in situ-split* резекціях печінки.

СКТ-волюметрія дозволяє оптимізувати планування ендоскопічного стентування позапечінкових жовчних протоків, враховуючи, що основним фактором, який визначає ефективність дренивання жовчного дерева після постановки стенту, є зменшення об'єму печінки більше ніж на 50% [12]. Запропоновано застосовувати СКТ-волюметрію для оцінки ефективності проведеної хіміотерапії у хворих із поширеним метастатичним процесом у печінці. Показано, що прогресування хвороби характеризується збільшенням медіани об'єму печінки у порівнянні зі стабілізацією та регресією [13].

Отримані в результаті реконструкції даних МРТ 3D-моделі печінки допомагають хірургам одержати достовірнішу інформацію про анатомію органа, що робить оперативні втручання більш прогнозованими та безпечними. Застосування регресійного аналізу отриманих результатів продемонструвало високий кореляційний зв'язок між СКТ-волюметрією та водотоннажним методом ($r = 0,985$). В експерименті було виявлено, що СКТ-волюметрія перевищує об'єм органа на 13,0% у порівнянні з водотоннажним методом визначення об'єму ($p < 0,0001$). Єдиним логічним поясненням цієї різниці може бути реперфузія крові [14]. У зв'язку з цим деякі ав-

тори запропонували застосовувати адаптаційні коефіцієнти, які дозволяють адаптувати волюметрію та зробити її більш реалістичною [15]. Зокрема, [16] запропонували формулу для проведення скринінгу донорів при підборі печінкового трансплантата й оцінки адекватності розмірів останнього, яка включає діаметр порталних вен за даними сонографії та СКТ-волюметрії печінки. З метою розрахунку стандартного об'єму печінки у дітей, яким планується трансплантація цього органа, запропонована інша формула: стандартний об'єм печінки = $689,9 \cdot$ площу поверхні тіла — $24,7$ [17]. Рівняння: інтраопераційна маса = $0,844 \cdot$ об'єм печінки за даними СКТ-волюметрії + $5,271$ — може бути корисним у прогнозуванні майбутньої маси трансплантата ($r = 0,885$) [15]. Існує повідомлення, що застосування показників ЗОП, розрахованих на основні формули з урахуванням площі тіла ($-794,41 + 1267,28 \cdot$ площа тіла людини), дозволяє виявити приблизно 11,0% хворих, у яких помилково занижена оцінка ризиків ГПН в післяопераційний період при СКТ-волюметрії [18]. Продемонстрована стійка кореляційна залежність ($r = 0,98$), яка підтвердила доцільність застосування формули розрахунку ОМЗП за показниками стандартизованої СКТ-волюметрії та площею поверхні чи індексом маси тіла хворого. Показано, що розрахунок ОМЗП на основі даних СКТ за допомогою формули (об'єм печінки = $706 \cdot$ площа поверхні тіла + $2,4$) може забезпечити адекватну оцінку КП до резекції. Такий підхід може бути корисним і у розрахунках після емболізації порталної вени (ЕПВ). При вивченні алгоритмів розрахунку ЗОП встановлено, що аналіз 3D-СКТ-волюметрії показав значний кореляційний зв'язок між безпосереднім та розрахованим об'ємами печінки за алгоритмами різних авторів: алгоритм Heidelberg показав зниження похибки у розрахунках, яка становила лише 1,2%; Kayashima та ін. розробили формулу з урахуванням віку, використавши регресійну модель та проаналізувавши ретроспективно 167 донорів: $70,767 + (0,703 \cdot$ об'єм трансплантата за даними 3D-СКТ-волюметрії) + $(1,298 \cdot$ вік донора). Медіана похибки при застосуванні формули із віковим показником становила 9,6%, що майже вдвічі менше, ніж при стандартних розрахунках [19]. Проте на сьогодні відсутнє єдине рішення в рамках консенсусу стосовно безпечного мінімального об'єму паренхіми КП та вибору модальності розрахунку цього об'єму.

З урахуванням вищевикладеного метою нашої роботи став аналіз результатів власного досвіду і сучасних даних літератури для прецизійного визначення оптимального підходу до виконання волюметрії при резекції печінки.

ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За результатами СКТ/МРТ черевної порожнини лікарі-рентгенологи ретроспективно виконали волюметрію у 15 клінічних випадках. Досліджува-

ли дані пацієнтів, які перенесли розширені чи «великі» резекції печінки з приводу злоякісних новоутворень печінки та її метастатичного ураження в Національному інституті раку в 2014–2015 рр. Розрахунок об'єму печінки та її секцій/сегментів виконували із використанням робочих СКТ станцій та спеціалізованих програм (Extended Brilliance Workstation, Philips, Ейндховен, Нідерланди; Onis 2.5 (<http://www.onis-viewer.com/ProductInfo.aspx?id=19>) та Varian Eclipse). Критеріями включення в дослідження були: анатомічність резекцій печінки, виконання СКТ та МРТ в одному центрі із застосуванням однакового протоколу сканування.

Статистичний аналіз даних проводили за пакетом STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2001). Нормальність розподілу змінних перевіряли тестом Шапіро — Вілка. Для порівняння незалежних вибірок із ненормальним розподілом використовували тест Манна — Уїтні. За критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймали $p = 0,05$.

У більшості досліджуваних хворих (80,0%) були проведені оперативні втручання на печінці з приводу метастатичної хвороби при колоректальному раку (КРР). Синхронні метастази виявлені у 7 (46,6%) пацієнтів, метахронність метастатичного ураження печінки була зареєстрована у 5 (33,3%) випадках. З приводу гепатоцелюлярної та холангіоцелюлярної карциноми були прооперовані 2 (13,3%) та 1 (6,6%) пацієнт відповідно. Серед проаналізованих хворих жінок було в 2 рази більше, ніж чоловіків, медіана віку становила $55,5 \pm 0,76$ років (табл. 1). У більшості випадків розрахунки волюметрії проводилися на основі СКТ-зображень (60,0%).

Таблиця 1

Характеристика хворих

Показники	n	%
Вік (медіана \pm СП)	$55,5 \pm 0,76$	
Стать (чоловіки/жінки)	5/10	33,3/66,7
СКТ/МРТ	9/6	60/40
Гепатоцелюлярна карцинома	2	13,3
Холангіоцелюлярна карцинома	1	6,6
Синхронні метастази КРР	7	46,6
Метахронні метастази КРР	5	33,3
Усього	15	100,0

СП — стандартна похибка.

Проаналізовано СКТ- та МРТ-зображення печінки за допомогою трьох видів спеціалізованого програмного забезпечення (Extended Brilliance Workstation, Philips; Onis 2.5; Varian Eclipse). Визначали як ЗОП, так і ОМЗП на предмет встановлення мінімально допустимого об'єму тканини, який забезпечить потреби організму. На момент виконання волюметрії лікар-рентгенолог не мав доступу до інформації щодо обсягу оперативного втручання та перебігу стану хворого в ранній післяопераційний період. Аналіз отриманих даних продемонстрував чітку кореляцію між застосуванням програмним забезпеченням (табл. 2). Так, значення медіани ЗОП статистично суттєво не відрізнялися при за-

стосуванні Philips Workstation, Onis 2.5 та Varian Eclipse ($p = 0,54$). Медіана ОМЗП дорівнювала $375,4 \pm 115,0$; $368,7 \pm 111,0$ та $397,9 \pm 110,0$ мм³ відповідно для вищеперерахованих програм ($p = 0,73$). Цікаво, що ми не зареєстрували достовірної відмінності за тривалістю виконання розрахунків ЗОП та ОМЗП ($p = 0,83$). Потрібно відмітити, що ручна волюметрія була найбільш тривалою як на Philips Workstation (42 хв), так і на Onis 2.5 (51 хв), тоді як напівавтоматичний метод (Varian Eclipse) дозволив економити час рентгенолога — тривалість виконання волюметрії становила 29 хв.

Таблиця 2

Розрахунок ЗОП та ОМЗП

Змінні	Програмне забезпечення			p
	Philips	Onis	Varian Eclipse	
ЗОП, мм ³	$1784,1 \pm 72,0$	$1763,3 \pm 94,0$	$1799,9 \pm 81,0$	0,54
ОМЗП (Seg 2,3 – ліва латеральна секція), мм ³	$375,4 \pm 115,0$	$368,7 \pm 111,0$	$397,9 \pm 110,0$	0,73
Тривалість виконання волюметрії, хв	$42,0 \pm 12,0$	$51,0 \pm 8,0$	$29,0 \pm 5,0$	0,83

За даними проведеного аналізу виявлено, що існує тенденція до збільшення ЗОП при виконанні волюметрії за допомогою програмного забезпечення від Varian Eclipse, тоді як використання для розрахунків Onis 2.5 та Philips Workstation демонструє дещо нижчі значення цього показника (рис. 1). Останнє можна пояснити принципами, закладеними в роботу програм. Зокрема, при роботі із Onis 2.5 лікар-рентгенолог визначає контури печінки вручну з урахуванням свого досвіду та знання анатомії, що, можливо, дозволяє виконувати більш точний аналіз. Тоді як напівавтоматичне програмне забезпечення (Varian Eclipse) може мати похибку при розрахунках, зумовлену нечітким контуром печінки та багатьма іншими факторами.

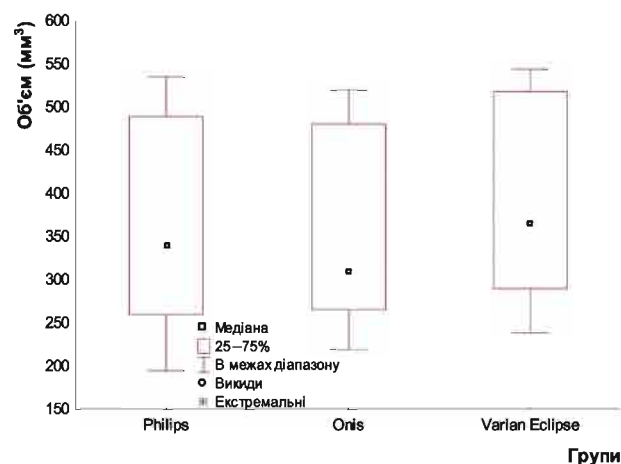


Рис. 1. Графічне зображення (2D Box Plots) медіани та стандартної похибки ЗОП залежно від методу обробки МРТ- та СКТ-сканів (Extended Brilliance Workstation, Philips; Onis 2.5 (<http://www.onis-viewer.com/ProductInfo.aspx?id=19>) та Varian Eclipse)

Подібна тенденція була зафіксована і при аналізі отриманих розрахунків ОМЗП (рис. 2). За допомогою програмного забезпечення Onis 2.5 рентгенолог

отримав статистично недостовірно меншу медіану ОМЗП ($p = 0,73$), проте з відносно більшою стандартною похибкою ($368,7 \pm 111$), ніж при використанні інших програм (див. рис. 2).

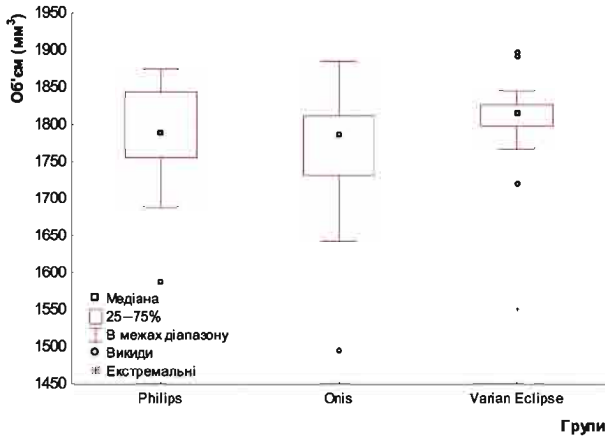


Рис. 2. Графічне зображення (2D Box Plots) медіани та стандартної похибки ОМЗП (Seg 2,3) залежно від методу обробки МРТ- та СКТ-сканів

КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК

Хворий М., 54 роки. Основний діагноз: Сг розвитку позапечінкових жовчних проток сT2bN0M0II стадія II, клінічна група IIa. Bismuth-Corlette IIIA стадія. Емболізація гілок портальної вени до Seg 4–8. Гіпертрофія Seg 2,3 (33,5%). **Ускладнення:** механічна жовтяниця (ендоскопічне стентування гепатикохоledoха). **Супутній діагноз:** ішемічна хвороба серця, дифузний атеросклероз, серцева недостатність 0–I стадії; цукровий діабет 1-го типу, компенсований перебіг.

СКТ-волюметрія даного клінічного випадку до та після ЕПВ була виконана з використанням вищеперерахованих трьох видів програмного забезпечення та додатково проаналізована групою незалежних рентгенологів в IRCAD (фр. Institut de Recherche contre le Cancer de l'Appareil Digestif), Париж, Франція, програмне забезпечення від VP Planing (<https://www.visiblepatient.com/planning/>). Приклади обробки зображення даного хворого представлені на рис. 3.

За останні декілька років було розроблено та впроваджено безліч методик розрахунку об'єму печінки, використовуючи дані зображень МРТ/СКТ. Першим був запропонований метод ручної волюметрії, однак через тривалість виконання методика не знайшла широкого застосування, проте і досі залишається актуальною. У недалекому минулому були винайдені автоматичний та напівавтоматичний способи сегментації, наприклад із використанням гістограмного аналізу кластерів [20]. К. Suzuki та ін. [21] розробили автоматичну схему розрахунку об'єму печінки за даними зображень СКТ та написали спеціалізовану програму для автоматичної волюметрії печінки, що на сьогодні вважається стандартом. Цікаво, що показники, отримані

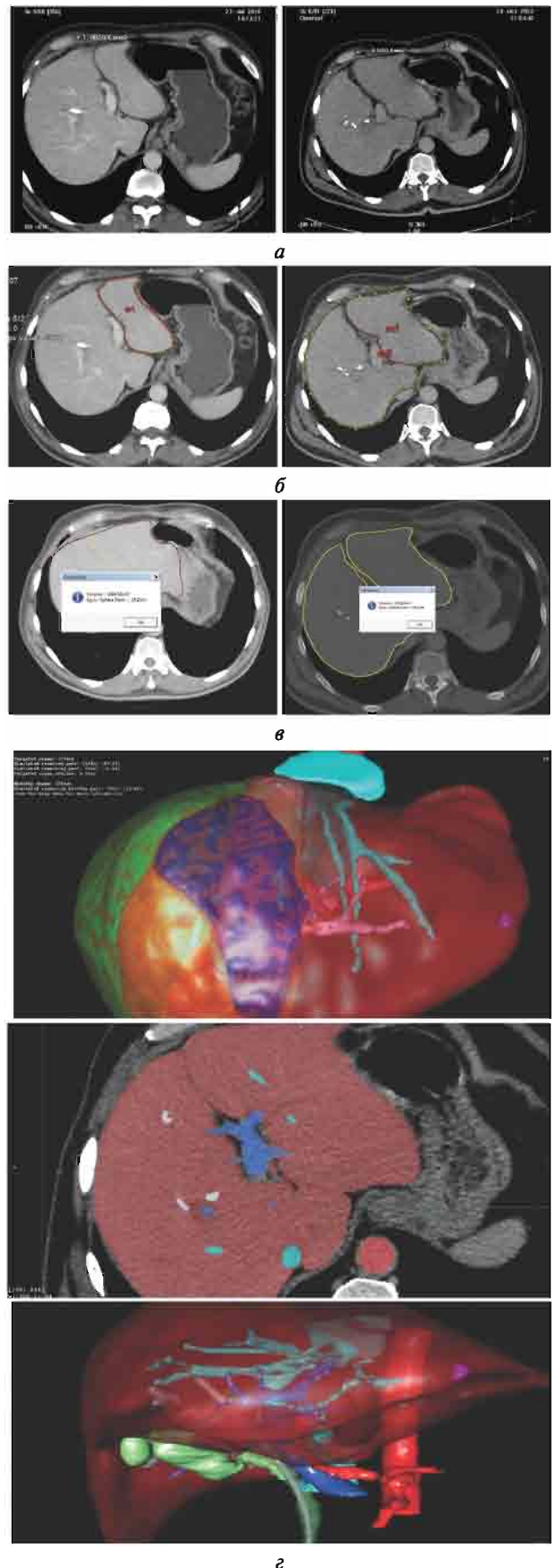


Рис. 3. Програмна обробка СКТ-зображень у 2D- та 3D-режимах під час виконання волюметрії ЗОП та ОМЗП: а — Extended Brilliance Workstation, Philips, Eindhoven, the Netherlands; б — Onis 2.5; в — Varian Eclipse; г — VP Planing

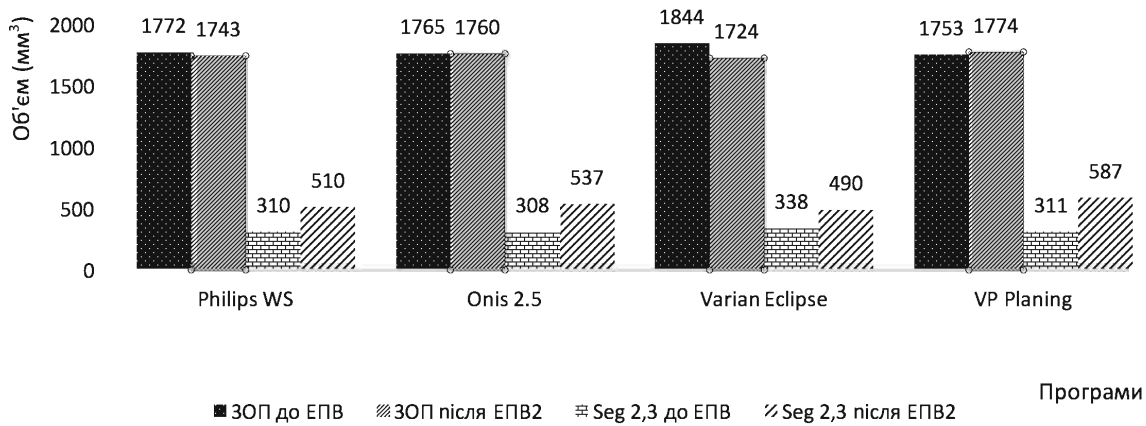


Рис. 4. Графічне зображення отриманих даних волюметрії ЗОП та ОМЗП хворого до та після ЕПВ за допомогою різного програмного забезпечення

при проведенні автоматичної, інтерактивної та ручної волюметрії в одного пацієнта, були рівнозначними (коефіцієнти кореляції між методиками становили 0,94 та 0,96). Автоматизована волюметрія потребувала < 1 хв на клінічний випадок; ручна — 40 хв на клінічний випадок, інтерактивна — приблизно 30 хв на клінічний випадок. Автоматичний метод виконання волюметрії печінки на основі аналізу даних СКТ у хворих, які очікували на трансплантацію, продемонстрував значну кореляцію із показниками *in vivo* ($r = 0,792$) [22]. Сильний кореляційний зв'язок між висотою та об'ємом печінки ($r = 0,767$, $p < 0,001$) показав, що виміри висоти печінки можуть дозволити швидко розрахувати її об'єм, тим самим зменшивши затрати часу на ручну сегментацію даних СКТ (рис. 4).

К. Suzuki та ін. [23] впровадили загальні принципи виконання сегментації СКТ/МРТ-зображень, використавши для цього анізотропний дифузійний фільтр (зниження рівня шумів зображення), специфічну шкалу градієнта магнітуди фільтра (підвищення чіткості країв печінки), алгоритм швидкого виявлення контурів органа та низку інших адаптаційних підходів. Описаний підхід комп'ютерної волюметрії печінки став золотим стандартом; порівняння показників, отриманих з його допомогою або ручним методом, свідчило про сильний кореляційний зв'язок (внутрішньогруповий коефіцієнт кореляції становив 0,94 та 0,98 відповідно) та мінімальні затрати рентгенолога в часі.

Останнім часом набирає широкого розповсюдження використання незалежного програмного забезпечення для волюметрії печінки при аналізі цифрових зображень від СКТ чи МРТ на персональному комп'ютері. Так, [24] провели порівняння ефективності програм ImageJ (<http://rsb.info.nih.gov/ij/download.html>) та OsiriX (<http://www.osirix-viewer.com>) при ретроспективній волюметрії даних СКТ у хворих, яким були виконані «великі» резекції печінки. Автори виявили значні кореляційні зв'язки між безпосереднім вивченням об'єму частини печінки, яку видаляли, *in vivo* та отриманим об'ємом за до-

помогою програм ImageJ та OsiriX на персональному комп'ютері ($r = 0,89$ та $0,83$ відповідно).

ВИСНОВКИ

Аналіз отриманих нами результатів і даних наукової літератури демонструє актуальність проведених досліджень та свідчать про достовірний кореляційний зв'язок між ручним та напівавтоматичним методом виконання волюметрії печінки або її окремих сегментів/секцій. Показано, що волюметрія печінки та її окремих анатомічних структур при плануванні «великих» резекцій є необхідним етапом в доопераційному обстеженні при розрахунку мінімально допустимого об'єму тканини у хворого. МРТ- та СКТ-зображення рівноцінні і самодостатні за інформативністю при виконанні волюметрії печінки. Проведений аналіз рентгенологічних зображень продемонстрував, що ручна волюметрія із використанням незалежного програмного забезпечення дозволяє ефективно прогнозувати майбутній ОМЗП та ризику ГПН у післяопераційний період.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Hosokawa I, Allard MA, Mirza DF, *et al.* Outcomes of parenchyma-preserving hepatectomy and right hepatectomy for solitary small colorectal liver metastasis: a LiverMetSurvey study. *Surgery* 2017; **162** (2): 223–32.
- Zappa M, Dondero F, Sibert A, *et al.* Liver regeneration at day 7 after right hepatectomy: global and segmental volumetric analysis by using CT. *Radiobiology* 2009; **252** (2): 426–32.
- Rahbari NN, Garden OJ, Padbury R, *et al.* Posthepatectomy liver failure: a definition and grading by the International Study Group of Liver Surgery (ISGLS). *Surgery* 2011; **149** (5): 713–24.
- Kawano Y, Sasaki A, Kai S, *et al.* Short- and long-term outcomes after hepatic resection for hepatocellular carcinoma with concomitant esophageal varices in patients with cirrhosis. *Ann Surg Oncol* 2008; **15** (6): 1670–6.
- van Mierlo KM, Schaap FG, Dejong CH, *et al.* Liver resection for cancer: new developments in prediction, prevention and management of postresectional liver failure. *J Hepatol* 2016; **65** (6): 1217–31.
- 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; **6** (4): 62–71.

7. Michalopoulos GK, DeFrances MC. Liver regeneration. *Science* 1997; **276** (5309): 60–6.
8. Guglielmi A, Ruzzenente A, Conci S, *et al.* How much remnant is enough in liver resection? *Dig Surg* 2012; **29** (1): 6–17.
9. Chapelle T, Or De Beeck B, Huyghe I, *et al.* Future remnant liver function estimated by combining liver volumetry on magnetic resonance imaging with total liver function on (99m)Tc-mebrofenin hepatobiliary scintigraphy: can this tool predict post-hepatectomy liver failure? *HPB (Oxford)* 2016; **18** (6): 494–503.
10. Lang H, Radtke A, Liu C, *et al.* Improved assessment of functional resectability in repeated hepatectomy by computer-assisted operation planning. *Hepatogastroenterol* 2005; **52** (66): 1645–8.
11. Aoyama M, Nakayama Y, Awai K, *et al.* A simple method for accurate liver volume estimation by use of curve-fitting: a pilot study. *Radiol Phys Technol* 2013; **6** (1): 180–6.
12. Vienne A, Hobeika E, Gouya H, *et al.* Prediction of drainage effectiveness during endoscopic stenting of malignant hilar strictures: the role of liver volume assessment. *Gastrointest Endosc* 2010; **72** (4): 728–35.
13. Kalkmann J, Forsting M, Stattaus J. Liver volume variations as a parameter to assess therapy response in advanced metastatic liver disease. *Onkologie* 2011; **34** (1–2): 30–4.
14. Numminen K, Sipilä O, Mäkisalo H. Preoperative hepatic 3D models: virtual liver resection using three-dimensional imaging technique. *Eur J Radiol* 2005; **56** (2): 179–84.
15. Karlo C, Reiner CS, Stolzmann P, *et al.* CT- and MRI-based volumetry of resected liver specimen: comparison to intraoperative volume and weight measurements and calculation of conversion factors. *Eur J Radiol* 2010; **75** (1): e107–e111.
16. Tongyoo A, Pomfret EA, Pomposelli JJ. Accurate estimation of living donor right hemi-liver volume from portal vein diameter measurement and standard liver volume calculation. *Am J Transplant* 2012; **12** (5): 1229–39.
17. Saeki I, Tokunaga S, Matsuura T, *et al.* A formula for determining the standard liver volume in children: a special reference for neonates and infants. *Pediatr Transplant* 2012; **16** (3): 244–9.
18. Ribero D, Amisano M, Bertuzzo F, *et al.* Measured versus estimated total liver volume to preoperatively assess the adequacy of the future liver remnant: which method should we use? *Ann Surg* 2013; **258** (5): 801–6.
19. Müller SA, Bläuer K, Kremer M, *et al.* Exact CT-based liver volume calculation including nonmetabolic liver tissue in three-dimensional liver reconstruction. *J Surg Res* 2010; **160** (2): 236–43.
20. Gao L, Heath DG, Kuszyk BS, Fishman EK. Automatic liver segmentation technique for three-dimensional visualization of CT data. *Radiology* 1996; **201** (2): 359–64.
21. Suzuki K, Epstein ML, Kohlbrenner R, *et al.* Quantitative radiology: automated CT liver volumetry compared with interactive volumetry and manual volumetry. *AJR Am J Roentgenol* 2011; **197** (4): W706–W712.
22. Nakayama Y, Li Q, Katsuragawa S, *et al.* Automated hepatic volumetry for living related liver transplantation at multisection CT. *Radiology* 2006; **240** (3): 743–8.
23. Suzuki K, Huynh HT, Liu Y, *et al.* Computerized segmentation of liver in hepatic CT and MRI by means of level-set geodesic active contouring. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2013; **2013**: 2984–7.
24. Dello SA, Stoot JH, van Stiphout RS, *et al.* Prospective volumetric assessment of the liver on a personal computer by nonradiologists prior to partial hepatectomy. *World J Surg* 2011; **35** (2): 386–92.

Summary. *The volume of the future liver stump (LS) is a critical factor in hepatobiliary surgery, since it represents potential risk factors for acute hepatic failure (AHF) in the postoperative period. Despite this, today there is no single solution within the consensus regarding the safe minimum volume of LS parenchyma and the choice of modality for calculating this volume. Objective: to analyze the results of own experience and recent literature data on precise determination of optimal approach for volumetry implementation for liver resection. Object and methods: in 15 clinical cases according to results of magnetic resonance imaging/computed tomography (MRI/CT) volumetric measurements were performed retrospectively on the abdominal cavity. The data of patients who have undergone extensive or «large» liver resections with regard to malignant neoplasms of the liver and its metastatic lesion have been studied. Calculation of liver volume and its sections/segments was performed using Extended Brilliance Workstation, Philips, Eindhoven, the Netherlands; Onis 2.5 (<http://www.onis-viewer.com/ProductInfo.aspx?id=19>) and Varian Eclipse. Results: pre-operative calculation of the volume of LS, precise study of variant vascular and biliary anatomy of the liver are critical for reducing the level of surgical complications, especially in the planning of «large» resections. The necessary stage in the preoperative examination, when calculating the minimum allowable volume of tissue in the planning of «large» resections, is volumetric liver and its individual anatomical structures. An analysis of the results and literature data shows a reliable correlation between the manual and semi-automatic method of performing liver volumetry and its individual segments/sections. Conclusions: MRI and CT images are equivalent, self-sufficient and high informative methods for liver volumetric implementation. The conducted X-ray image analysis demonstrated that manual volumetry using independent software allows to effectively predict the future volume of future LS and the risks of ALF in the postoperative period.*

Key Words: major and «large» liver resections, volumetry, acute liver failure.

Адреса для листування:

Бурлака А.А.
03022, Київ, вул. Ломоносова, 33/43
Національний інститут раку
E-mail: nir.burlaka@gmail.com

Отримано: 04.03.2019