

VOLUMETRIE JATER PŘED A PO EMBOLIZACI V. PORTAE – NAŠE ZKUŠENOSTI

VOLUMETRIC ANALYSIS OF LIVER BEFORE AND AFTER PORTAL VEIN EMBOLIZATION – OUR EXPERIENCE

původní práce

Monika Staňková¹
Vendula Trunčíková²
Tomáš Andrašina¹
Jakub Hustý¹
Vlastimil Válek¹

¹Klinika radiologie a nukleární medicíny LF MU a FN Brno

²Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

Přijato: 15. 9. 2017.

Korespondenční adresa:

MUDr. Tomáš Andrašina
Lékařská fakulta
Masarykovy univerzity a FN
Jihlavská 20, 625 00 Brno
e-mail andrasina.tomas@fnbrno.cz

Konflikt zájmů: žádný.

Práce vznikla v rámci projektu
MUNI/A/1083/2015
Grantové agentury MU.

Hlavní stanovisko práce

Práce hodnotí spolehlivost volumetrické analýzy při měření objemů jater před a po embolizaci portální žíly u pacientů připravovaných k resekční operaci jater, včetně vlivu použitého embolizačního materiálu a případné rekanalizace na nárůst objemu.

SOUHRN

Staňková M, Trunčíková V, Andrašina T, Hustý J, Válek V. Volumetrie jater před a po embolizaci v. portae – naše zkušenosti

Cíl: Zhodnotit nárůst zbytkového jaterního parenchymu (future liver remnant – FLR) před plánovaným resekčním výkonem jater u pacientů, kteří podstoupili embolizaci v. portae s přihlédnutím k použitému embolizačnímu materiálu. Dalším cílem je zhodnotit reprodukovatelnost volumetrické analýzy při měření objemů.

Metodika: Do retrospektivní studie bylo zahrnuto 36 pacientů připravovaných k resekčnímu výkonu jater, kteří podstoupili embolizaci v. portae ve Fakultní nemocnici Brno. Volumetrická analýza byla provedena na CT/MR před a po výkonu dvěma nezávislými radiology. Míra reprodukovatelnosti měření byla stanovena pomocí Pearsonova a Wilcoxonova korelačního koeficientu. Ke zhodnocení korelace mezi nárůstem FLR a použitým embolizačním materiálem byl použit párový t-test, stejně jako pro stanovení korelace mezi nárůstem FLR a rekanalizací porty.

Výsledky: Výkon embolizace porty proběhl u všech pacientů úspěšně s průměrným nárůstem FLR pro S2+3 o 4 %, pro levý lalok o 8 %. U 18 z nich došlo k rekanalizaci portálního řečiště. Objem S2+3 se zvětšil průměrně o 23 %, objem levého laloku o 30 %. Větší nárůst FLR byl prokázán při použití

Major statement

This thesis evaluates interobserver variability of volumetric analysis in the measurement of liver volumes before and after portal vein embolization in patients prior planned liver resection, including assessment of the influence of applied embolization material and eventual recanalization on the volume increase.

SUMMARY

Staňková M, Trunčíková V, Andrašina T, Hustý J, Válek V. Volumetric analysis of liver before and after portal vein embolization – our experience

Aim: To evaluate the increase in the future liver remnant (FLR) in patients prior to liver resection who underwent portal vein embolization, regarding applied embolization material. Another aim is to evaluate the interobserver variability of volumetric analysis for the measurement of volumes.

Methods: The total of 36 patients prior planned liver resection who underwent portal vein embolization in the University Hospital Brno were included in this retrospective study. Volumetric analysis was performed on CT/MRI before and after the procedure by two independent radiologists. The interobserver variability was determined by using Pearson and Wilcoxon correlation coefficient. The correlation between the increase in FLR and applied embolization material was determined by using pair t-test, as well as for the determination of correlation between the increase in FLR and recanalization of v. portae.

Results: The portal vein embolization was successful in all the patients with average increase in FLR by 4% for S2+3, by 8% for left liver lobe. Recanalization of v. portae occurred in 18 patients. The volume of S2+3

permanentních embolizačních materiálů ($p = 0,014$), vliv rekanalizace na změnu FLR prokázán nebyl ($p = 0,056$). Volumetrická analýza se prokázala být metodou hodnocení s velmi nízkou interindividuální variabilitou, Pearsonův korelační koeficient byl pro všechny parametry $> 0,9$ ($p < 0,001$).

Závěr: Při nedostatečné hodnotě FLR před resekčním výkonem jater je možné ji navýšit embolizací porty. Lepší výsledky lze dosáhnout při využití permanentních embolizačních materiálů. Ke stanovení hodnoty FLR lze využít volumetrickou analýzu, která má nízkou interindividuální variabilitu.

Klíčová slova: embolizace v. portae, FLR, hemihepatektomie, volumetrická analýza.

increased in average by 30%, the volume of left lobe by 30%. Major increase in FLR was proved using the permanent embolization agents ($p = 0.014$), the influence of recanalization was not proved ($p = 0.056$). Volumetric analysis shows to be a method of assessment with a very low interobserver variability; the Pearson correlation coefficient is > 0.9 ($p < 0.001$) for all the parameters.

Conclusion: In case of insufficient value of FLR before liver resection, it is possible to increase it with the portal vein embolization. The permanent embolization agents appear to be eligible. The volumetric analysis can be used for the determination of FLR, since it is a method with significantly low interobserver variability.

Key words: FLR, hemihepatectomy, portal vein embolization, volumetric analysis.

ÚVOD

Resekce jater je považovaná za zlatý standard léčby primárních i sekundárních maligních nádorů jater. Pětileté přežívání pacientů se v posledních dvou dekádách téměř zdvojnásobilo z 30 % na 60 % (1, 2). Počet operačních výkonů významně narůstá i kvůli zlepšující se perioperační péči, anesteziologickému monitoringu a vyvíjejícím se chirurgickým technikám (3, 4). Pokud lze resekci provést se zachováním dostatečného bezpečnostního lemu, velikost nádoru a počet ložisek již nemusí být limitací (5, 6). Proto je extrémně důležité odhadnout zbytkovou funkci jaterního parenchymu po resekci (FLR – future liver remnant) a tak předejít jaternímu selhání po úspěšně provedené operaci.

O maximálním možném rozsahu resekce se vede široká diskuse. Většina publikací se shoduje na minimální hranici FLR 20–25 % pro zdravá játra, 30 % u pacientů po chemoterapii a 40 % u pacientů s výrazně alterovanými jaterními funkcemi (7–9). Pokud je FLR nedostatečný, lze ho zvětšit embolizací větve portální žíly zásobující oblast určenou k resekci. Tento výkon vede k hypertrofii neembolizované části jater. Efekt této intervence se projeví za 4 týdny po jejím provedení a postupně se zvětšuje. Bylo prokázáno, že u pacientů s cirhózou předoperační embolizace portální žíly vede k významnému poklesu procenta pooperačního jaterního selhání (10).

K embolizaci používají různé materiály, permanentní i dočasné. V literatuře nejčastěji nalezneme práce o použití polyvinylových alkoholových částic, coilů, histoakrylu s lipiodolem, želatinové pěny (11, 12). Slibné výsledky přinesla i studie s použitím akrylátu (13).

Cílem práce je zhodnotit nárůst FLR po embolizaci porty pomocí semiautomatické volumetrické analýzy dat včetně stanovení objektivnosti a přesnosti této metody.

Tab. 1. Základní charakteristiky pacientů

Table 1. Basic patient characteristics

Charakteristika	Kategorie	n	%
diagnóza	hepatocelulární karcinom	4	11,1
	kolorektální karcinom	24	66,7
	jiné	8	22,2
použitý embolizační materiál	curaspon	21	58,3
	PHEMA	7	19,4
	contour mikročástice	9	22,3

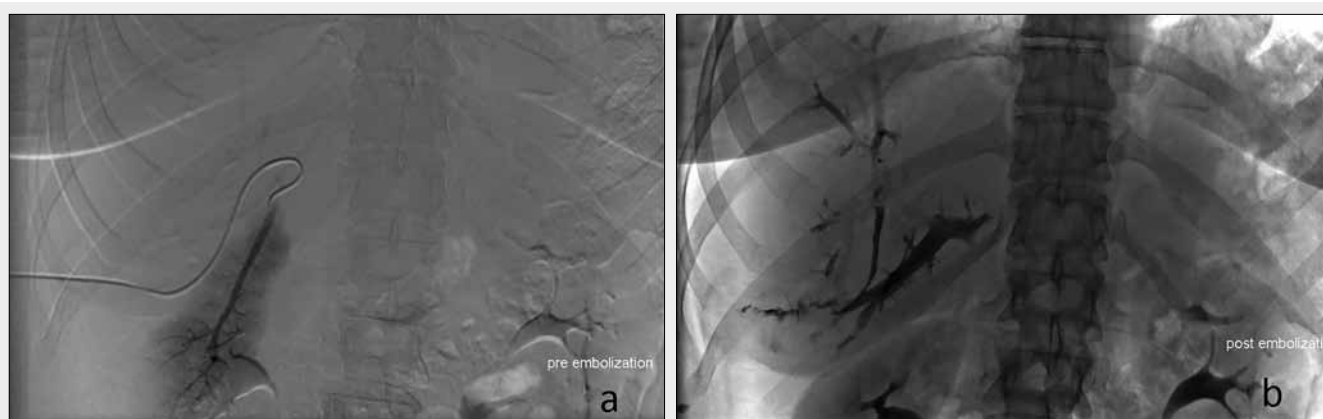
PHEMA – poly(2-hydroxyethylmethakrylát)

METODIKA

Ve Fakultní nemocnici Brno bylo v letech 2007–2016 provedeno celkem 52 výkonů embolizace porty, z toho čtyři pacienti podstoupili výkon dvakrát. Tříkrát byla embolizována levá větev v. portae, ve zbylých případech pravá. Do této studie bylo finálně začleněno 36 po sobě jdoucích pacientů (18 mužů a 18 žen) s ložisky jater, kteří podstoupili embolizaci větve portální žíly na našem pracovišti a jejichž vstupní a výstupní CT bylo dostupné v našem archivu se standardně provedenou portovenózní fází. Základní charakteristiky pacientů sumarizuje tabulka 1.

Embolizace portální žíly

Výkon proběhl ve všech případech v lokální anestezii, s analgosedací a dohledem týmu ARO, všichni pacienti podepsali informovaný souhlas. Po punkci portálního řečiště interkostálně bylo nejprve zobrazeno portální řečiště, následně převedeno na standardní instrumentarium, zaveden 5F katétr typu



▲ Obr. 1A

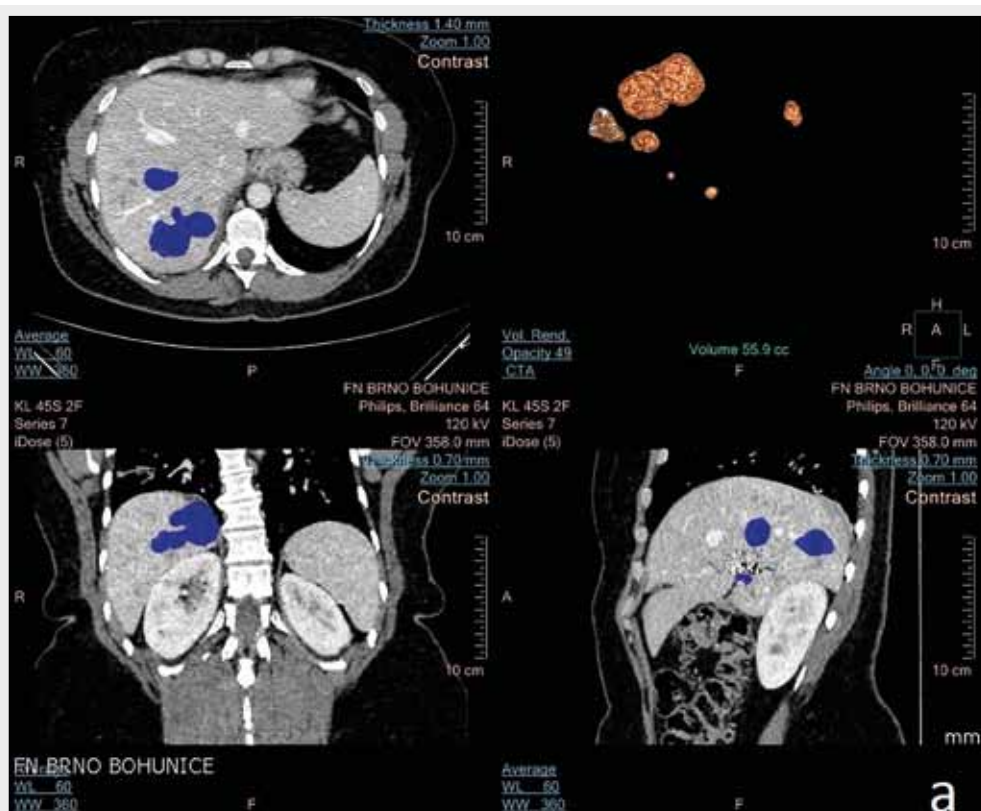
▲ Obr. 1B

Obr. 1. Před (A) a po (B) embolizaci pravé větve porty
 Fig. 1. Before (A) and after (B) the right portal vein embolization

SIM, proveden kontrolní nástřík k ozřejmění anatomických poměrů portálního řečiště.

Selektivně byl zaveden mikrokatétr do větvení pravé (levé) portální žíly, následně proběhla postupná embolizace pravostranných (levostranných) větví zvoleným materiálem, až finálně došlo k vyplnění pravostranného (levostranného) řečiště se zástavou jeho plnění. V posledních 2 letech pak byl ještě doplněn uzávěr spirálkami (coily) v případech, kdy to bylo technicky možné. Poté byl proveden závěrečný nástřík pro kontrolu volného plnění neembolizované části jaterního řečiště a zástavu plnění části embolizované. Nakonec byl embolizován punkční kanál při extrakci cévky (obr. 1).

Pro samotnou embolizaci byly použity tři typy materiálu (tab. 1): Dočasné agens Curaspon (Gelita Medical, Ebersbach, Německo), u jednotlivých pacientů použito od dvou do sedmi balení při jednom výkonu (medián 3), permanentní embolizační agens poly(2-hydroxyethylmethakrylát) – PHEMA (GEL-MED International, Praha, Česká republika), při jednotlivých výkonech použito 3 až 12 lahviček (medián 9) a Contour 45 až 150 mikročastice (Boston Scientific, Watertown, MA, USA), při jednotlivých výkonech podáno 3 až 11 balení (medián 8), v posledních 2 letech byl doplněn uzávěr coily. Ty byly použity celkem u 10 pacientů, z nichž tři byli embolizováni Curasponem a sedm z nich Contour mikročasticemi.



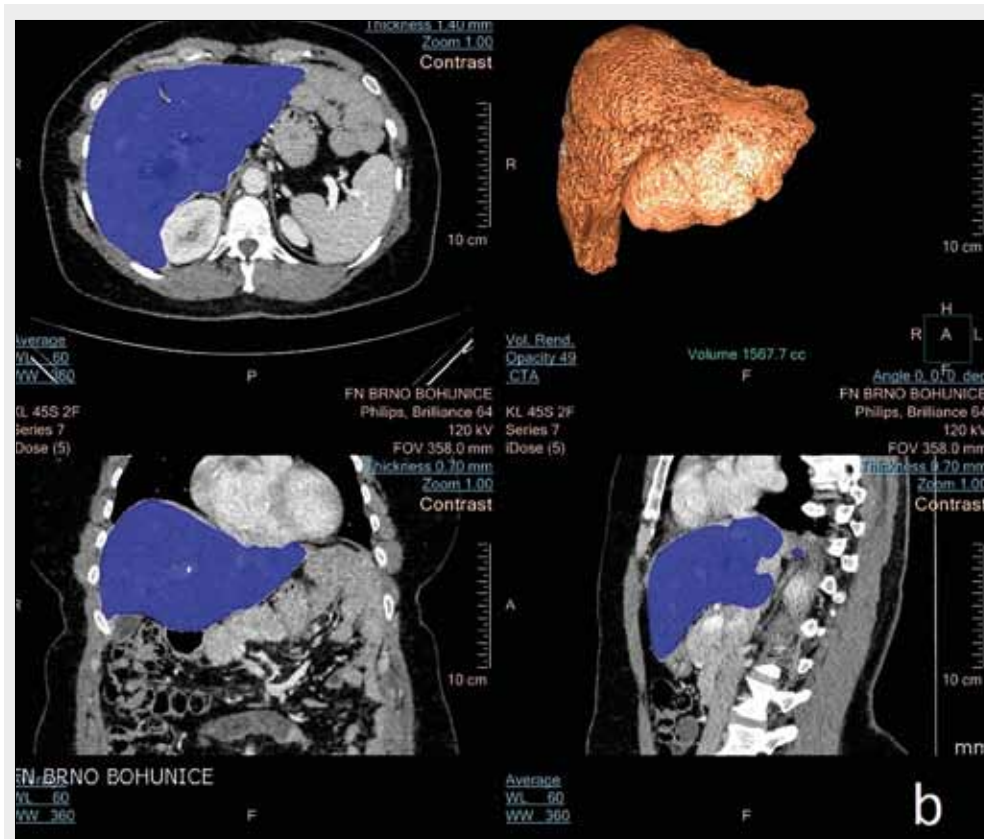
◀ Obr. 2A

a

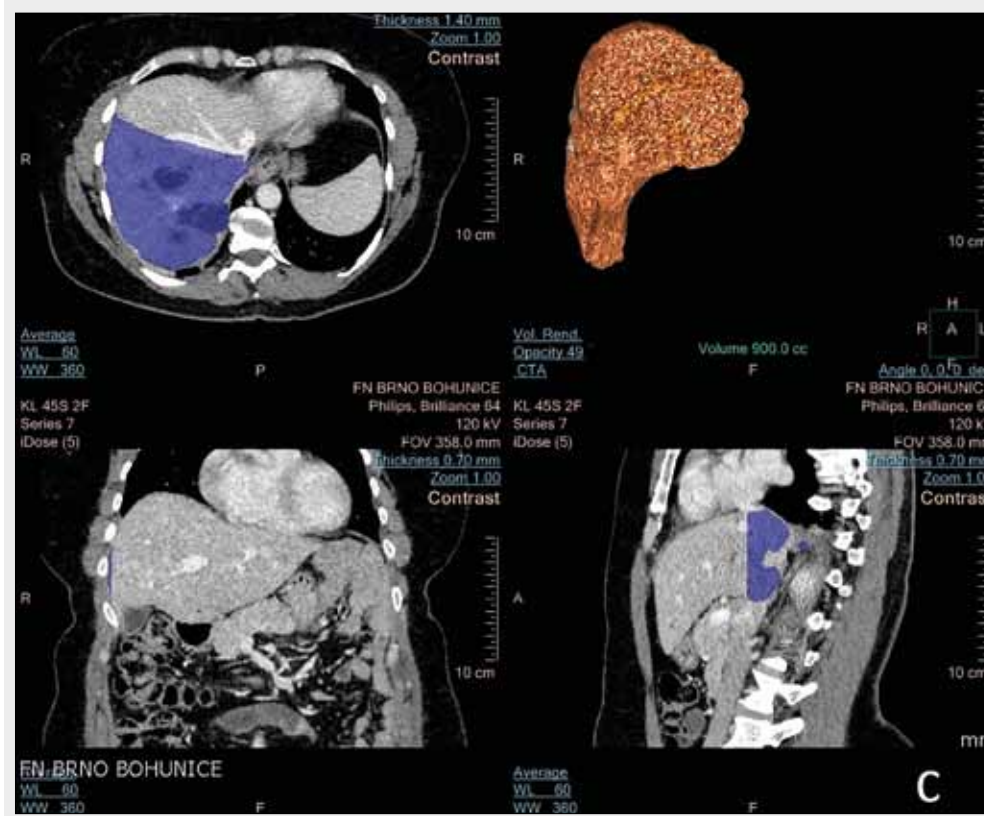
Volumetrické hodnocení

Volumetrické hodnocení bylo prováděno semiautomaticky dvěma nezávislými radiology 1 a 4 roky praxe s touto metodou pomocí programu Intellispace Portal 5,0 (Philips, Amsterdam, Nizozemí). CT vyšetření proběhlo na přístroji

Brilliance 64 (Philips, Amsterdam, Nizozemí), nativně i postkontrastně s použitím 125 ml kontrastní látky Iomeron400 (Bracco, Konstanz, Německo) ve 49 případech, 125 ml Optiray350 (Mallinckrodt, Stain-upon-Thames, Spojené království Velké Británie a Severního Irska) v 29 případech. Volumetrie byla měřena z portovenózní fáze na 5mm řezech. Hodnotili



◀ Obr. 2B



◀ Obr. 2C

Obr. 2. **Volumetrické hodnocení zbytkového objemu jaterního parenchymu** – měření objemu nefunkčního parenchymu (A), objemu jater (B) a stanovení resekční linie podél střední jaterní žíly (C)

Fig. 2. **Volumetric assessment of the future liver remnant** – measurement of the non-functional liver parenchyma (A), liver volume (B) and determination of the resection line along the middle hepatic vein (C)

Tab. 2. **Charakteristiky pacientů podle operátora**
 Table 2. **Patient characteristics by respective examiners**

	Operátor 1 ¹ (n = 39)	Operátor 2 ¹ (n = 39)	Diference ¹	p ²	Korelace ³	p ⁴
Klinické charakteristiky						
objem jater před embolizací (ml)	1685,39 ± 583,69	1684,41 ± 590,38	0,98 ± 53,09	0,851	0,947	< 0,001
	1577,90 (1000,70–3187,60)	1565,00 (980,00–3245,70)	– 4,70 (– 65,10–108,80)			
objem ložiska před embolizací (ml)	121,62 ± 231,21	124,41 ± 227,12	– 2,79 ± 14,8	0,031	0,998	< 0,001
	51,40 (5,70–577,10)	55,80 (6,00–591,10)	– 1,50 (– 25,70–18,80)			
objem levého laloku před embolizací (ml)	561,43 ± 262,84	561,36 ± 265,51	0,07 ± 25,61	0,884	0,995	< 0,001
	476,50 (262,50–1160,10)	484,00 (268,80–1185,00)	– 2,00 (– 36,80–51,50)			
objem s 2+3 před embolizací (ml)	241,98 ± 153,42	241,61 ± 151,68	0,38 ± 20,37	0,895	0,991	< 0,001
	205,80 (38,00–560,10)	226,60 (33,60–539,90)	– 0,30 (– 39,60–36,30)			
objem jater po embolizaci (ml)	1689,51 ± 601,01	1669,88 ± 613,59	19,62 ± 52,38	0,034	0,996	< 0,001
	1539,60 (1002,90–3195,10)	1540,00 (969,00–3228,40)	6,10 (– 41,90–99,80)			
objem ložiska po embolizaci (ml)	152,17 ± 260,79	151,37 ± 258,69	0,80 ± 10,07	0,202	0,999	< 0,001
	57,60 (7,40–801,90)	56,40 (6,50–783,00)	0,40 (– 20,70–18,90)			
objem levého laloku po embolizaci (ml)	680,07 ± 298,45	673,15 ± 300,71	6,91 ± 23,51	0,159	0,997	< 0,001
	664,60 (307,40–1304,70)	638,50 (279,60–1313,00)	9,40 (– 29,50–56,00)			
objem s2+3 po embolizaci (ml)	300,11 ± 177,55	295,81 ± 174,89	4,29 ± 57,97	0,521	0,946	< 0,001
	266,80 (49,30–658,20)	254,00 (31,00–638,10)	3,00 (– 45,80–35,60)			
FLR před embolizací	0,35 ± 0,08	0,36 ± 0,09	0,00 ± 0,02	0,494	0,969	< 0,001
	0,34 (0,30–0,50)	0,33 (0,25–0,52)	0,00 (– 0,06–0,04)			
FLR S2+3 před embolizací	0,15 ± 0,08	0,15 ± 0,08	0,00 ± 0,02	0,694	0,983	< 0,001
	0,14 (0,05–0,30)	0,14 (0,04–0,29)	0,00 (– 0,04–0,03)			
FLR po embolizaci	0,43 ± 0,10	0,43 ± 0,10	0,00 ± 0,02	0,994	0,974	< 0,001
	0,44 (0,27–0,59)	0,44 (0,27–0,60)	0,00 (– 0,03–0,03)			
FLR S2+3 po embolizaci	0,19 ± 0,09	0,19 ± 0,08	0,00 ± 0,04	0,357	0,881	< 0,001
	0,20 (0,04–0,37)	0,21 (0,03–0,35)	0,00 (– 0,04–0,03)			

¹ hodnoty uvedeny ve tvaru: 1. řádek – průměr ± směrodatná odchylka, 2. řádek – medián (5% percentil – 95% percentil)

² p-hodnota vypočtená na základě Wilcoxonova testu

³ hodnota Pearsonova korelačního koeficientu

⁴ p-hodnota odpovídající hodnotě Pearsonova korelačního koeficientu

Tab. 3. **Změny objemu po embolizaci portální žíly – tabulka uvádí nárůst jednotlivých objemů po embolizaci portální žíly. Výsledek je uveden ve formě průměru měření, v závorce jsou pak uvedeny nejnižší a nejvyšší hodnota souboru.**

Table 3. **Volume changes after portal vein embolization – table presents the increase of respective volumes after portal vein embolization. The result is presented as the average of the measurements. In the brackets, there is the lowest and the highest value of the group.**

	Operátor 1	Operátor 2	Průměr měření obou operátorů
nárůst objemu jater	4,18 (– 416,6–424,2) ml	– 14,52 (– 467–405,3) ml	– 5,17 ml
nárůst objemu s2+3	58,12 (– 180,3–328,1) ml	54,21 (– 151–326) ml	56,17 ml
nárůst objemu levého laloku	118,64 (– 146,4–389,7) ml	111,80 (– 155,4–393) ml	115,22 ml
nárůst objemu nefunkčního parenchymu	30,55 (– 185,1–278) ml	26,96 (– 216–273) ml	28,76 ml
nárůst FLR s2+3	4 % (– 16 %–25 %)	4 % (– 13 %–28 %)	4 %
nárůst FLR levého laloku	8 % (– 15 %–23 %)	8 % (– 21 %–22 %)	8 %

FLR – future liver remnant (zbytkový jaterní parenchym)

jsme poslední CT vyšetření před embolizací porty, které proběhlo 0–141 dnů před výkonem (průměr 35 dnů, medián 40,5 dne), a CT po embolizaci porty 7–57 dní po výkonu (průměr 31,3 dne, medián 44 dnů). Dřívější termín CT byl proveden pro horšení klinického stavu pacienta k vyloučení komplikací.

Měřeny byly následující parametry: objem nefunkčního parenchymu jater, objem celého jaterního parenchymu, objem S2 a S3 – simulován řez podél levé jaterní žíly a objem levého laloku – simulován řez podél střední jaterní žíly (obr. 2). FLR bylo z těchto parametrů vypočítáno jako objem parenchymu k zachování/objem jater – objem nefunkčního parenchymu.

Statistické hodnocení

Kompletní analýza byla provedena v softwaru IBM SPSS Statistics verze 23. 0. 0.0 (IBM Corporation 2015).

Popisná statistika klinických parametrů byla provedena na základě výpočtu průměru, směrodatné odchylky, mediánu, 5% percentilu a 95% percentilu. Testování statisticky významného rozdílu mezi dvěma operátory bylo provedeno pomocí Wilcoxonova párového testu. Pro zhodnocení korelace mezi operátory byl využit výpočet Pearsonova korelačního koeficientu a odpovídající p-hodnoty.

Pacienti byli rozděleni do dvou skupin podle typu použitého embolizačního materiálu (dočasný vs. permanentní) a dále

podle toho, zda na CT po embolizaci byla patrná rekanalizace portálního řečiště (kmene portální žíly nebo segmentárních větví). Byl proveden párový t-test k prokázání statisticky významného rozdílu v nárůstu FLR a objemu levého laloku jater po embolizaci v závislosti na tomto rozdělení.

VÝSLEDKY

Výkon embolizace porty proběhl úspěšně u všech pacientů, 30denní mortalita po výkonu byla 0%. Nejčastější komplikací byly febrilie a subfebrilie u pěti pacientů (14 %), jednu nauzeu a zvracení – dle klasifikace CIRSE (Evropské společnosti intervenční radiologie) „minor complication“ – méně významná komplikace (14). Zvládnuty pomocí nasazení antibiotické terapie empiricky. Významnějšími komplikacemi bylo jednou hemoperitoneum a jednou subhepatální hematom při poranění jaterního parenchymu, obojí řešeno konzervativně. V 18 případech (50 %) došlo k rekanalizaci embolizované větve porty nebo její segmentární větve, z toho 12 pacientů bylo embolizováno Curasponem, tři pacienti PHEMou a tři pacienti mikročasticemi Contour s coils.

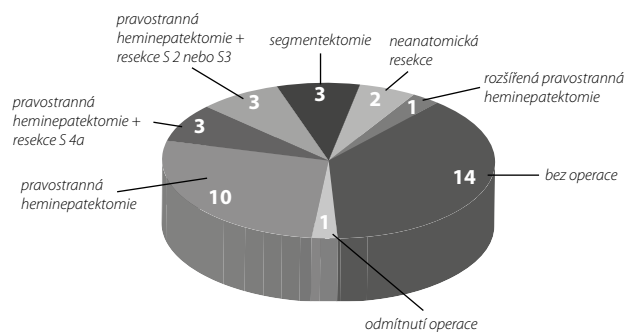
V hodnocení interobserver variability volumetrické analýzy jsme při hodnocení všech parametrů našli odlehklá pozorování, tj. hodnoty, ve kterých se měření lišila natolik, že rozdíly mezi nimi přesahují 95% limity shody (tab. 2). Bland-Altmanovy grafy (obr. 3a–3l) pro jednotlivé klinické parametry byly vykresleny v softwaru R verze 3. 2. 4. Pearsonův korelační koeficient pro jednotlivá měření byl ve všech případech > 0,9 (menší hodnota byla zjištěna pouze pro vypočtený parametr FLR), p-hodnota odpovídající hodnotě Pearsonova korelačního koeficientu byla ve všech případech < 0,001, tedy korelace se prokázala být statisticky významná. Hodnota p vypočtená na základě Wilcoxonova testu se ukázala statisticky významná (p < 0,05) pouze pro měření objemu ložiska před embolizací a objemu jater po embolizaci, tedy byla prokázána statisticky významná shoda mezi operátory pouze při hodnocení těchto parametrů.

Výsledky embolizace ve smyslu změny velikosti FLR jsou uvedeny v tabulce 3; u většiny nemocných došlo k hypertrofii neembolizovaného parenchymu jaterního – v případě S2+3 k nárůstu FLR u 31 pacientů, průměrně o 4 % (od 0,1 % do 19 %), a v případě levého laloku u 35 pacientů, průměrně o 8 % (od 0,5 % do 22,5 %). Co se týče objemu jaterního parenchymu, objem S2+3 se zvětšil v průměru o 56 ml (23 %), objem levého laloku o 115 ml (30 %). Výsledky jsou uvedeny jako výpočet průměru z měření obou operátů.

Při použití Curasponu jako dočasně embolizačního materiálu došlo k nárůstu FLR průměrně o 6 % a nárůstu objemu levého laloku o 25 %, zatímco při použití permanentních materiálů došlo k nárůstu FLR o 10 % a objemu levého laloku o 32 %. Tento rozdíl se ukázal být statisticky významným (p = 0,014).

Při srovnání nárůstu FLR ve skupině pacientů se zjištěnou rekanalizací větví v. portae a ve skupině bez rekanalizace jsme sice neprokázali statisticky významný rozdíl (p = 0,056), patrný je však negativní trend nízkého nárůstu FLR u pacientů s rekanalizací (nejčastěji právě u pacientů s použitím dočasně embolizačního agens).

Po embolizaci porty podstoupilo deset pacientů (28 %) pravostrannou hemihepatektomii, tři pacienti (9 %) pravostrannou



Graf 1. Resekční výkony u pacientů po embolizaci porty
Chart 1. Liver resections in patients after the portal vein embolization

nou hemihepatektomii + resekci S4a, další tři pacienti (9 %) pravostrannou hemihepatektomii + resekci S2 nebo S3, tři pacienti (9 %) segmentektomii, dva pacienti (5 %) neanatomicou resekci a jeden pacient (2 %) rozšířenou pravostrannou hemihepatektomii. Čtrnáct pacientů (38 %) nepodstoupilo žádnou resekční operaci, a to buď kvůli nedostatečné hodnotě FLR, nebo kvůli progresi onemocnění v mezidobí. Jeden pacient z nich operaci odmítl (graf 1). U žádného z nemocných po hepatektomii nedošlo k jaternímu selhání z důvodu nedostatečné funkce zbývajících parenchymu.

DISKUSE

CT volumetrie je v současné době standardním vyšetřením při plánování resekčních výkonů jater (15–17). Společně s hepatobiliární scintigrafií a vyšetřením retence indocyaninové zeleně (ICG), které je indikované zejména u předpokládané větší resekce jater u pacientů s chronickou difúzní jaterní lézí, patří mezi rutinní způsoby vyšetření funkčních rezerv jaterního parenchymu (18).

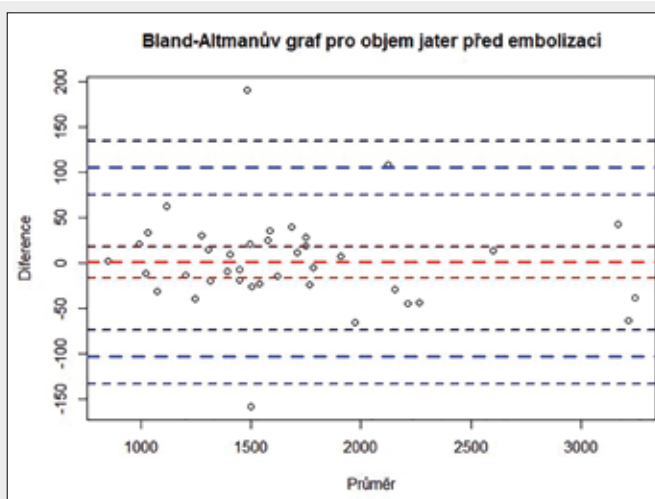
Volumetrie může být provedena automaticky, semiautomaticky nebo manuálně, přičemž ve studiích nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi přesností a dokonce ani mezi interindividuální variabilitou těchto měření, s časovou úsporou při využití automatických softwarů (19). Jako nejvýhodnější se jeví semiautomatické měření provedené i v naší studii, které je časově přijatelné náročné a zároveň předejde chybám při automatickém měření – např. při umístění léze v těsné blízkosti jiných struktur je automatický software nedokáže bezpečně rozlišit (20). V současnosti jsou semiautomatické volumetrické algoritmy dostupné ve většině běžných radiologických diagnostických stanic (Philips Portal, Siemens Volume, GE Healthcare Volume Viewer).

Díky statisticky významné vysoké shodě měření mezi operátory, která byla opakovaně prokázána i v zahraničních studiích (21–23), přičemž v některých z nich stejně jako v naší studii jeden z operátů nebyl radiolog-specialista, lze usoudit, že volumetrická analýza může být rutinně prováděna všemi lékaři na pracovišti, a to včetně neatestovaných. To činí tuto metodu využitelnou i pro běžný provoz. Je však nutné dodržovat standardní postupy při měření (nezahrnovat do měření žlučník, kmen porty; naopak zahrnout jaterní žíly, měřit striktně podle dohodnuté resekční linie, samozřejmostí je perfektní znalost anatomie).

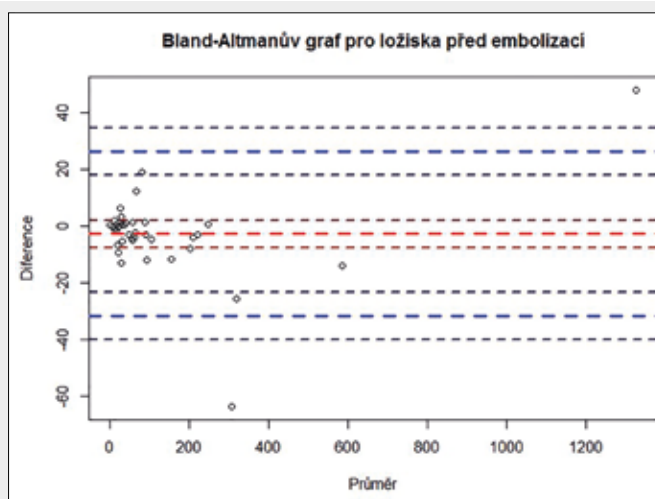
Jinou metodou odhadu FLR je odhad určení z velikosti povrchu těla dle vzorce: $\text{objem jater (ml)} = \text{velikost povrchu}$

těla $\times 1267 - 794$ (24). Bylo však prokázáno, že tato metoda odhadu má ve srovnání s CT volumetrií tendenci k nadhodnocování/podhodnocování objemu parenchymu o více než 5 % (25). Tento rozdíl může být zásadní při managementu terapie pacienta, ať už ve smyslu rizika provedení operace

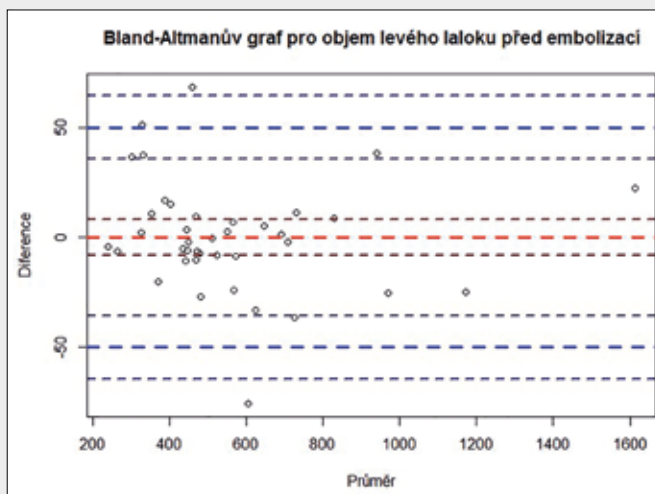
při nedostatečném FLR – a tedy následného jaterního selhání, nebo naopak k ustoupení od operace a nadbytečným výkonům typu embolizace porty při dostatečné hodnotě FLR, nebo zvolení jiného postupu s menším procentem kuraibility.



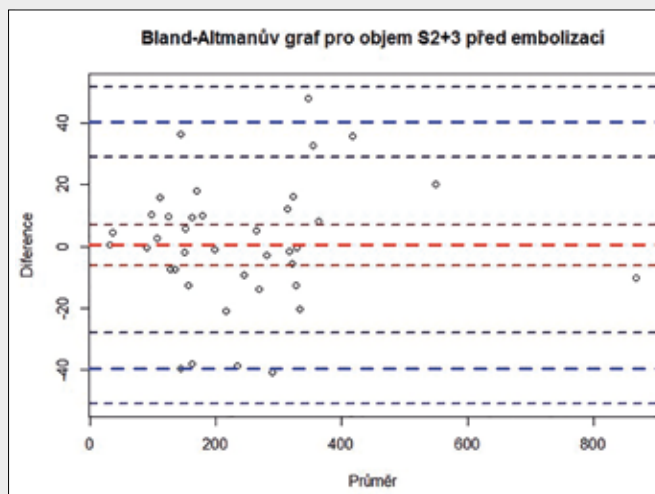
▲ Obr. 3A



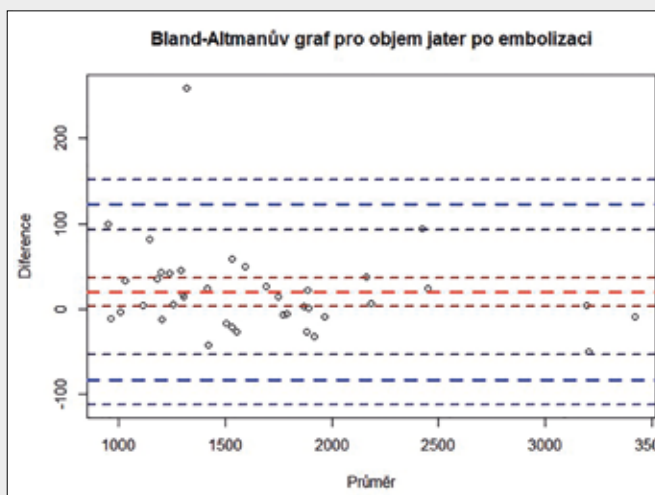
▲ Obr. 3B



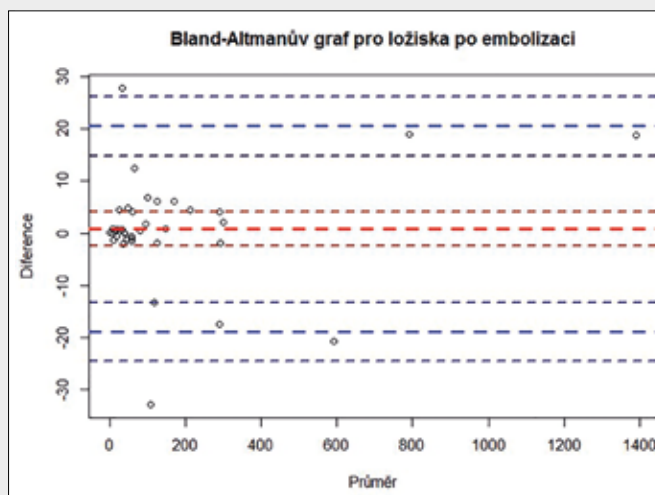
▲ Obr. 3C



▲ Obr. 3D

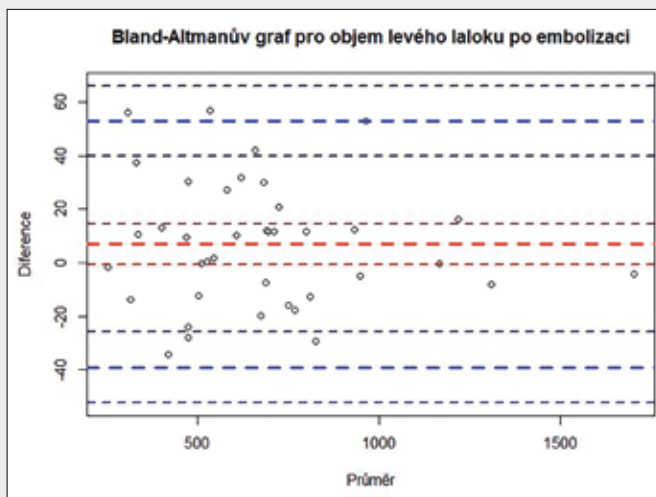


▲ Obr. 3E

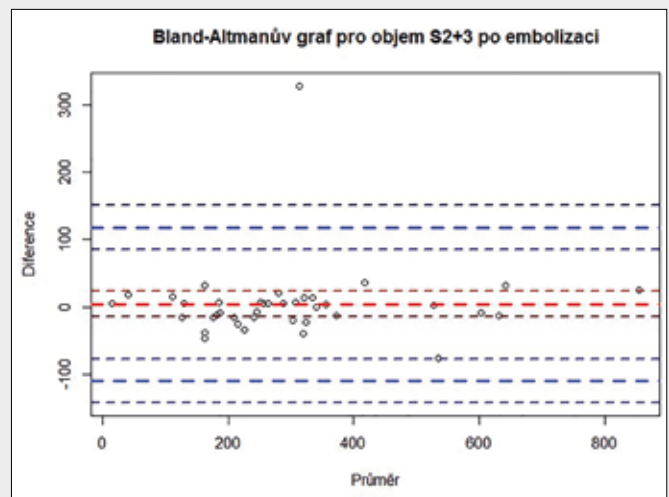


▲ Obr. 3F

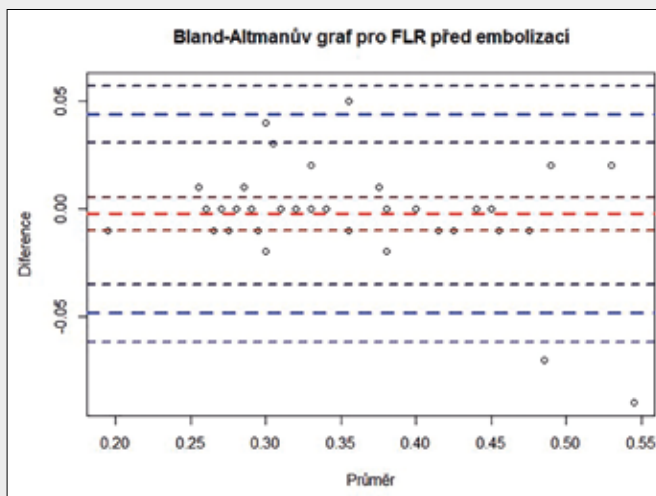




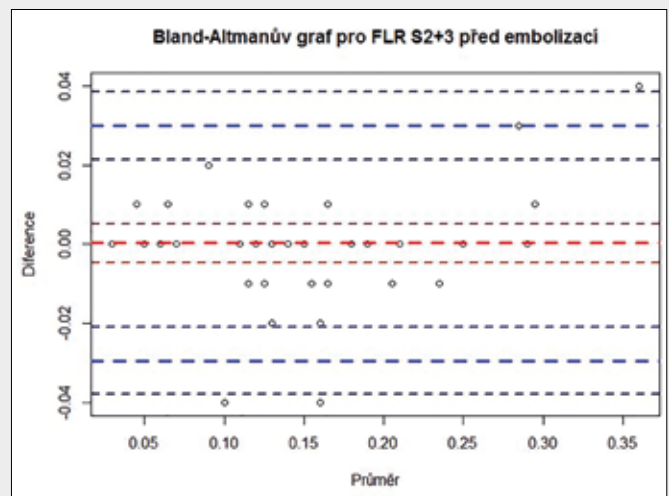
▲ Obr. 3G



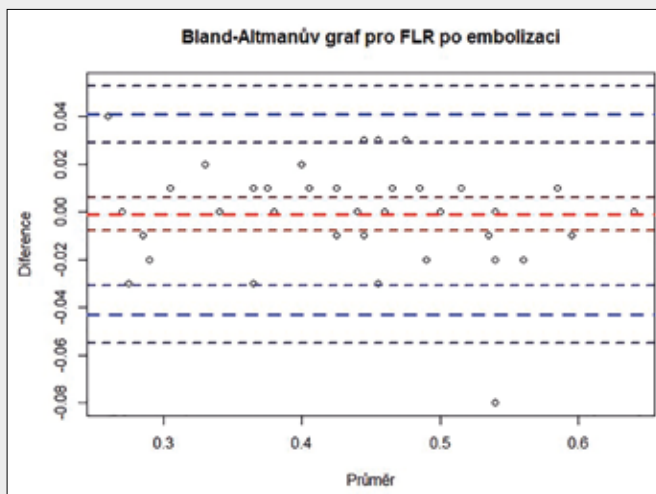
▲ Obr. 3H



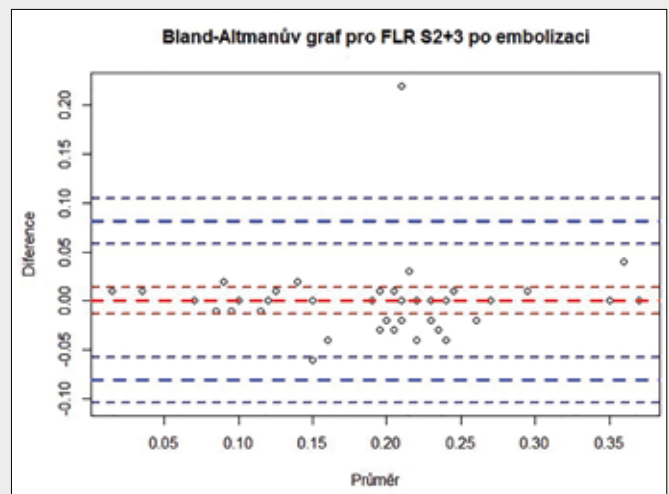
▲ Obr. 3I



▲ Obr. 3J



▲ Obr. 3K



▲ Obr. 3L

Obr. 3a–3l. **Bland-Altmanovy grafy pro jednotlivé charakteristiky.** Tučná červená čára představuje celkovou průměrnou diferencí. Okolní tmavší červené čáry zobrazují 95% interval spolehlivosti pro průměrnou diferencí. Tučné modré čáry znázorňují $\pm 1,96 \times$ násobek směrodatné odchylky diferencí. Okolní tmavší modré čáry představují 95% interval spolehlivosti pro násobky směrodatné odchylky.

Fig. 3a–3l. **Bland-Altman plots for respective characteristics.** The red bold line present the general average difference. The surrounding dark red lines present 95% confidence interval for the average difference. The bold blue lines present ± 1.96 times multiple of the difference standard deviation. The surrounding dark blue lines present 95% confidence interval for the multiples of the standard deviation.

Při resekčních výkonech je extrémně důležitá mezioborová spolupráce, především s chirurgy. Ti by v případě zvažované operace měli stanovit resekční linii, podél které je volumetrie přesně naměřena. Znalost anatomie je tedy pro oba obory klíčová. Je možné tak odhadnout FLR i pro atypické resekce, nebo v případě varietního cévního zásobení jater. Lze přistoupit i ke kombinaci metod chirurgie a intervenční radiologie: Provést peroperační radiofrekvenční ablaci (RFA) přímo během resekčního výkonu, což se jeví jako metoda s velice slibnými výsledky (26, 27).

Díky embolizaci porty bylo výrazně rozšířeno spektrum pacientů, kteří mohou podstoupit rozsáhlou operaci typu hemihepatektomie. Relativní atrofie embolizované části jater je způsobena nejen zástavou přívodu krve, ale i uvolňováním specifických hormonů a růstových faktorů, které vede k hypertrofii zbylého parenchymu. Ten se navíc stává i hlavní funkční jednotkou jater a díky změnám v tlaku v portálním řečišti lépe připraven na následující resekci s menším procentem morbidit (27). Tak mohou být díky nárůstu FLR operováni i pacienti, kteří byli před embolizací kategorizováni jako neresekabilní kvůli malému objemu zbytkového parenchymu.

Ačkoliv ve studiích nebyla prokázána závislost mezi použitým embolizačním materiálem a nárůstem FLR (11, 13, 14), naše zkušenosti svědčí pro výhodnější použití materiálů permanentních. Dále se uvádí, že použití Curasponu je spojeno s větším procentem rekanalizace (29, 30), což lze pozorovat i v našem souboru. U pacientů embolizovaných s použitím

permanentních materiálů došlo k signifikantně většímu nárůstu FLR.

Nejnovější studie přichází s alternativou ke zlatému standardu embolizace porty – a sice s radioembolizací, která prokazatelně vedla také k hypertrofii neembolizovaného parenchymu jater, ačkoli pomalejší oproti jiným metodám (31). Navíc cílí na samotný nádor v embolizované části, čímž může ovlivnit přežití i u pacientů, u kterých k resekci nedojde.

ZÁVĚR

Volumetrické hodnocení jater a stanovení FLR před plánovaným resekčním výkonem je v současné době zlatý standard pro odhad funkce zbytkového jaterního parenchymu. Při nedostatečné hodnotě FLR je možné ji navýšit embolizací porty, což vede k hypertrofii neembolizovaného parenchymu. Jako vhodné materiály se jeví permanentní embolizační agens, jakými jsou např. polymetakryláty nebo mikročástice s coils, od použití dočasných jsme na základě této studie zcela odstoupili.

Volumetrie se prokázala být metodou s velmi nízkou interindividuální variabilitou, takže by ji měl být schopen provádět samostatně každý lékař včetně neatestovaných. Lze tak říci, i že i méně zkušení lékaři jsou schopni relativně samostatně vyhodnotit nárůst FLR po embolizaci porty. Protože je stanovení přesné hodnoty FLR extrémně důležité pro další management terapie, na našem pracovišti je stále standardně prováděno druhé čtení volumetrického měření.

LITERATURA

1. **Choti MA, Sitzmann JV, Tiburi ME, et al.** Trends in long-term survival following liver resection for hepatic colorectal metastases. *Ann Surg* 2002; 235: 759–766.
2. **Abdalla EK, Vauthey JN, Ellis LM, et al.** Recurrence and outcomes following hepatic resection, radiofrequency ablation, and combined resection/ablation for colorectal liver metastases. *Ann Surg* 2004; 239: 818–825.
3. **Vauthey JN, Pawlik TM, Ribero D, et al.** Chemotherapy regimen predicts steatohepatitis and an increase in 90-day mortality after surgery for hepatic colorectal metastases. *J Clin Oncol* 2006; 24: 2065–2072.
4. **Pawlik TM, Scoggins CR, Zorzi D, et al.** Effect of surgical margin status on survival and site of recurrence after hepatic resection for colorectal metastases. *Ann Surg* 2005; 241: 715–722.
5. **Charnsangavej C, Clary B, Fong Y, et al.** Selection of patients for resection of hepatic colorectal metastases: expert consensus statement. *Ann Surg Oncol* 2006; 13: 1261–1268.
6. **Ribero D, Curley SA, Imamura H, et al.** Selection for resection of hepatocellular carcinoma and surgical strategy: indications for resection, evaluation of liver function, portal vein embolization, and resection. *Ann Surg Oncol* 2008; 15: 986–992.
7. **Zorzi D, Laurent A, Pawlik TM, et al.** Chemotherapy-associated hepatotoxicity and surgery for colorectal liver metastases. *Br J Surg* 2007; 94(3): 274–286.
8. **Azoulay D, Castaing D, Smail A, et al.** Resection of nonresectable liver metastases from colorectal cancer after percutaneous portal vein embolization. *Ann Surg* 2000; 231(4): 480–486.
9. **Abdalla EK, Adam R, Bilchik AJ, et al.** Improving resectability of hepatic colorectal metastases: expert consensus statement. *Ann Surg Oncol* 2006; 13: 1271–1280.
10. **Wichert DA, Miller R, de Haas RJ, et al.** Long-term results of two-stage hepatectomy for irresectable colorectal cancer for liver metastases. *Ann Surg* 2008; 248: 994–1005.
11. **van Lienden KP, van den Esschert JW, de Graaf W, et al.** Portal vein embolization before liver resection: a systematic review. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2013; 36(1): 25–34.
12. **Denys A, Prior J, Bize P, et al.** Portal vein embolization: what do we know? *Cardiovasc Intervent Radiol* 2012; 35(5): 999–1008.
13. **Peregrin JH, Kováč J, Kautznerová D, et al.** Embolizace portální žíly poly(2-hydroxyethylmethakrylátem) před rozsáhlou hepatektomií. *Ces Radiol* 2014; 68(2): 113–119.
14. **Denys A, Bize P, Demartines N, et al.** Quality improvement for portal vein embolization. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2010; 33: 452–456.
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: 107–111.
16. **Schindl MJ, Redhead DN, Fearon KC, et al.** The value of residual liver volume as a predictor of hepatic dysfunction and infection after major liver resection. *Gut* 2005; 54: 289–296.
17. **Rau HG, Schauer R, Helmberger T, et al.** Impact of virtual reality imaging on hepatic liver tumor resection: calculation of risk. *Langenbecks Arch Surg* 2000; 385: 162–170.

18. **Válek V, Kala Z, Kiss I, et al.** Maligní ložiskové procesy jater. Praha: Grada Publishing 2006; 244–245.
19. **Yoon JH, Lee JM, Jun JH, et al.** Feasibility of three-dimensional virtual surgical planning in living liver donors. *Abdom Imaging* 2015; 40(3): 510–520.
20. **Lodewick TM, Arnoldussen CWKP, Lahaye MJ, et al.** Fast and accurate liver volumetry prior to hepatectomy. *HPB* 2016; 18(9): 764–772.
21. **Gotra A, Chartrand G, Massicotte-Tisluck K, et al.** Validation of a semiautomated liver segmentation method using CT for accurate volumetry. *Acad Radiol* 2015; 22(9): 1088–1098.
22. **van der Vorst JR, van Dam RM, van Stiphout RS, et al.** Virtual liver resection and volumetric analysis of the future liver remnant using open source image processing software. *World J Surg* 2010; 34(10): 2426–2433.
23. **Lubner MG, Dustin Pooler B, del Rio AM, Durkee B, Pickhardt PJ.** Volumetric evaluation of hepatic tumors: multi-vendor, multi-reader liver phantom study. *Abdom Imaging* 2014; 39(3): 488–496.
24. **Ribero D, Abdalla EK, Madoff DC, et al.** Portal vein embolization before major hepatectomy and its effects on regeneration, resectability and outcome. *Br J Surg* 2007; 94(11): 1386–1394.
25. **Martel G, Cieslak KP, Huang R, et al.** Comparison of techniques for volumetric analysis of the future liver remnant: implications for major hepatic resections. *HPB* 2015; 17(12): 1051–1057.
26. **Cheung TT, Ng KK, Chok KS, et al.** Combined resection and radiofrequency ablation for multifocal hepatocellular carcinoma: prognosis and outcomes. *World J Gastroenterol* 2010; 16(24): 3056–3062.
27. **Feng K, Ma KS.** Value of radiofrequency ablation in the treatment of hepatocellular carcinoma. *World J Gastroenterol* 2014; 20(20): 5987–5998.
28. **Loffroy R, Favelier S, Chevallier O, et al.** Preoperative portal vein embolization in liver cancer: indications, techniques and outcomes. *Quant Imaging Med Surg* 2015; 5(5): 730–739.
29. **Kakizawa H, Toyota N, Arihiro K, et al.** Preoperative portal vein embolization with a mixture of gelatin sponge and iodized oil: efficacy and safety. *Acta Radiol* 2006; 47: 1022–1028.
30. **de Baere T, Roche A, Elias D, et al.** Preoperative portal vein embolization for extension of hepatectomy indications. *Hepatology* 1996; 24: 1386–1391.
31. **Teo JY, Allen, JC Jr., Ng DC, et al.** A systematic review of contralateral liver lobe hypertrophy after unilobar selective internal radiation therapy with Y90. *HPB* 2016; 18(1): 7–12.