

VLIV DENZITY A VELIKOSTI NEFROLITIÁZY NA VÝSLEDEK FLEXIBILNÍ URETERORENOSKOPIE S LASERTRYPSÍ KONKREMENTU

Impact of stone density and size on the effect of flexible ureterorenoscopy with laser lithotripsy

Iveta Štrajtová, Peter Dančík, Rostislav Kuldan

Městská nemocnice, Ostrava

Došlo: 6. 4. 2018

Přijato: 20. 8. 2018

Kontaktní adresa:

MUDr. Iveta Štrajtová

Městská nemocnice Ostrava

Nemocniční 898/20 A, 728 80 Ostrava-Moravská

Ostrava

e-mail: iveta.strajtova@email.cz

Střet zájmů: žádný

Prohlášení o podpoře:

Článek vznikl nezávisle bez podpory grantu. Statistické zpracování bylo provedeno ve spolupráci s Ústavem epidemiologie a ochrany veřejného zdraví Lékařské fakulty Ostravské univerzity.

SOUHRN

Štrajtová I, Dančík P, Kuldan R. Vliv denzity a velikosti nefrolitiázy na výsledek flexibilní ureterorenoskopie s lasertryspí konkrementu.

Úvod: Flexibilní ureterorenoskopie (URS) je endoskopická metoda, umožňující minimálně invazivním způsobem vizualizovat močové cesty do dutého systému ledviny a s použitím laseru

a extrakčních košíků efektivně odstranit konkrementy. V současnosti jsou poznatky o vlivu denzity konkrementu na efektivitu lasertrypse minimální. Většina dřívějších prací se zabývá možnou predikcí úspěšnosti rázové vlny (ESWL).

Cíl: Cílem této práce je zhodnotit možný vliv denzity konkrementu v HU z CT scanů na výsledek flexibilní URS s lasertryspí. Taktéž je ohodnocen vliv kumulativní velikosti dotčených nefrolitů.

Metodika: Pro práci jsme sestavili soubor celkem 109 pacientů, kterým byla v období od září 2008 do konce ledna 2016 na našem pracovišti provedena flexibilní URS z důvodu nefrolitiázy. Těmto pacientům bylo předoperačně provedeno CT ledvin a změřena kumulativní velikost konkrétních konkrementů a jejich denzita v Hounsfieldových jednotkách (HU). Po skončení operace byl na základě peroperačního nálezu, sonografie a rtg snímku zaznamenán výsledek. Subjekty byly rozděleny do tří skupin dle výsledku operace, v nichž byla poté navíc provedena korekce dle počáteční velikosti konkrementu. Výsledky endoskopie byly dány i do souvislosti s velikostí nefrolitů.

Výsledky: Výsledky flexibilní URS se po vyhodnocení lišily v závislosti na velikostních skupinách. Nejednalo se o korelaci mezi výsledným efektem

operace a počáteční denzitou. Po přepočítání výsledků v jednotlivých velikostních skupinách jsme také nezaznamenali souvislost zkoumaného vztahu. Při zaměření na velikost konkrementu jsme zaznamenali výrazný vztah ve smyslu nepřímé úměrnosti.

Závěr: Zhodnocením souboru pacientů po provedení flexibilní URS jsme neprokázali významný vztah mezi denzitou konkrementu v HU a efektem operace. Naopak jsme potvrdili korelaci mezi kumulativní velikostí nefrolitu a výsledky endoskopie.

KLÍČOVÁ SLOVA

Flexibilní URS, denzita konkrementu, velikost konkrementu.

SUMMARY

Štrajtová I, Dančík P, Kuldan R. Impact of stone density and size on the effect of flexible ureterorenoscopy with laser lithotripsy.

Introduction: Flexible ureterorenoscopy (URS) is an endoscopic method which allows visualization of the urinary tract into the kidney in a minimally invasive way. It also allows us to remove stones with using laser and extraction baskets. At present, the knowledge about the impact of stone density on the effect of laser lithotripsy is insufficient. Most previous work deals with a possible prediction of shock wave lithotripsy (ESWL) success.

Purpose: The aim of this work is to evaluate the possible influence of stone density in Hounsfield units (HU) on CT scans on the result of flexible URS with laser lithotripsy. Also, the influence of cumulative stone size of specific nephroliths is evaluated.

Methods: For the work, we compiled a total of 109 patients which have undergone the flexible URS for nephrolithiasis in our department since September 2008 to January 2016. In these patients, CT scans had been preoperatively obtained and also cumulative stone size and density in HU had been measured. After the surgery, the result was recorded with using peroperative process, ultrasonography and X-ray imaging. Subjects were divided into 3 groups according to surgery results. In these groups, the correction by initial stone size

was made. The endoscopy results were also connected with stone size.

Results: The results of the flexible URS varied depending on the size groups. There was not a correlation between the resultant surgery effect and the initial density. After recalculating the results in the individual size groups we also didn't record any connection in the studied relationship. When we focus on the stone size, we have noticed a significant relationship in terms of indirect proportion.

Conclusion: By evaluating the whole patient group after flexible URS, we didn't demonstrate a significant relationship between stone density in HU and the surgery effect. On the contrary, we confirmed the correlation between the stone cumulative size and endoscopy results.

KEY WORDS

Flexible ureterorenoscopy, stone density, stone size.

.....

ÚVOD

V současnosti je flexibilní URS považována za moderní metodu umožňující mimo jiné efektivní řešení litiázy v oblasti kalichopánvičkového systému (KPS) ledviny. Její přední výhodou je bezpochyby miniinvasivita a ve spojitosti s laserem a speciálními nitinolovými košíky možnost dosáhnout stone-free stavu často již při první intervenci. Podle guidelines EAU z roku 2018 nemá URS specifickou kontraindikaci a lze ji provést i u pacientů, kde je perkutánní přístup rizikový (např. při antitrombotické terapii a krvácivých stavech). Vzrůstající význam této metody dokládá také to, že oproti dřívějším jednoznačným preferencím extrakorporální rázové vlny (ESWL) je nyní řazena URS na stejnou úroveň, tedy jako metoda první volby, při řešení nefrolitiázy do 2 cm velikosti v oblasti pánvičky, středního a horního kalichu, v případě dolního kalichu je dokonce upřednostňována (1, 2).

Vzrůstající význam flexibilní ureterorenoskopie je jasně patrný ve statistickém přehledu provedených urologických výkonů, uveřejněném v České

urologii v roce 2016. Od roku 2009 je nárůst počtu provedených flexibilních URS více než dvojnásobný (3).

Při výběru nejvhodnější metody léčby hraje vedle umístění nezpochybnitelnou roli velikost konkrémentu (1). Neméně důležitou a v posledních letech zkoumanou charakteristikou je i denzita konkrémentu, měřená nejčastěji v Hounsfieldových jednotkách (HU) z CT snímků. Výpočetní tomografie dokáže zachytit téměř všechny druhy konkrémentů, bez ohledu na jejich složení, a stává se tak senzitivnější metodou v diagnostice urolitiázy než nativní rtg snímek. Všechny konkrémenty, s výjimkou vzácných indinavírových kamenů, jsou tedy na CT zobrazitelné. Přínos CT však nespočívá pouze v detekci urolitiázy a změření velikosti, ale i v možnosti změřit její denzitu. Nabízí se myšlenka, že čím vyšší denzita konkrémentu, tím vyšší je obsah vápníku, a tedy lze na základě denzity odhadnout chemické složení konkrémentu (4). Tento fakt ověřoval ve studii se 154 pacienty v letech 2008–2010 Fogl. Statisticky významný rozdíl v denzitách byl zjištěn pouze mezi urátovými a oxalátovými konkrémenty. U ostatních typů konkrémentů nebyla míra korelace mezi denzitou a chemickým složením významná. Nelze tedy potvrdit původní domněnku, že na základě denzity lze určit chemické složení konkrémentu (5). Otázkou však je, zda může denzita korelovat s efektivitou endoskopické lasertrypse.

MATERIÁL A METODIKA

Pro hypotézu vlivu denzity na výsledek flexibilní URS s použitím laseru jsme v retrospektivní studii vybrali soubor 109 pacientů, kterým byla na

našem pracovišti od září 2008 do konce ledna 2016 provedena flexibilní URS pro diagnózu nefrolitiázy. Tito pacienti měli předoperačně provedeno CT vyšetření ledvin, na němž jsme změřili velikosti a denzitu dotčeného konkrémentu. Velikost konkrémentu byla měřena jako kumulativní velikost, tzn. jako součet nejdelších rozměrů všech konkrémentů, jež byly operačně odstraňovány. Denzitu jsme měřili v Hounsfieldových jednotkách jako průměrnou denzitu ve středu nejdelšího rozměru konkrémentu.

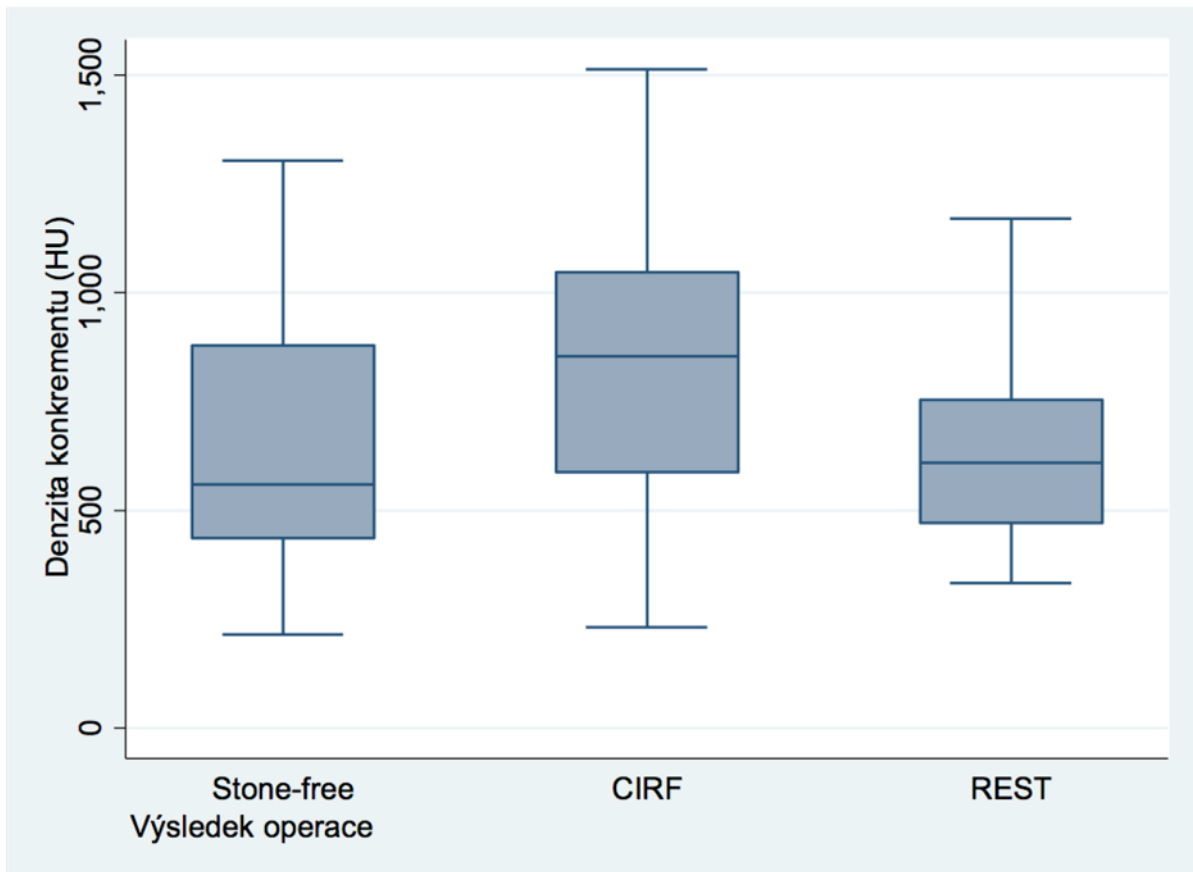
Po skončení operace byl pooperační náález vyhodnocen pomocí peroperační video vizualizace, sonografie a rtg snímků. Pacienty jsme dle výsledku rozdělili do tří skupin na: stone-free (zcela bez zbytkové litiázy či fragmenty do 1 mm), clinically insignificant residual fragments (CIRF, fragmenty do 4 mm včetně) a clinically significant residual fragments (REST, rezidua nad 4 mm). V těchto skupinách jsme vždy určili nejnížší, nejvyšší a průměrnou denzitu konkrémentu v HU. Vzhledem ke zkreslení výsledků počáteční velikosti konkrémentu bylo nutno pacienty následně kategorizovat do tří skupin dle velikosti, v nichž byl pro každou skupinu zvlášť vyhodnocen výsledek ve vztahu denzity a výsledku operace. První skupinu tvořily subjekty s kumulativní velikostí konkrémentu do 7 mm včetně, druhou skupinu od 7 do 20 mm včetně a třetí skupina obsahovala konkrémenty nad 20 mm. Pro úplnost jsme vyhodnotili i vztah počáteční velikosti konkrémentu k výsledku operace.

Na našem pracovišti provádíme endoskopické výkony ve vývodných močových cestách flexibilním ureterorenoskopem Olympus Ch 8,4, k trypsi využíváme Ho:YAG laser. Při extrakci pra-

Tab. 1. Srovnání denzity konkrémentu dle výsledku operace bez rozlišení počátečního stavu

Tab. 1. Comparison of the stone density according to the result of the operation without distinguishing the initial state

Výsledek operace	Denzita konkrémentu (HU)						test trendu
	počet	medián	ar. průměr	sd	min.	max.	p-hod.
Stone-free	62	560,5	636,8	278,40	215	1303	0,367
CIRF	22	854,0	848,8	325,17	232	1513	
REST	25	611,0	649,6	240,62	334	1169	
sd – směrodatná odchylka							



Graf 1. Srovnání denzity konkrementu dle výsledku operace bez rozlišení počátečního stavu v grafu

Chart 1. Comparison of the stone density according to the result of the operation without distinguishing the initial state in the chart

cujeme s nitinolovými košíky NGage firmy Cook. Při zavádění flexibilního přístroje do dutého systému ledviny s výhodou zavádíme ureterální sheat Flexor Ch 12 firmy Cook. V souboru pacientů ne všem byl zaveden ureterální sheat. Rozhodovali jsme se na základě anatomických poměrů, tedy v případě gracilního až stenotického močovodu jsme postupovali pouze flexibilním ureterorenoskopem zaváděným buď s, nebo bez pomoci hydrofilního vodiče. Taktéž jsme použili sheat v případě prestentingu (např. po akutním zavedení stentu při zánětu).

Pro popis dat byla použita popisná statistika (medián, aritmetický průměr, směrodatná odchylka, frekvenční tabulka). Pro statistické testování rozložení pacientů dle počáteční velikosti ve skupinách v souvislosti s výsledky operace byl použit Fisherův exaktní test. Pro testování závislosti výsledku operace na denzitě konkrementu byl použit test trendu pro ordinální zna-

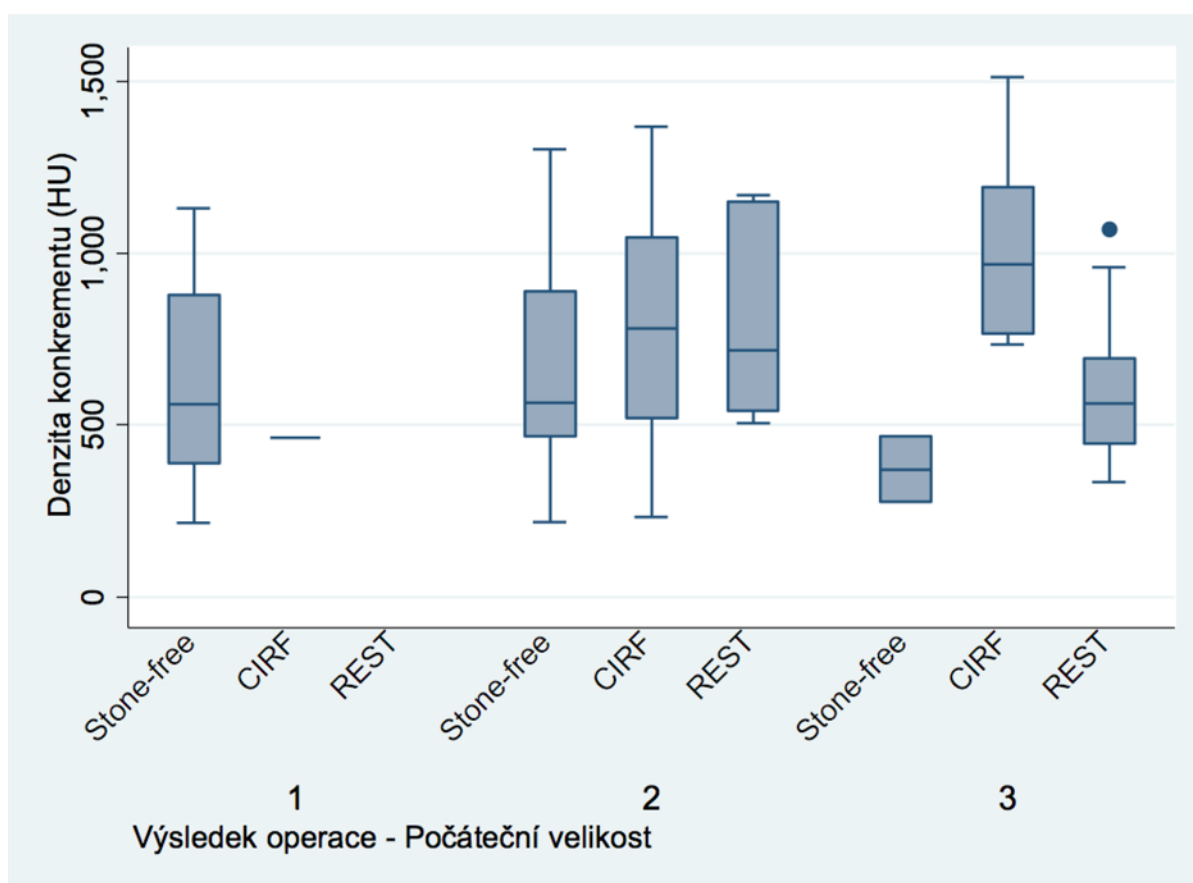
ky. Statistické testy byly hodnoceny na hladině významnosti 5 %. Pro grafické znázornění byly použity boxové grafy (dolní hranice boxu – 25. percentil, uvnitř boxu vyznačen medián, horní hranice boxu – 75. percentil). Pro statistické zpracování dat byl použit program Stata verze 13.

VÝSLEDKY

Výsledky flexibilní URS se po vyhodnocení lišily v závislosti na velikostních skupinách. Před korekcí dle velikosti jsme u všech stone-free výsledků zaznamenali nejnižší denzitu 215 HU, nejvyšší 1 303 HU a průměrnou 636,81 HU. U výsledků CIRF se jednalo o denzity 232 HU, 1 523 HU a 848,82 HU. Nakonec pro REST byly výsledky 334 HU, 1 169 HU a průměrná hodnota 649,56 HU. Nejvyšší střední hodnota denzity byla zjištěna u skupiny CIRF. Mezi středními hodnotami denzity v závislosti na vý-

Tab. 2. Srovnání denzity konkrementu dle výsledku operace s rozlišením počátečního stavu**Tab. 2.** Comparison of the stone density according to the result of the operation with the resolution of the initial state

Počáteční velikost	Výsledek operace	Denzita konkrementu (HU)						test trendu
		počet	medián	ar. průměr	sd	min.	max.	p-hod.
1	Stone-free	27	560,0	620,7	275,92	215	1 130	-
	CIRF	1	461,1	461,0		461	461	
	REST	0						
2	Stone-free	33	564,0	666,1	282,45	217	1 303	0,166
	CIRF	14	781,0	792,0	326,85	232	1 368	
	REST	6	716,0	799,0	293,32	504	1 169	
3	Stone-free	2	370,5	370,5	135,06	275	466	0,424
	CIRF	7	967,0	1017,9	269,57	734	1 513	
	REST	19	562,0	602,4	208,58	334	1 070	

**Graf 2.** Srovnání denzity konkrementu dle výsledku operace s rozlišením počátečního stavu v grafu**Chart 2.** Comparison of the stone density according to the result of the operation with the resolution of the initial state in the chart

sledku operace nebyl zjištěn statisticky významný trend ($p = 0,367$). Jednoznačně se tedy nejednalo o korelaci mezi výsledným efektem operace a počáteční denzitou. Podrobněji v tabulce a grafu 1. Ani po přepočítání výsledků v jednotlivých sku-

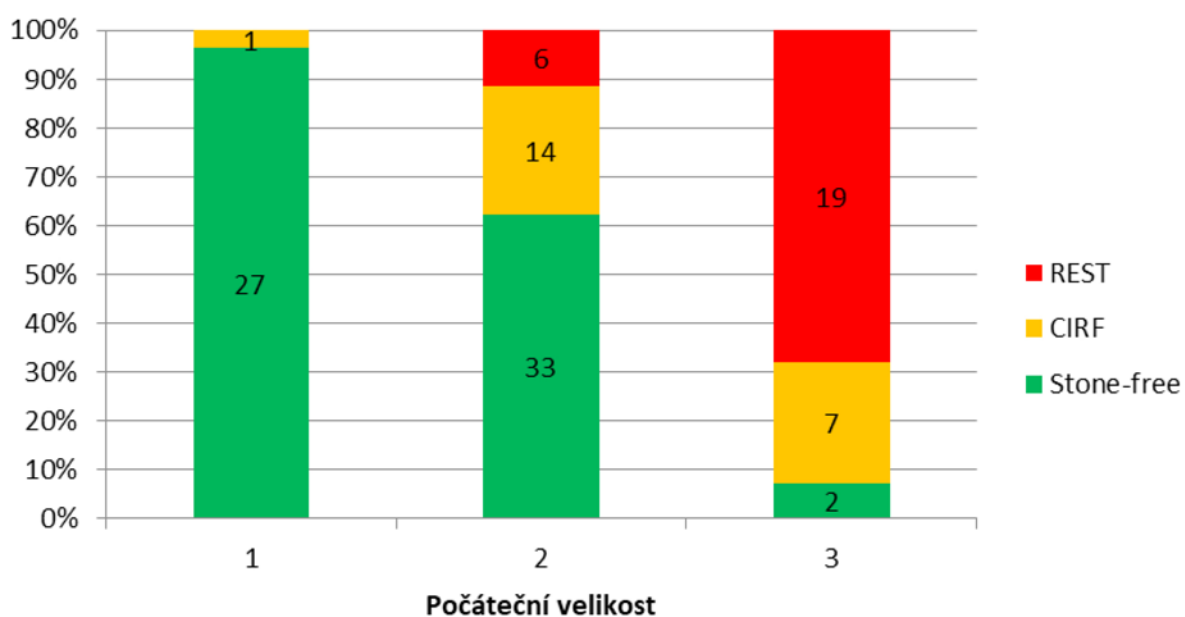
pinách jsme nezaznamenali souvislost mezi denzitou a výsledkem operace. U počátečního stavu 1 nebyl test vzhledem k malému počtu testován. U skupiny 2 nebyl statisticky významný trend zjištěn ($p = 0,367$), i když nejnižší střední hodnota

byla u stone-free. U třetí skupiny je opět velmi malé zastoupení u stone-free, ale opět nebyl zjištěn statisticky významný trend ($p = 0,424$). Bližší statistické údaje v tabulce a grafu 2.

Jak již bylo řečeno výše, kumulativní rozměry konkrementu hrají zcela nepochybně roli nejen při výběru metody, ale i při samotném operačním zákroku. Vždy se snažíme neprodlužovat operační čas z důvodu možných komplikací (nejčastěji septického charakteru) při trypsi objemnějších nefrolitů, a to i za cenu ponechání větších fragmentů ke druhé intervenci. Pro ověření vlivu velikosti na výsledky operace jsme testovaný soubor pacientů podrobili přepočtu úspěšnosti výkonu v závislosti na třech výše uvedených velikostních skupinách. Výsledky podle očekávání odráží souvislost. U skupiny 1 jsme zaznamenali 27 (96,43 %) stone-free pacientů, 1 (3,57 %) CIRF a 0 (0 %) REST. Ve skupině 2 se jednalo o 33 (62,26 %), 14 (26,42 %) a 6 (11,32 %) pacientů. A konečně skupina 3 zahrnovala 2 (7,14 %), 7 (25 %) a 19 (67,86 %) subjektů. Mezi výsledkem a počátečním stavem byla zjištěna statisticky významná závislost ($p < 0,001$). Přehledně viz graf 3. S rostoucí velikostí tedy klesá úspěšnost endoskopického řešení nefrolitiázy v první operační době.

DISKUZE

Ačkoliv je běžnější rozdělení konkrementů dle velikosti na skupiny 5–10 mm, 10–20 mm a nad 20 mm, vybrali jsme pro první skupinu pacientů hranici 7 mm. Rozhodli jsme se tak především proto, abychom rozšířili střední velikostní skupinu, která je v naší operační praxi nejčastěji zastoupena. Záměrem tedy bylo co nejvíce se přiblížit reálné praxi. Podíváme-li se podrobněji na průměrnou velikost konkrementů v jednotlivých skupinách, zjistíme prům. velikost 5,86 mm pro první skupinu, 12,94 mm ve druhé skupině a 33,64 mm ve třetí skupině. Uváděné velikosti jsou kumulativní, hodnotili jsme tedy vždy souhrnnou velikost, ať se jednalo o solitární či vícečetné konkrementy. Otázkou může být, zda jde o vhodný marker, ale na našem pracovišti je snaha o odstranění pokud možno všech nefrolitů operované strany a dosažení stone-free stavu při jedné intervenci, samozřejmě s dodržením co nejkratší doby operace. Snahou je dokončit výkon do jedné hodiny. Z hlediska techniky provádění URS se nejedná o výraznější rozdíl, a to i při lokalizaci jednoho či více konkrementů v dolním kalichu, kde také provádíme lasertrypsi. Pouze v některých případech anatomicky nevýhodných poměrů nejprve dislokujeme konkrement do pánvičky a pak



Graf 3. Srovnání výsledků operace a počáteční velikosti

Chart 3. Comparing the results of the operation and the initial size

provádíme desintegraci. Tato praxe se však na různých pracovištích liší, proto v tomto bodu může nastat diskrepance. Taktéž je otázkou, nakolik mohla výzkum v několikaletém časovém období poznamenat learning curve a počet operatérů. Pokud bychom se při vytváření souboru pacientů omezili pouze na jednoho operatéra, došli bychom nepochybně k validnějším a srovnatelnějším výsledkům, na druhou stranu bychom zmenšili počet pacientů splňujících kritéria výběru. Proto jsme se rozhodli zahrnout do výběru pacienty celkem čtyř operatérů, jenž na našem pracovišti endoskopické výkony pro urolitiázu provádějí nejčastěji. Vzhledem k jednotnému přístupu v metodice a praktickém provádění operace postupovali všichni operatéři stejným způsobem (např. hodnocení, komu zavést ureterální sheat, jakým způsobem provádět samotnou lasertrypsi apod.) a lze je považovat za srovnatelné. Výsledky by se daly ještě upřesnit, pokud by studie probíhala kratší dobu při zachování velikosti souboru, přičemž by se na výsledcích neodrazilo zkreslení křivkou učení. Tímto mohou být ovlivněny operační časy ve prospěch později prováděných operací v důsledku větších zkušeností a zručnosti operatérů. Do budoucna je toto možnost pro pracoviště zaměřující se především na řešení urolitiázy a disponující větší patientskou základnou.

Možnost vztahu denzity urolitiázy v HU při CT vyšetření k fragilitě konkrementu, a tedy k výsledkům jeho odstranění, byla již dříve vyslovena, avšak vždy se jednalo o vztah k ESWL, jakožto dříve nejrozšířenější a primární metodě řešení nefrolitiázy. V praxi se setkáváme s pojmem mean stone density (MSD), který označuje průměrnou denzitu konkrementu měřenou v HU na nonkontrastním CT vyšetření a spolu s dalšími faktory, jako je například skin-to-stone distance, byla ještě donedávna považována za jeden ze stěžejních prediktorů úspěšnosti ESWL (6). Stále však nepanuje konsenzus ohledně nejvhodnějšího způsobu měření MSD. V současnosti jsou různé způsoby měření podrobovány studiím a srovnávání, ale jako nadějně se jeví měření pomocí automatického 3D CT snímkování, jehož využití ve zkoumaném souboru pacientů v Yamashitově studii mělo v závěru pozitivní vliv na stone free rate

(7). Jak se můžeme dočíst v článku českého autora Pšenčíka, uvádí se, že hranicí pro efektivní desintegraci konkrementu při ESWL je 1 000 HU, i když někteří autoři uvádí dokonce 750 HU. Nad touto hranicí pak výrazně klesá výtěžnost této metody (8). El-Assmy ve své práci z roku 2011 vyjadřuje názor, že na základě denzity v HU při CT vyšetření lze predikovat úspěšnost desintegrace konkrementu při ESWL a nutnost opakování výkonu při vysoké denzních konkrementech. Zároveň také uvádí, že denzita nevypovídá o chemickém složení konkrementu, čímž potvrzuje výše uvedený Fogelův závěr (9). Podle Williamse, jenž se zabýval stejným tématem, většina studií spojujících denzitu v HU a efektivitu ESWL utrpěla nepřesnosti právě kvůli nezohlednění velikosti konkrementu. Vyslovil však zajímavou hypotézu, týkající se nikoli vztahu denzity k fragilitě, ale homogenity konkrementu jako nejvýznamnějšímu ukazateli následné úspěšnosti léčby (10). Tuto teorii podporují Zarse a Kim, kteří ve svých pracích uvádějí, že stěžejní není denzita konkrementu, ale především jeho vnitřní struktura, jako jsou například okrsky projasnění nebo nepravidelnosti ve tvaru. I velmi denzní konkrementy, jako je kalcium oxalát monohydrát, mohou být desintegrovány pomocí ESWL snadno, pokud je jejich struktura heterogenní (11, 12). Do popředí se tak dostává termín stone heterogeneity index (SHI), což je termín označující standardní odchylku HU na CT vyšetření. Jak vyplývá ze studie Joo a kol. z Jižní Korei, čím vyšší SHI, tím lepších výsledků je při ESWL dosahováno. I při stejné MSD jsou výsledky odlišné, pokud se konkrementy liší v SHI (13). Analogem hodnoty SHI může být i tzv. variační koeficient denzity, jak jej uvádí Yamashitova práce z roku 2017. Potvrzuje ve svých závěrech, že odchylka v denzitě konkrementu je prognostickým faktorem úspěšnosti ESWL, a to jak pro nefrolitiázu, tak i pro ureterolitiázu. Do budoucna bude však potřebné sestavit jednotný skórovací systém variačních odchylek denzity pro zjednodušení indikačního procesu v terapii urolitiázy (14). Zjištění vnitřní architektury urolitiázy vyžaduje speciální rekonstrukci snímků a nastavení diagnostického okna, není zcela zřejmé z běžného nativního CT scanu (15). Vzhledem k faktu, že flexibilní URS s použitím laseru při terapii nefrolitiázy v rutinní praxi není zavedena

tak dlouho jako ESWL, nejsou doposud k dispozici studie prokazující vztah mezi denzitou a výsledky této operační metody. Zajímavý je však závěr studie zabývající se mimo jiné faktory ovlivňujícími perioperační komplikace při endoskopických intrarenálních operacích, kde je vyšší denzita dávána do souvislosti s vyšším výskytem perioperačních komplikací (16).

ZÁVĚR

Zhodnocením souboru pacientů po provedení flexibilní URS jsme neprokázali významný

vztah mezi denzitou konkrementu v HU a efektem operace, a to jak při nezohlednění velikosti, tak při korekci dle velikostních skupin. Naopak jsme potvrdili korelaci mezi kumulativní velikostí nefrolitu a výsledky endoskopie. Lze tedy říci, že denzita není vhodným ukazatelem efektivity endoskopického odstranění konkrementu na rozdíl od jeho velikosti. V budoucnu by bylo vhodné provést podrobnější studie s rozsáhlejším souborem pacientů a užšími kritérii jejich výběru k ověření zkoumaného vztahu. Jako nadějný směr výzkumu se jeví zaměření na vnitřní strukturu konkrementu.

LITERATURA

1. **Türk C, Drake T, Grivas N, et al.** EAU Guidelines. Guidelines on urolithiasis. Uroweb (online) 2018. http://uroweb.org/guideline/urolithiasis/#3_4.
2. **Zaplatílek J.** Flexibilní ureterorenoskopie a laser v léčbě patologií horních močových cest. Urol. Praxi 2013; 14(5): 215–217.
3. **Hora M, Babjuk M, Brodák M, et al.** Stěžejní urologické operační výkony v urologii v ČR v letech 2009–2014. Ces Urol 2016; 20(2): 135–140.
4. **L'upták J.** Urolitiáza. 1. ed. Martin 2012; 18–19.
5. **Fogl J, Šámal V, Mechl J, Šulc J.** Je denzita konkrementu při CT vyšetření prediktivním faktorem chemického složení? Urol. Praxi 2012; 13(3): 127–129.
6. **Wiesenthal JD, Ghiculete D, D'A Honey RJ, Pace KT.** Evaluating the importance of mean stone density and skin-to-stone distance in predicting successful shock wave lithotripsy of renal and ureteric calculi. Urol Res. 2010; 38 4): 307–313.
7. **Yamashita S, Kohjimoto Y, Iwahashi Y, et al.** Automatic measurement of mean stone density by three-dimensional stone images for predicting shock wave lithotripsy success. European Urology Supplements 2018; 17(2): 1108–1109.
8. **Pšencík L.** Extrakorporální litotrypse rázovou vlnou v současné urologické praxi. Ces Urol 2014, 18(4): 288–299.
9. **el-Assmy A, Abou-el-Ghar ME, el-Nahas AR, Refaie HF, Sheir KZ.** Multidetector computed tomography: role in determination of urinary stones composition and disintegration with extra-corporeal shock wave lithotripsy – an in vitro study. Urology 2011; 77(2): 286–290.
10. **Williams Jr. JC, Zarse CA, Jackson ME, Lingeman JE, McAteer JA.** Using helical CT to predict stone fragility in shock wave lithotripsy (SWL). AIP Conference Proceedings 2007; 900: 326–339.
11. **Zarse CA, Hameed TA, Jackson ME, et al.** CT visible internal stone structure, but not Hounsfield unit value, of calcium oxalate monohydrate (COM) calculi predicts lithotripsy fragility in vitro. Urol Res. 2007; 35(4): 201–206.
12. **Kim SC, Burns EK, Lingeman JE, et al.** Cystine calculi: correlation of CT-visible structure, CT number, and stone morphology with fragmentation by shock wave lithotripsy. Urol Res. 2007; 35(6): 319–324.
13. **Joo YL, Dong HK, Jae HK, et. al.** Stone heterogeneity index defined as the standard deviation of Hounsfield units on non-contrast computed tomography is a novel predictor for shock-wave lithotripsy outcomes in ureteral calculi. European Urology Supplements 2016; 15(3): e463.

14. Yamashita S, Kohjimoto Y, Iguchi T, Hara I. Variation coefficient of density: a novel predictor of treatment outcome following extracorporeal shockwave lithotripsy. *The Journal of Urology* 2017; 197(4): e827–e828.
15. Andrabi Y, Patino M, Das CJ. Advances in CT imaging for urolithiasis. *Indian J Urol.* 2015; 31(3): 185–193.
16. Yamashita S, Kohjimoto Y, Iba A, Kikkawa K, Hara I. Stone size is a predictor for residual stone and multiple procedures of endoscopic combined intrarenal surgery. *Scand J Urol.* 2017; 51(2): 159–164.