

# Izvantjelesna litotripsija udarnim valovima

---

**Nakić, Marko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:837116>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-09**



*Repository / Repozitorij:*

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Marko Nakić**

**Izvantjelesna litotripsija udarnim  
valovima**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2023.**

Ovaj rad izrađen je na Klinici za urologiju Kliničkog bolničkog centra Zagreb, pod vodstvom prof.dr.sc. Tvrtka Hudolina, dr.med. i predan na ocjenu u akademskoj godini 2022./2023.

## **Popis i objašnjenje korištenih kratica**

ESWL – izvantjelesna litotripsija udarnim valovima (engl. Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy)

UTI – infekcija mokraćnog sustava (engl. urinary tract infection)

RTG – rendgen

CT – kompjuterizirana tomografija

PV – protrombinsko vrijeme

APTV – aktivirano parcijalno tromboplastinsko vrijeme

HU – Hounsfieldove jedinice (engl. Hounsfield unit)

MR – magnetska rezonanca

RIRS – retrogradna intrarenalna operacija (engl. Retrograde Intrarenal Surgery)

PCNL – perkutana nefrolitotomija

## SADRŽAJ

Sažetak.....	
Summary.....	
1. UVOD.....	1
2. IZVANTJELESNA LITOTRIPSIJA UDARNIM VALOVIMA.....	2
2.1. Urolitijaza.....	2
2.2. Princip rada uređaja za ESWL.....	5
2.3. Indikacije.....	7
2.4. Kontraindikacije.....	8
2.5. Priprema pacijenta za zahvat.....	9
2.6. ESWL postupak.....	10
2.7. Ishod liječenja.....	11
2.8. Komplikacije.....	13
2.9. Dugotrajne posljedice.....	16
2.10. Usporedba ESWL-a i drugih metoda u liječenju urolitijaze.....	17
2.11. ESWL u pedijatriji.....	18
3. ZAKLJUČAK.....	20
4. LITERATURA.....	21
5. ZAHVALE.....	25
6. ŽIVOTOPIS.....	26

## Sažetak

### Izvantjelesna litotripsija udarnim valovima

Marko Nakić

Urolitijaza je postojanje kamenaca u mokraćnom sustavu i to je treća najčešća patologija urinarnog sustava. Većina kamenaca je u kanalnom sustavu bubrega, a manji broj u mokraćovodu i mokraćnom mjehuru. Izvantjelesna litotripsija udarnim valovima (ESWL) neinvazivna je metoda kojom se pomoću snage udarnih valova kamenci lome u manje dijelove, pa ovako nastali fragmenti izlaze iz tijela mokrenjem. Glavna indikacija za ovu metodu su kamenci veličine do 2 cm u promjeru. ESWL može biti vrlo učinkovita metoda, međutim postupak se kod nekih bolesnika treba ponavljati da bi se postiglo potpuno uklanjanje kamenaca. Sama metoda je sigurna, a komplikacije najčešće nisu značajne i traju kratko te uglavnom nastaju kao posljedica prolaska fragmentiranih kamenaca kroz mokraćni sustav. Kontraindikacije za ESWL su trudnoća, koagulopatija ili uzimanje antiagregacijske terapije, aneurizme aorte, nekontrolirana hipertenzija i infekcije mokraćnog sustava. Dosadašnja istraživanja nisu pokazala štetno djelovanje ESWL-a na bubrežnu funkciju. Kod kamenaca koji nisu pogodni za ovu metodu, odnosno kod bolesnika koji imaju kontraindikacije za ESWL mogu se koristiti druge metode liječenja kamenaca kao što su endoskopski, ali i otvoreni operativni zahvati. ESWL se koristi i u liječenju urolitijaze u djece.

Ključne riječi: ESWL, urolitijaza, minimalno invazivne metode

## Summary

### Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy

Marko Nakić

Urolithiasis refers to the presence of calculi anywhere along the course of the urinary tract and it's the third most common urinary tract disease. Stones mainly occur in the kidneys, less frequently in the ureter and the bladder. Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL) is a noninvasive procedure that uses high-energy shock waves to break down the kidney stones into fragments small enough to eliminate from the body along with the urine. ESWL is considered a first-line treatment for renal calculi under 2.0 cm. ESWL is a highly effective method but sometimes stone fragments of various sizes remain and a repeat procedure is needed. The procedure is safe, and complications are mostly short-termed and mainly connected to the formation and passage of fragments down the urinary tract. Absolute contraindications to ESWL include pregnancy, coagulopathy or use of platelet aggregation inhibitors, aortic aneurysms, severe untreated hypertension, and untreated urinary tract infections. There is no firm evidence for long-term adverse effects on renal function. In patients with larger stones or in the presence of unfavourable factors, endourological procedures are preferred over ESWL. ESWL is an effective and safe modality to treat pediatric urolithiasis cases.

Key words: ESWL, urolithiasis, minimally invasive surgery

## 1. UVOD

Izvantjelesna litotripsija udarnim valovima (ESWL) prvi put je primijenjena 1980. godine te je ubrzo nakon toga postala vrlo popularna i danas je jedan od najčešće korištenih minimalno invazivnih načina liječenja kamenaca u mokraćnom sustavu. (1) Učinkovitost ESWL-a zasniva se na fragmentaciji kamenaca, a zatim tako nastale manje dijelove bolesnik može izmokriti. Udarni valovi nastali u uređaju pod kontrolom RTG-a usmjeravaju se u jednu točku, odnosno jedan dio tijela/mokraćnog sustava čime se postiže maksimalni efekt energije. (2) Najčešća indikacija za ESWL su kamenci manjeg promjera (do 2 cm), dok su komplikacije rijetke i najčešće klinički beznačajne. Uspjeh liječenja ovisi o veličini i sastavu kamenaca, lokaciji u kanalnom sustavu, ali donekle i o vještini i iskustvu liječnika. Velika prednost ove metode je to što nije potrebna anestezija, za razliku od drugih minimalno invazivnih zahvata. Sam zahvat može se ponavljati i smatra se da nema značajnih dugoročnih negativnih posljedica na mokraćni sustav. Važno je napomenuti da se EWSL može raditi i u pedijatrijskoj populaciji. (3)



## 2. IZVANTJELESNA LITOTRIPSIJA UDARNIM VALOVIMA

### 2.1. Urolitijaza

Urolitijaza je prisutnost kamenaca mokraćnog sustava što može biti uzrokom značajnog morbiditeta bolesnika. Incidencija urolitijaze varira te je ovisna o brojnim čimbenicima. Po nekim autorima ona se čak ubraja u najčešće urološke bolesti, u svakom se slučaju radi o vrlo čestoj i značajnoj urološkoj patologiji. Kamenci se većinom nalaze u bubrezima, rjeđe u mokraćovodu ili mokraćnom mjehuru. Specifična stanja kao metaboličke bolesti, anatomske nepravilnosti i genetska predispozicija pridonose procesu nastanka kamenaca. Pored toga, neki drugi čimbenici kao što su geografski, etnički i prehrambeni te stil života mogu imati važnu ulogu u nastanku kamenaca. Najčešće se simptomi urolitijaze javljaju u populaciji od 20 do 49 godina, s vrhuncem incidencije u osoba između 35 i 45 godina, dok se povrat bolesti može javiti u 40% do 60% pacijenata. Urolitijaza je češća u muškaraca u odnosu na žene i to u omjeru 3:1. Nedovoljan unos tekućine tijekom dana rezultira malom proizvodnjom urina koja posljedično dovodi do većih koncentracija tvari potrebnih za stvaranje kamenaca. Metabolički poremećaji kao hiperkalcijurija, hiperoksalurija, hiperuricemija, hiperurikozurija, hipomagnezemija, hipocitaturija i prisutnost bakterija u mokraći imaju glavnu ulogu u nastanku kamenaca. Ova stanja često su povezana s većim indeksom tjelesne mase (BMI), štoviše, loše prehrambene navike mogu dovesti do metaboličkih poremećaja koji onda dodatno povećavaju vjerojatnost nastanka i daljnjeg razvoja kamenaca. (4) Kamenci u urinarnom traktu mogu se klasificirati ovisno o svojoj građi, odnosno prema nekoliko specifičnih kemijskih komponenata koje sadrže. Mogu biti građeni od oksalata, fosfata, apatita, struvita, mokraćne kiseline, cistina, ali i nekih drugih bitno rjeđih komponenti. Česta je i kombinacija ovih kemijskih tvari unutar jednog kamenca. Međutim, 80-90% svih kamenaca su kalcijски konkrementi, u kojima je kalcijсka komponenta uklopljena u organski ili anorganski matriks u specifičnim

kristaličnim oblicima. (Tablica 1) Iako nastanak nekih kamenaca možemo povezati sa različitim uzrocima, kod većine kamenaca mehanizam nastanka i razvoja, odnosno uzročno posljedična veza, nije do kraja jasna. Neupitna je važnost koncentracije kalcijevih iona i vezujućih komponenata (npr. oksalata) u urinu, ali sama po sebi nije dovoljna da omogući procjenu hoće li kod osobe doći do nastanka kamenaca, te koliko često će se taj proces ponavljati. (5)

Veličina mokraćnih kamenaca varira od nekoliko mikrometara do nekoliko centimetara u promjeru. Često ostaju neprepoznati duži vremenski period sve do pojave simptoma ili se slučajno otkriju u sklopu radiološke obrade (RTG ili ultrazvuk, odnosno CT). (6) Najčešći simptomi su bol, opstrukcija, infekcija i krvarenje, koji nastaju zbog prolaska kamenaca kroz urinarni trakt. Metode kao ESWL, perkutana litotripsija i transureteralna litotripsija predstavljaju temelj liječenja mokraćnih kamenaca, dok se otvorene operacije kamenaca danas rijetko koriste. Lijekovi kao tiazidski diuretici i alkalni citrati mogu se koristiti u prevenciji hiperkalcijurije i hiperoksalurije, koje uzrokuju formiranje kamenaca, ali njihova je učinkovitost ograničena i pacijenti ih loše podnose. (7) Veliki napredak u liječenju mokraćnih kamenaca ostvaren je u zadnjih 50 godina uvođenjem minimalno invazivnih metoda koje su učinkovite i sigurne te bolesnicima omogućavaju minimalne nuspojave te brzi oporavak i raniji povratak radnim aktivnostima. Pored ovih efikasnih metoda liječenja značajan broj bolesnika će imati povrat kamenaca tijekom svog života te će zbog toga biti izloženi opetovanim tegobama, rizicima i komplikacijama urolitijaze, ali i ponavljanim urološkim zahvatima s ciljem liječenja istih. Zbog toga je važno kompletno obraditi bolesnika, odnosno napraviti metaboličku evaluaciju. Ona se često provodi u suradnji s nefrologom, odnosno u sklopu multidisciplinarnog pristupa ovoj bolesti, s ciljem bolje prevencije i liječenja kamenaca mokraćnog sustava. (8)

Tablica 1. Vrste mokraćnih kamenaca, njihova učestalost i glavni uzročni faktori, preuzeto i modificirano prema Kasote et al., 2017; Leslie & Taneja, 2018; Sasikala, Radha, & Vijayakumari, 2013 (9)

<b>Vrsta</b>	<b>Sastav</b>	<b>Učestalost</b>	<b>Čimbenici rizika</b>
kalcijski	kalcijev oksalat, kalcijev fosfat	oko 80%	hiperkalcijurija, hiperparatireoidizam, niski citrati u urinu
struvitni	magnezijev amonijev fosfat heksahidrat	10-20%	infekcija urinarnog trakta
mokraćne kiseline	soli mokraćne kiseline	3-10%	hiperurikozurija, kiseli pH
cistinski	cistin	1-2%	cistinurija
drugi		0.5-1%	cistinurija

## 2.2. Princip rada uređaja za ESWL

Dornier HM3 bio je prvi litotriptor koji je bio u širokoj upotrebi u kliničkoj praksi. Sastojao se od vodene kupke koja je omogućavala optimalnu interferenciju udarnih valova, fluoroskopske jedinice, elipsoidnog reflektora s malim otvorom te elektrohidrauličnog generatora udarnih valova. Izvori udarnih valova mijenjali su se tijekom vremena i danas postoje tri tipa: elektrohidraulički, elektromagnetni i piezoelektrični. (10) Većina modernih multifunkcionalnih litotriptora ima elektromagnetni izvor udarnih valova. Moderni uređaji imaju određene prednosti u odnosu na Dornier HM3, koji se još uvijek smatra „zlatnim standardom“ u ESWL-u. Litotriptori s elektromagnetnim izvorom udarnih valova imaju dodatne prednosti: konstantnu kvalitetu udarnih valova do milijun isporučenih u vijeku trajanja uređaja, lako se uklapaju u multifunkcionalne uređaje i relativno ih je jednostavno održavati bez velikih troškova. Udarni valovi su akustični ili tlačni valovi, a prolaze kroz medije s izmjeničnom kompresijom i dekompresijom te refleksijom ili refrakcijom. Radi se o kompleksnom mehanizmu prolaska i predaje energije kojim se bavi posebni dio fizike i zahtjeva dodatna znanja te koji nije do kraja jasan. (11)

Tijekom izvođenja ESWL-a izvana, odnosno unutar uređaja, generirani udarni valovi prenose se kroz tkiva i koncentriraju se u području kamenca. Udarni valovi djeluju na dva načina, stvarajući pozitivni tlak tijekom kompresivne faze i negativan tlak tijekom vlačne faze i tako uzrokuju mrvljenje, odnosno fragmentaciju kamenca. Smicanje, kompresija i spalacija glavni su fizikalni fenomeni koji se događaju tijekom ESWL-a. (12) Uspjeh ESWL-a uvelike ovisi o adekvatnom snimanju, odnosno prikazu kamenca. Kvalitetno snimanje neophodno je za lokalizaciju i ciljanje kamenaca, nadgledanje samog procesa i prepoznavanje fragmentacije. Moderni multifunkcionalni uređaji opremljeni su s dijaskopijom i ultrazvukom (Slika 1). U takve uređaje uklopljen je i stol za pacijenta koji

treba ispuniti velik broj zahtjeva: radiotransluentnu radnu površinu, visoku nosivost, maksimalnu pristupačnost, mogućnost postavljanja u izocentrične Tredelenburg i anti-Tredelenburg položaje, udobnu najnižu poziciju i mnoge druge. (13)



Slika 1. Moderni litotriptor s dijaskopijom i ultrazvukom, preuzeto od Susrutha People's Hospital <https://susruthapeopleshospital.com/facilities/e-s-w-l/> (14)

### 2.3. Indikacije

ESWL se često koristi kod bubrežnih kamenaca velikih do 2 cm u promjeru (Slika 2) kada su kamenci smješteni u bubrežnoj nakapnici, gornjim i srednjim bubrežnim čašicama. U ovakvim slučajevima, može se ostvariti stopa uspjeha liječenja od 80 do 100%, no često je potrebno ponoviti postupak nekoliko puta. Postotak komplikacija iznosi do 20%. Za kamence u donjem polu bubrega rezultati su lošiji, pogotovo ukoliko su prisutni otežavajući faktori kao što su kamenci rezistentni na udarne valove (kalcijev oksalat monohidrat, kalcijev fosfat i cistin), oštar kut između infundibuluma i nakapnice, dugi donji pol (>10 mm) i uski infundibulum (<5 mm). Ovakve kamence, ukoliko postoji indikacija, bolje je rješavati endourološkim metodama. ESWL se može primjenjivati i za kamence u mokraćovodu. Stope uspjeha liječenja kamenaca u mokraćovodu su od 85 do 100%. Međutim, za veće kamence smještene distalno prednost se daje endourološkom pristupu. (15)



Slika 2. Usporedba veličine ekstrahiranih kamenaca, Preuzeto s Renal & Urology News <https://www.renalandurologynews.com/home/news/urology/kidney-stones/stone-treatment-in-kidney-grafts-characterized/> (16)

## 2.4. Kontraindikacije

Apsolutne kontraindikacije za ESWL su trudnoća, koagulopatija ili antiagregacijska terapija, aneurizme aorte, teška neliječena hipertenzija i infekcije mokraćnog sustava (UTI). ESWL u trudnoći povezuje se s niskom porođajnom težinom novorođenčeta, pomacima posteljice i pobačajem, dok ESWL tretman bolesnike s aneurizmom aorte izlaže riziku krvarenja, odnosno rupture. Iako su opisani i slučajevi gdje se ESWL uspješno koristio i u ovim slučajevima, u načelu se kao metoda ne savjetuje kod ovih bolesnika. U rizične bolesnike spadaju i oni koji imaju različite poremećaje zgrušavanja, odnosno oni koji koriste terapiju koja djeluje ili može djelovati na mehanizme zgrušavanja krvi. Iako nisu provedeni randomizirani klinički pokusi koji bi procijenili sigurnost antitrombocitnih lijekova u kontekstu ESWL-a, prijavljeni su brojni slučajevi krvarenja kao nastale komplikacije u ovakvih pacijenata. Posebno bi trebalo pažnju obratiti na lijekove koji se izlučuju preko bubrega, s obzirom na to da pacijenti s urolitijazom mogu imati narušenu bubrežnu funkciju i time dulji period ekskrecije, čime se produljuje period postizanja normalnih koagulacijskih parametara.

Hipertenzija je značajan rizični čimbenik za krvarenje nakon ESWL-a. Neliječena ili teška hipertenzija apsolutna je kontraindikacija jer su brojne studije povezale hipertenziju s povećanim rizikom krvarenja i nastankom hematoma. Čak i pacijenti s kontroliranom hipertenzijom mogu imati povećani rizik od krvarenja. Dijabetes, starija životna dob i pretilost također su rizični čimbenici za krvarenje. Bakterijurija je često prisutna kod bolesnika koji imaju kamence, katetere, nefrostomu i kod pacijenata starije životne dobi. Nekomplicirane infekcije urinarnog trakta česta su komplikacija nakon provođenja ESWL-a (do 5% svih pacijenata). Pijelonefritis i sepsa mnogo su rjeđe, ali moguće komplikacije, pogotovo kod pacijenata s neliječenom bakterijurijom ili neliječenim UTI-

om. Savjetuje se učiniti analizu urina prije provođenja ESWL-a. Ako se dokaže bakteriurija i piurija (osobito s pozitivnim nitratima), pacijenti moraju dobiti antimikrobnu terapiju po antibiogramu prije provođenja litotripsije. Posebnu pažnju treba obratiti na pacijente s anamnezom UTI-a, struvitnim kamencima, urinarnim kateterima, stentovima mokraćovoda, nefrostomama, dijabetesom, kao i na osobe starije životne dobi te imunokompromitirane, odnosno osobe na imunosupresivnoj terapiji. Ako se bakterijurija otkrije na dan samog zahvata, daju se rutinski intravenski antibiotici jedan sat prije termina ESWL-a, ali se zahvat može i odgoditi. Bez bakterijurije ili rizičnih čimbenika, rutinska antibiotska profilaksa za sve pacijente je nepotrebna. (17)

## 2.5. Priprema pacijenta za zahvat

Dan prije zahvata pacijentima se preporuča jesti laganu hranu (bez graha, mahunarki, graška, grožđa i gaziranih pića). Potrebno je imati slike i nalaze intravenske urografije (IVU) ili CT-a, kao i nalaze koagulacijskih parametara: PV-a, trombocita i APTV-a. PV mora biti veći od 70%. Tjedan dana prije zahvata prekida se uzimanje acetilsalicilne kiseline (Andol, Aspirin), klopidozola (Kogrel) i vitamina C. Pacijenti koji u terapiji imaju varfarin (Martefarin, Marivarin) ili acenokumarol (Sintrom) moraju ih prestati uzimati 4 do 5 dana prije zahvata uz prethodnu konzultaciju sa specijalistom, odnosno liječnikom koji je navedeni lijek uveo u terapiju. Žene ne smiju imati menstruaciju u vrijeme zahvata ESWL-a niti smiju biti u drugom stanju. Ujutro prije zahvata normalno se uzima terapija za povišeni krvni tlak i srčane bolesti s malo vode i preporuča se nešto pojesti. (18)

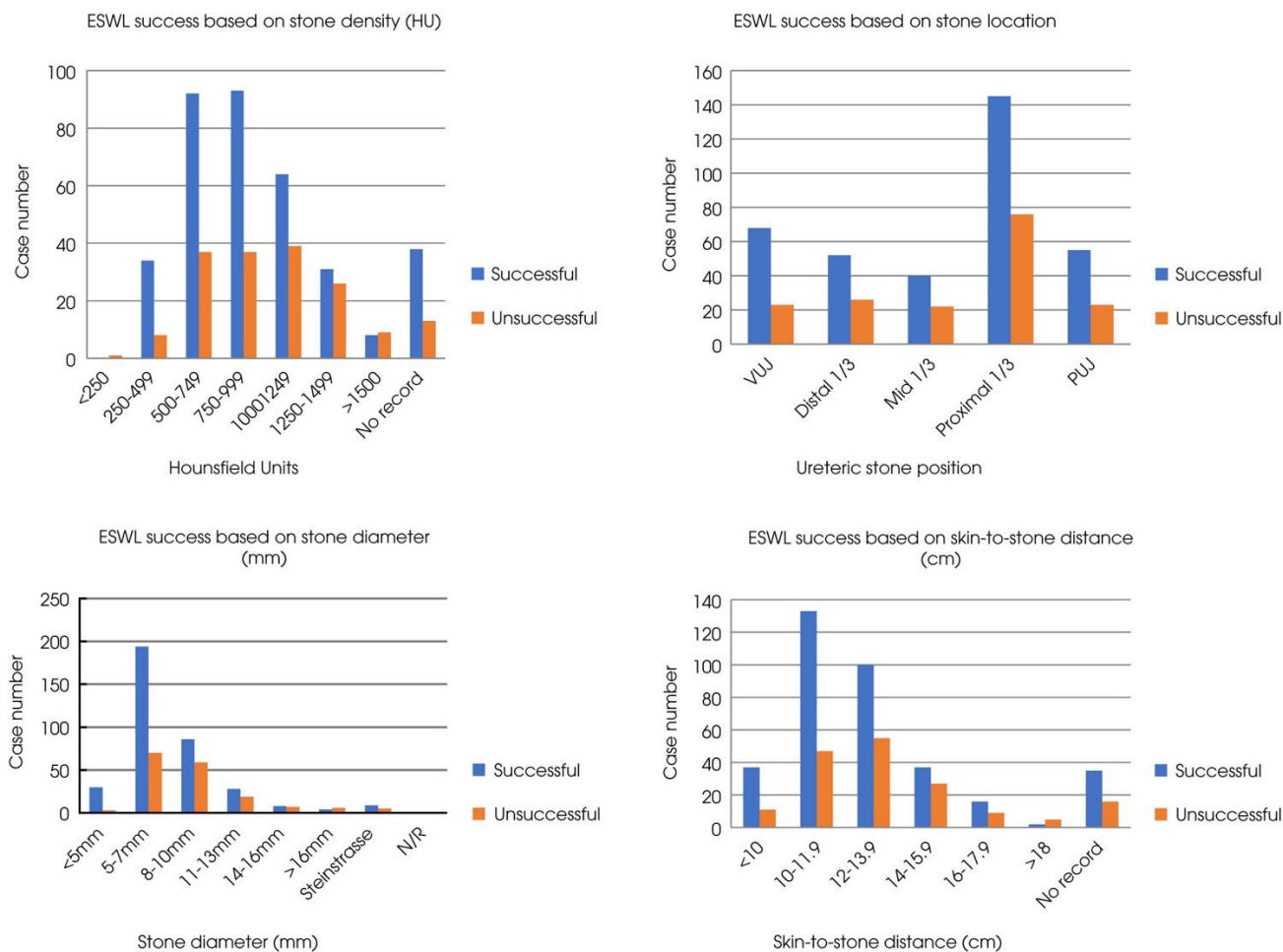


## 2.6. ESWL postupak

Određivanje lokalizacije kamenaca radi se pomoću ultrazvuka ili dijaskopije, uz korištenje donesenih slika, odnosno nalaza IVU ili CT-a. Kako bi se postigla maksimalna učinkovitost ESWL-a, potrebno je precizno namjestiti pacijenta u optimalan položaj. Koštane strukture ne bi smjele interferirati putu udarnih valova. Obično pacijent leži horizontalno na leđima, no ako nije u mogućnosti ili ukoliko to nije preporučeno, može ležati na trbuhu. Za uspješni prijenos udarnih valova ne bi smjelo biti impedancije. To se postiže pritanjanjem glave generatora i kože koristeći gel za ultrazvuk, silikonski gel ili druge medije koji uklanjaju zračnu barijeru kako bi se spriječilo raspršivanje valova. Ulazak mjehurića zraka u to područje može oslabiti prijenos udarnih valova i posljedično smanjiti učinkovitost ESWL-a. Nije određena optimalna količina udarnih valova. Studije navode da se prijenos 60 do 90 valova u minuti pokazao boljim u odnosu na prijenos od 120 valova u minuti, u vidu bolje fragmentacije i manjeg rizika za ozljedu bubrega. Ukupan broj udarnih valova koji se aplicira po zahvatu ovisi o građi pacijenta i karakteristikama kamenaca, uključujući lokaciju, gustoću, kompoziciju, i varira između 2000 i 4500 valova po zahvatu. Energija valova postupno se povećava kako bi se minimalizirala ozljeda bubrega, odnosno okolnog tkiva, a postigao maksimalni efekt razbijanja, jer veća energije postiže bolje rezultate. Međutim, veća energija dovodi i do veće bolnosti i tu je važno da liječnik koji provodi zahvat kontinuirano komunicira s bolesnikom i prati razinu boli koju bolesnik osjeća. Razina boli može dosta varirati te je za neke bolesnike zahvat bezbolan dok neki bolesnici osjećaju slabije ili nešto jače bolove te se u tim slučajevima energija udarnih valova smanjuje, odnosno zahvat se prekida. Za izmokravanje kamenaca, odnosno olakšavanje tegoba, nakon obavljenog zahvata mogu se koristiti alfa blokatori, blokatori kalcijevih kanala ili lijekovi protiv bolova.

## 2.7. Ishod liječenja

Stopa uspjeha ESWL-a ovisi o brojnim čimbenicima, kao što su karakteristike kamenca (broj, lokacija, gustoća, veličina, kemijski sastav), anatomija bubrega (hidronefroza, divertikul čašica, opstrukcija i stenoza mokraćovoda, anomalije urinarnog trakta) i faktori vezani uz samog pacijenta (udaljenost kože i kamenca, pretilost i bubrežna funkcija). (Slika 3) Proučavane su razne metode s ciljem poboljšanja uspješnosti ESWL-a. Nedavne studije predlažu postupno povećavanje snage udarnih valova, budući da je takva tehnika učinkovita u fragmentaciji kamenaca i smanjuje mogućnost bubrežne ozljede tijekom izvođenja ESWL-a. Međutim, kao i u drugim područjima medicine, odnosno urologije postoji više pristupa i protokola, a dizajn prospektivnih, multicentričnih studija koji bi jasno odgovorio na pitanje koja tehnika je bolja nije jednostavan. U načelu možemo reći da iako veća završna razina energije može značiti bolju izvedbu, ona također uzrokuje neželjene nuspojave poput boli i ozljede urinarnog trakta. (20) Prema literaturi, nakon monoterapije ESWL-om uspjeh se postiže kod 80 do 85% pacijenata za kamence manje od 20 mm, dok je taj postotak manji (33 do 65%) za kamence veće od 20 mm u promjeru. Uspoređujući ove podatke, ESWL je metoda izbora za kamence manje od 20 mm. Kamenci koji se nalaze u donjem polu bubrega predstavljaju jedinstven izazov u liječenju, s obzirom na nižu stopu uspjeha (52-59%). To se objašnjava slabijim izlučivanjem kamenaca iz donjeg pola zbog infundibularnog kuta ili uske čašice. Smatra se da je uspjeh fragmentacije kamenaca sličan u svim dijelovima bubrega, ali ishod same metode procjenjuje se na temelju mogućnosti izlučivanja tako nastalih dijelova iz tijela. (21)



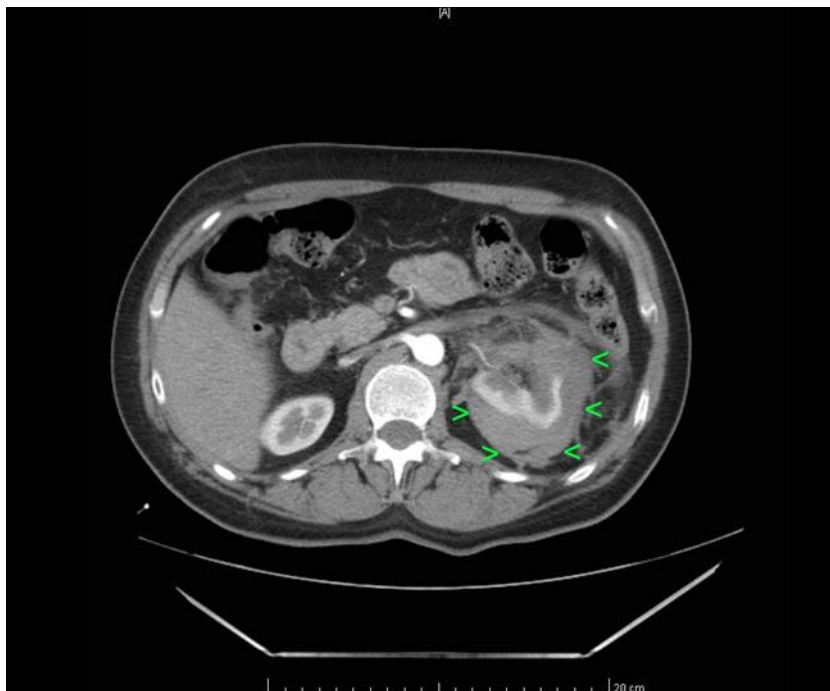
Slika 3. Uspješnost ESWL-a 6 tjedana nakon zahvata na temelju karakteristika kamenaca (gustoća [HU], lokacija, promjer [mm], udaljenost koža-kamenac [cm]). Uspješni ishodi označeni su plavom, a neuspješni narančastom bojom. Preuzeto iz Young MJ, Pang KH, Elmussarah M, Hughes PF, Browning AJ, Symons SJ. Acute extracorporeal shockwave lithotripsy for ureteric stones - 7-years' experience from a busy district general hospital (22)

## 2.8. Komplikacije

Pored ishoda liječenja, i komplikacije su važan pokazatelj kvalitete i sigurnosti svakog zahvata. Ozbiljne komplikacije nakon ESWL-a nisu česte, ali ipak mogu predstavljati značajan klinički i ekonomski problem. Zbog toga je nužno identificirati rizične čimbenike koji do njih mogu dovesti. Međutim, ti čimbenici nisu precizno definirani. Faktori koji se povezuju s većim komplikacijama su dob, spol, veličina kamenca, Hounsfieldove jedinice kamenca i stupanj hidronefroze. Većina komplikacija ESWL-a uzrokovana je neadekvatnom fragmentacijom ili neuspješnim prolaskom ostataka kamenaca koji mogu opstruirati mokraćovod. Starija dob i ženski spol pokazali su se rizičnima za značajnije komplikacije, iako poveznice nisu jasno objašnjene. Veličina kamenaca ne određuje samo uspješnost metode, već se dovodi u izravnu vezu s komplikacijama. Veći kamenci uvijek zahtijevaju višestruko ponavljanje zahvata i imaju tendenciju nepotpune fragmentacije, posljedično povećavajući rizik za nastanak steinstrassea (njem.) koji označava akumulaciju, odnosno nizanje fragmenata i posljedično moguću opstrukciju mokraćovoda s bubrežnim kolikama i hidronefrozom. Također, kod većih kamenaca veći je rizik nastanka bubrežnih kolika. Tijekom fragmentacije kamenca udarnim valom mogu se osloboditi bakterije, koje zatim mogu ući u krv. Kada je uz to prisutna i opstrukcija nastalim komadićima kamenca, moguća je pojava bubrežnih kolika, ali i infekcije mokraćnog sustava koja se može proširiti po organizmu te ugroziti bolesnika. Veći broj Hounsfieldovih jedinica može se povezati s većim rizikom komplikacija. Struvitni kamenci, kamenci mokraćne kiseline i dehidrirani kalcijev oksalat s nižim brojem HU-a često se nakon fragmentacije razdvajaju u još manje fragmente, koji onda lako prođu kroz urinarni trakt. S druge strane, kamenci s većom vrijednosti HU-a, kao dehidrirani kalcijev fosfat i monohidrat kalcijev oksalat, fragmentiraju u veće dijelove koji onda teško prolaze i mogu formirati steinstrasse. Također, veći stupanj hidronefroze povećava incidenciju steinstrassea. (23) Komplikacije ESWL-a koje se navode u literaturi uglavnom

su bolovi, prisutnost krvi u mokraći, infekcije, oštećenja bubrežne funkcije i oštećenja nekih tkiva i organa, te zahtijevaju pažljiv klinički nadzor i liječenje.

Učinak udarnih valova na tkiva, odnosno komplikacije nakon ESWL tretmana, mogu zahtijevati radiološku evaluaciju. Često bolesnici nakon ESWL tretmana imaju manju količinu krvi u mokraći koja se u načelu razbistri u kratkom vremenskom periodu. Često je prisutna i bol koja isto tako brzo prolazi. Međutim, moguće je da bolesnici nakon ESWL tretmana imaju hematome koji može biti klinički značajan te zahtijeva daljnju obradu u smislu određivanja krvnog tlaka, laboratorijske obrade pa i CT-a. Ovisno o ovim nalazima ponekad je bolesnika potrebno i primiti u bolnicu. Hematomi su vidljivi na CT-u i MR-u, a moguće ih je primijetiti i ultrazvukom. (Slika 4)



Slika 4. Hematom oko lijevog bubrega nakon ESWL-a. Preuzeto s Urologija.hr <https://www.urologija.hr/kidney/stones> (24)

Klinički značajno krvarenje događa se u manje od 1% slučajeva. Rizik za nastanak hematoma veći je kod pacijenata s hemoragijskom dijatezom, kod onih koji uzimaju lijekove koji djeluju na mehanizme zgrušavanja krvi, pacijenata s hipertenzijom, dijabetesom te u pretilih pacijenata. Međutim, mada je vjerojatnost nastanka hematoma veća kod veće energije i broja udarnih valova, nema jasne poveznice između intenziteta udarnih valova i incidencije hematoma. Liječenje hematoma u većini je slučajeva konzervativno, odnosno u rijetkim slučajevima endovaskularno, eventualno kirurški. Incidencija gastrointestinalnih komplikacija iznosi 1.8% na globalnoj razini i najčešće uključuje perforaciju crijeva, intestinalno krvarenje, pankreatitis i ileus. Zaključno, treba voditi računa o mogućim komplikacijama, a bolesnika nakon zahvata treba redovito kontrolirati i pratiti. (25)



Slika 5. RTG snimka steinstrassea bilateralno u oba mokraćovoda. Preuzeto iz Garg G, Pandey S, Agarwal S, Sankhwar S. Unusual cause of obstructive uropathy: bilateral steinstrasse. BMJ Case Rep. (26)

## 2.9. Dugotrajne posljedice

Budući da je ESWL široko prihvaćena i uspješna metoda za liječenje nefrolitijaze i ureterolitijaze, kratkotrajne komplikacije poput hematurije, hematoma, steinstrassea, bubrežnih kolika i infektivnih zbivanja dobro su poznate. Međutim, postoje mišljenja o mogućim dugotrajnim posljedicama, ali i određeni često oprečni dokazi koji sugeriraju moguću povezanost dijabetesa, hipertenzije, neplodnosti i razvoja kronične bubrežne bolesti i ESWL tretmana. (27) Trenutno ne postoje snažni dokazi o tome da ESWL dovodi do dugotrajnih posljedica. Većinu objavljenih relevantnih studija treba uzeti s određenom rezervom jer su rađene retrospektivno, s neadekvatnim kontrolnim skupinama, na malim uzorcima bolesnika i u kratkom periodu praćenja. Potrebne su nove studije s korigiranim spomenutim nedostacima kako bi se mogli donijeti jasni zaključci o dugotrajnim posljedicama ESWL-a. (28)

## 2.10. Usporedba ESWL-a i drugih metoda u liječenju urolitijaze

Po smjernicama za liječenje urolitijaze Europskog urološkog udruženja (EAU) za bubrežne kamence manje od 2 cm metode izbora su ESWL i litotripsija tijekom retrogradne intrarenalne operacije (RIRS), dok se za kamence veće od 2 cm primjenjuje perkutana nefrolitotomija (PCNL). Za kamence veličine 1-2 cm smještene u donjem polu bubrega preporuča se RIRS ili PCNL, ukoliko se procjeni da su ovo bolje metode u odnosu na ESWL. U usporedbi s PCNL-om i RIRS-om, ESWL ima prednost u liječenju urolitijaze jer je jedina neinvazivna metoda koja se može izvesti kao ambulantna procedura i ne zahtjeva anesteziju. S druge strane, RIRS može raspršiti i razlomiti kamence pod direktnom kontrolom endoskopa i ima mogućnost izravnog uklanjanja



fragmenta pomoću različitih instrumenata. PCNL je standard za velike bubrežne kamence (veće od 2 cm), ali i opcija za veće kamence koji su otporni na udarne valove. Općenito, PCNL je invazivnija metoda od RIRS-a i ESWL-a i ima viši postotak komplikacija, u prvom redu krvarenja. Iako je zahvat ESWL-a relativno siguran i ima dobar rezultat, činjenica da ga u određenog broja bolesnika treba ponoviti smatra se relativnim nedostatkom ove metode. RIRS se sve više koristi zbog moderne opreme koja je dostupna i koja dodatno poboljšava ovu metodu, mada su i u ovim slučajevima moguće tehničke poteškoće i kirurške komplikacije. Svaki navedeni modalitet ima svoje prednosti i mane, stoga je kod izbora metode potrebno pronaći najbolju opciju, što je individualno za svakog pacijenta s urolitijazom, odnosno treba pristupiti svakom bolesniku na način da se primjeni za njega najbolja metoda liječenja. Prilikom izbora metoda važno je znati sve njezine prednosti i nedostatke, ali i uzeti u obzir opće stanje bolesnika, njegove druge bolesti i eventualne komorbiditete te kontraindikacije kao i njegov stav o samom liječenju.

(29) Postizanje maksimalnog učinka, odnosno potpunog uklanjanja kamenaca minimalno invazivnom tehnikom u jednom tretmanu, odnosno zahvatu, primarni je cilj svih metoda ekstrakcije kamenaca. Pacijenti su zadovoljniji kada nema rezidualnih fragmenata kamenca nakon zahvata, u odnosu na to da im treba određeno vrijeme koje može biti i nekoliko tjedana da bi izmokrili kamence, čak ukoliko se radi i o malim fragmentima. Čimbenici koji utječu na konačni kirurški ishod uključuju dostupnu infrastrukturu, odnosno dostupnost metoda, iskustvo kirurga i karakteristike kamenca (veličina, lokacija, tvrdoća i broj), kao i anatomiju pacijenta. (30)

## 2.11. ESWL u pedijatriji

Urolitijaza se pojavljuje u svim dječjim dobnim skupinama, od neonatalnog razdoblja na dalje te se može uočiti čak i na prenatalnom ultrazvuku. Osim visoke prevalencije pedijatrijske urolitijaze u endemskim područjima, incidencija se također povećava i na globalnoj razini. Kliničke prezentacije mogu se razlikovati unutar svake dobne grupe, stoga evaluacija, snimanje i liječenje moraju biti prilagođeni ovisno o tome radi li se o novorođenčadi, djeci predškolske dobi ili adolescentima prije ili poslije puberteta. Pedijatrijski pacijenti pod visokim su rizikom recidiva. Kako bi se to spriječilo, liječenje bi trebalo osigurati potpuno uklanjanje kamenaca, što je velik izazov za minimalno invazivne kirurške tehnike i ograničava primjenjivost ESWL-a. Potrebno je identificirati rizične čimbenike, koji mogu biti anatomske ili metaboličke, te oni zahtijevaju detaljnu daljnju obradu, najbolje u sklopu multidisciplinarnog pristupa. U prošlosti, velika većina kamenaca se uklanjala klasičnim operacijama. Danas se, napretkom minimalno invazivne kirurgije, većina kamenaca rješava koristeći ESWL, PCNL i ureteroskopiju/RIRS. Provođenje ovih metoda u praksi je izazovno, iako je ostvaren određeni napredak poboljšanjem tehnologije razvojem manjih instrumenata (Miniperc ili Microperc). Dostupni su također sofisticirani rigidni i fleksibilni ureteroskopi s poboljšanom optikom koji su, zajedno s razvojem laserske tehnologije i finih alata poput nitinolskih košarica i hvatača, značajno poboljšali minimalno invazivne operacije u djece. Od 1986., kad je prvi put opisan, ESWL je smatran za prvi izbor liječenja bubrežnih kamenaca u pedijatrijskih pacijenata. Međutim, s obzirom da nije bilo značajnih tehnoloških napredaka u ESWL-u, tehnike poput RIRS-a i mini/mikro PCNL-a zauzele su važno mjesto u liječenju pedijatrijske urolitijaze danas, (31) te je ESWL metoda izbora za odgovarajuće nekomplikirane slučajeve. Smatra se sigurnom i učinkovitom, no energetske razine i broj udarnih valova moraju se oprezno dozirati kako bi se izbjegle ozbiljne komplikacije. U dostupnoj literaturi nema dokaza o dugoročnom utjecaju ESWL-a na bubrežnu funkciju

u djece, ali broj bolesnika u istraživanjima je malen te su potrebne dodatne studije da bi se sa sigurnošću jasno moglo odgovoriti na ovo pitanje. Češće su opisane rane komplikacije poput kožnih lezija (crvenilo, modrice, petehije, nekroza), edema bubrežnog parenhima, hematoma, proteinurije, dilatacije kompleksa bubrežne čašice-nakapnica zbog retencije urina i hidronefroze, steinstrassea i infekcije mokraćnog sustava. One su posljedica pomicanja kamenaca i nastalih fragmenata te direktnog utjecaja udarnih valova na tkiva i najčešće su samo privremene. (32)

### 3. ZAKLJUČAK

Još od svojih početaka u 80-ima, ESWL je ostao sigurna i učinkovita metoda u liječenju urolitijaze i zlatni standard za uklanjanje manjih i srednjih bubrežnih kamenaca. Iako je princip rada ostao isti, ostvareni su brojni tehnološki napreci samih litotriptora, kao i slikovnih pretraga, koji su pridonijeli visokom uspjehu ESWL-a. Osim veličine kamenaca, brojni faktori utječu na efikasnost ove metode, poput lokacije i gustoće kamenca te udaljenosti od kože do kamenca, što ovisi o indeksu tjelesne mase pacijenta. Velika prednost ESWL-a je neinvazivnost, što isključuje potrebu za primjenom anestezije (za razliku od drugih minimalno invazivnih metoda) i sigurnost, odnosno relativno mali postotak komplikacija koje su obično kratkotrajne. Za postizanje optimalnih rezultata potrebno je napraviti pažljivu selekciju pacijenata i učiniti slikovne pretrage prije, odnosno nakon provođenja samog zahvata.

#### 4. LITERATURA

1. Soliman MG, Gameel T, El-Tatawy H, El-Abd AS. Extracorporeal shock wave lithotripsy for distal ureteric stones: which is the ideal approach? *Int Urol Nephrol*. 2020 Dec;52(12):2269-2274.
2. Manzoor H, Saikali SW. Renal Extracorporeal Lithotripsy. 2022 Jul 25. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan–.
3. S. Sotošek, J. Ahel, N. Rubinić, K. Smolić i D. Markić, "Izvantjelesno mrvljenje kamenaca", *Medicina Fluminensis*, vol.53, br. 3, str. 285-291, 2017. [Internet] [pristupljeno 23. 7. 2023.].
4. Drabiščák E, Dorko E, Vargovčák M, Velk L, Rimárová K, Andraščíková Š i sur. Analysis of potential risk factors associated with urolithiasis. *Cent Eur J Public Health*. 2022 Jun;30(Supplement):S37-S42
5. Ramaswamy K, Killilea DW, Kapahi P, Kahn AJ, Chi T, Stoller ML. The elementome of calcium-based urinary stones and its role in urolithiasis. *Nat Rev Urol*. 2015 Oct;12(10):543-57
6. Fisang C, Anding R, Müller SC, Latz S, Laube N. Urolithiasis--an interdisciplinary diagnostic, therapeutic and secondary preventive challenge. *Dtsch Arztebl Int*. 2015 Feb 6;112(6):83-91
7. Nirumand MC, Hajjalyani M, Rahimi R, Farzaei MH, Zingue S, Nabavi SM, i sur. Dietary Plants for the Prevention and Management of Kidney Stones: Preclinical and Clinical Evidence and Molecular Mechanisms. *Int J Mol Sci*. 2018 Mar 7;19(3):765
8. Knoll T, Traxer O. Urolithiasis: Medical and surgical treatment. *Eur Urol Focus*. 2021 Jan;7(1):1-2
9. Lobine, Devina & Ahmed, Salman & Aschner, Michael & Khan, Haroon & Mirzaei,

- Hamed & Mahomoodally i sur. (2020). Antiurolithiatic effects of pentacyclic triterpenes: The distance traveled from therapeutic aspects. Drug Development Research. 81. 10.1002/ddr.21670. [internet] [pristupljeno 14.8.2023.] dostupno na [https://www.researchgate.net/publication/340606567\\_Antiurolithiatic\\_effects\\_of\\_pentacyclic\\_triterpenes\\_The\\_distance\\_traveled\\_from\\_therapeutic\\_aspects](https://www.researchgate.net/publication/340606567_Antiurolithiatic_effects_of_pentacyclic_triterpenes_The_distance_traveled_from_therapeutic_aspects)
10. Elmansy HE, Lingeman JE. Recent advances in lithotripsy technology and treatment strategies: A systematic review update. Int J Surg. 2016 Dec;36(Pt D):676-680
  11. Tailly GG. Extracorporeal shock wave lithotripsy today. Indian J Urol. 2013 Jul;29(3):200-7
  12. Malinaric R, Mantica G, Martini M, Balzarini F, Mariano F, Marchi G i sur. The Lifetime History of the First Italian Public Extra-Corporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL) Lithotripter as a Mirror of the Evolution of Endourology over the Last Decade. Int J Environ Res Public Health. 2023 Feb 25;20(5):4127
  13. Tailly GG. Extracorporeal shock wave lithotripsy today. Indian J Urol. 2013 Jul;29(3):200-7
  14. Surutha's People Hospital [Internet] New Town, Mahabubnagar; Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (E.S.W.L) [pristupljeno 14.8.2023.] dostupno na <https://susruthapeopleshospital.com/facilities/e-s-w-l/>
  15. Strohmaier WL. Recent advances in understanding and managing urolithiasis. F1000Res. 2016 Nov 8;5:2651
  16. Renal & Urology News [Internet] New York; Stone Treatment in Kidney Grafts Characterized [pristupljeno 14.8.2023.] dostupno na <https://www.renalandurologynews.com/home/news/urology/kidney-stones/stone-treatment-in-kidney-grafts-characterized/>
  17. Reynolds LF, Krocak T, Pace KT. Indications and contraindications for

- shock wave lithotripsy and how to improve outcomes. *Asian J Urol.* 2018 Oct;5(4):256-263
18. KBC Zagreb Upute za pacijente [internet] [pristupljeno 30.7.2023.] dostupno na <https://www.kbc-zagreb.hr/upute-za-pacijente.aspx>
19. Manzoor H, Saikali SW. Renal Extracorporeal Lithotripsy. 2022 Jul 25. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan–.
20. Yoon JH, Park S, Kim SC, Park S, Moon KH, Cheon SH i sur. Outcomes of extracorporeal shock wave lithotripsy for ureteral stones according to ESWL intensity. *Transl Androl Urol.* 2021 Apr;10(4):1588-1595
21. Snicorius M, Bakavicius A, Cekauskas A, Miglinas M, Platkevicius G, Zelvys A. Factors influencing extracorporeal shock wave lithotripsy efficiency for optimal patient selection. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne.* 2021 Jun;16(2):409-416
22. Young MJ, Pang KH, Elmussarah M, Hughes PF, Browning AJ, Symons SJ. Acute extracorporeal shockwave lithotripsy for ureteric stones - 7-years' experience from a busy district general hospital. *BJU Int.* 2022 Nov;130(5):655-661
23. Na L, Li J, Pan C, Zhan Y, Bai S. Development and validation of a predictive model for major complications after extracorporeal shockwave lithotripsy in patients with ureteral stones: based on a large prospective cohort. *Urolithiasis.* 2023 Mar 2;51(1):42
24. Urologija.hr [Internet] [pristupljeno 8.9.2023.] dostupno na <https://www.urologija.hr>
25. Telegrafo M, Carluccio DA, Rella L, Ianora AA, Angelelli G, Moschetta M. Diagnostic and prognostic role of computed tomography in extracorporeal shock wave lithotripsy complications. *Urol Ann.* 2016 Apr-Jun;8(2):168-72
26. Garg G, Pandey S, Agarwal S, Sankhwar S. Unusual cause of obstructive uropathy: bilateral steinstrasse. *BMJ Case Rep.* 2018 Jun 5;2018:bcr2018225578

27. Lawler AC, Ghiraldi EM, Tong C, Friedlander JI. Extracorporeal Shock Wave Therapy: Current Perspectives and Future Directions. *Curr Urol Rep.* 2017 Apr;18(4):25
28. Fankhauser CD, Kranzbühler B, Poyet C, Hermanns T, Sulser T, Steurer J. Long-term Adverse Effects of Extracorporeal Shock-wave Lithotripsy for Nephrolithiasis and Ureterolithiasis: A Systematic Review. *Urology.* 2015 May;85(5):991-1006
29. Chung DY, Kang DH, Cho KS, Jeong WS, Jung HD, Kwon JK i sur. Comparison of stone-free rates following shock wave lithotripsy, percutaneous nephrolithotomy, and retrograde intrarenal surgery for treatment of renal stones: A systematic review and network meta-analysis. *PLoS One.* 2019 Feb 21;14(2):e0211316
30. Wen Z, Wang L, Liu Y, Huang J, Chen CX, Wang CJ i sur. A systematic review and meta-analysis of outcomes between dusting and fragmentation in retrograde intrarenal surgery. *BMC Urol.* 2023 Jul 7;23(1):113
31. Sultan S, Aba Umer S, Ahmed B, Naqvi SAA, Rizvi SAH. Update on Surgical Management of Pediatric Urolithiasis. *Front Pediatr.* 2019 Jul 3;7:252
32. Dobrowiecka K, Przekora J, Jobs K, Kowalczyk K, Plewka K, Paturej A i sur. Early complications of extracorporeal shockwave lithotripsy in the records of the Department of Paediatrics, Nephrology and Allergology of the Military Institute of Medicine - preliminary results. *Dev Period Med.* 2018;22(3):260-264



## 5. ZAHVALE

Ponajprije se zahvaljujem svom mentoru prof.dr.sc. Tvrtku Hudolinu na predloženoj temi, kao i na savjetima i pomoći koje mi je pružio pri pisanju ovog diplomskog rada. Zahvalan sam i svojoj obitelji, a posebice svojim roditeljima, na neiscrpnj podršci koju su mi pružili tokom studija medicine. Na kraju, zahvaljujem se i svojim prijateljima, koji su mi uvelike uljepšali i olakšali period studiranja.

## 6. ŽIVOTOPIS

### **Osobni podaci**

Ime i prezime: Marko Nakić

Datum i mjesto rođenja: 9.12.1997., Šibenik

### **Obrazovanje:**

2004.-2012.- Osnovna škola Brodarica, Brodarica

2012.-2016.- Gimnazija Antuna Vrančića, Šibenik

2016.-2023.- Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

### **Posebna znanja i vještine:**

Tečno govorim engleski jezik, aktivno se služim njemačkim jezikom. Poznajem osnove rada na računalu.