



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Vyšetření močového sedimentu a urolitiáza

Microscopic urine examination and urolithiasis

Bakalářská práce

Studijní program: Laboratorní diagnostika ve zdravotnictví

Autor bakalářské práce: Kateřina Pulgretová

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Daniela Obitková

Kladno 2022



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pulgreťová** Jméno: **Kateřina** Osobní číslo: **491593**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Laboratorní diagnostika ve zdravotnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vyšetření močového sedimentu a urolitiáza

Název bakalářské práce anglicky:

Microscopic Urine Examination and Urolithiasis

Pokyny pro vypracování:

Předmětem bakalářské práce bude vyšetření močového sedimentu se zaměřením na detekci krystalů a popis a možnosti laboratorní detekce urolitiázy. Teoretická část práce bude pojednávat o urolitiáze a její definici, faktorech podporujících vznik urolitiázy, tvorbu konkrémentů a o jejich rozdělení. Dále se teoretická část bude zabývat laboratorním vyšetřením močového sedimentu automatizovaným i manuálním způsobem. Praktická část práce bude zaměřena na automatizovaný rozbor močového sedimentu se zaměřením na detekci krystalů. U pacientů specializovaného pracoviště s diagnostikovanou urolitiázou bude následně močový sediment porovnáván s analyzovanými konkrémenty operativně odebraných danému pacientovi.

Seznam doporučené literatury:

- [1] NAIR, Muralitharan a Jan PEATE, Patofyziologie pro zdravotnické obory, ed. 1, Grada Publishing, 2017, ISBN 978-80-271-0229-7
- [2] HORA, Milan a Olga DOLEJŠOVÁ, Urologie pro studenty všeobecného lékařství, ed. 1, Karolinum, 2020, ISBN 978-80-246-4544-5
- [3] NAVRÁTIL, Leoš, Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory, ed. 2, zcela přepracované a doplněné vydání, Grada Publishing, 2017, ISBN 978-80-271-0210-5

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

MUDr. Daniela Obítková

Jméno a příjmení konzultant(a)ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.09.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2023**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
obor

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci s názvem Vyšetření močového sedimentu a urolitiáza vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 05.05.2022

.....
Kateřina Pulgretová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto formou poděkovala své vedoucí bakalářské práce paní MUDr. Daniele Obitkové za trpělivost, ochotu, odborný dohled, cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce. Dále patří mé poděkování paní vedoucí laborantce Mgr. Martině Bunešové, MBA z Ústavu lékařské chemie a klinické biochemie ve Fakultní nemocnici v Motole za umožnění realizace praktické části bakalářské práce. V neposlední řadě děkuji paní laborantce Irině Stýborové za odborný dohled a pomoc při měření výsledků k praktické části bakalářské práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá analýzou moči a urolitiázou. V teoretické části práce je popisována tvorba moči, fyzikální i chemická analýza moči a vyšetření močového sedimentu. Dále teoretická část práce pojednává o urolitiáze, její definici, o faktorech podporujících vznik urolitiázy a o tvorbě konkrementů a jejich rozdělení. Uvedeny jsou také projevy urolitiázy a možnosti diagnostiky tohoto onemocnění.

Praktická část se zabývá porovnáním chemické analýzy moči provedené na analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus a analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020. Dále se praktická část práce zabývá automatizovaným rozбором močového sedimentu se zaměřením na detekci krystalů a analýzou konkrementů na spektrometru s infračervenou Fourierovou transformací Nicolet iS10. Praktická část následně sleduje vliv pH na tvorbu krystalů v moči a jejich souvislost se složením vzniklých močových konkrementů. Popsány jsou zde i principy výše zmíněných analyzátorů.

Po porovnání získaných výsledků lze považovat analyzátory Atellica 1500/Clinitek Novus a AUTION ELEVEN AE-4020 za navzájem zastupitelné. Další výsledky prokazují, že v alkalické moči vznikají fosforečnany a kyselá moč podporuje tvorbu oxalátů, urátů a krystalů kyseliny močové. pH moči má také prokazatelný účinek na tvorbu močových konkrementů a jejich složení.

Klíčová slova

Moč; Močový sediment; Močové konkrementy; Urolitiáza; Diagnostika urolitiázy

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the analysis of urine and urolithiasis. The theoretical part describes the physiology of urine production, physical and chemical analysis of urine and the examination of urinary sediment. Furthermore, the theoretical part deals with urolithiasis, sets the definition, identifies the factors supporting crystals formation including calculus formation. Manifestations of urolithiasis and the possibilities of the diagnosis of this disease are also presented.

The practical part is aimed at the comparison of the chemical urinalysis performed by the Atellica 1500/Clinitek Novus analyzer and the AUTION ELEVEN AE-4020 analyzer. The main goal of the work is automated analysis of urinary sediment with a focus on crystal detection and analysis of calculi by the Fourier transform infrared spectrometer Nicolet iS10. The practical part monitors the effect of pH on the formation of crystals in the urine and their relationship to the composition of urinary calculi. The principles of the above-mentioned analyzers are also described.

After comparing the obtained results, the Atellica 1500/Clinitek Novus and the AUTION ELEVEN AE-4020 analyzers can be considered equivalent. Other results show that calcium phosphates are formed in alkaline urine and that acidic urine promotes the formation of oxalates, urate and uric acid crystals. Urine pH also has a significant effect on the formation of urinary calculi and their composition.

Keywords

Urine; Urinary Sediment; Urinary calculi; Urolithiasis; Diagnosis of urolithiasis

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce.....	2
3	Přehled současného stavu.....	3
3.1	Proč vyšetřujeme moč? Důležitost vyšetření moči.	3
3.2	Tvorba moči	3
3.2.1	Funkční anatomie	4
3.2.2	Glomerulární filtrace.....	5
3.2.3	Tubulární resorpce a tubulární sekrece.....	7
3.3	Další fyziologické funkce močového aparátu.....	8
3.4	Patofyziologie tvorby moči.....	9
3.4.1	Proteinurie.....	10
3.4.2	Hematurie.....	10
3.4.3	Glykosurie	10
3.4.4	Renální insuficience a selhání.....	11
3.5	Vyšetření moči.....	11
3.5.1	Preanalytická fáze	12
3.5.2	Odběr moči.....	13
3.5.3	Analýza moči	14
3.5.4	Postanalytická fáze.....	24
3.6	Definice urolitiázy.....	25
3.7	Výskyt onemocnění	25
3.8	Faktory ovlivňující vznik urolitiázy.....	25
3.8.1	Metabolické poruchy	27

3.9	Tvorba konkrementů	30
3.10	Rozdělení konkrementů.....	30
3.11	Projevy onemocnění	31
3.12	Diagnostika urolitiázy	32
3.12.1	Nativní nefrogram.....	32
3.12.2	Nekontrastní výpočetní tomografie	32
3.12.3	Intravenózní vylučovací urografie.....	33
3.12.4	Ultrasonografie	33
4	Metodika.....	34
4.1	Analyzátor Atellica 1500/Clinitek Novus.....	34
4.1.1	Přístroje a pomůcky	35
4.1.2	Reagencie	35
4.1.3	Kalibrace	36
4.1.4	Princip metody	36
4.1.5	Pracovní postup.....	39
4.1.6	Interní kontrola kvality.....	39
4.2	Analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020.....	40
4.2.1	Přístroje a pomůcky	40
4.2.2	Reagencie	40
4.2.3	Kalibrace	40
4.2.4	Princip metody	40
4.2.5	Pracovní postup.....	43
4.2.6	Interní kontrola kvality.....	43
4.3	FTIR spektrometr Nicolet iS10.....	44

4.3.1	Přístroje a pomůcky	44
4.3.2	Reagencie	45
4.3.3	Kalibrace	46
4.3.4	Princip metody	46
4.3.5	Pracovní postup.....	47
4.3.6	Interní kontrola kvality.....	49
5	Výsledky	50
5.1	Chemické vyšetření moči na analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus a analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020	50
5.2	Vyšetření močového sedimentu se zaměřením na detekci krystalů a porovnání s pH moči	53
5.3	Močové konkrementy a močový sediment pacientů s diagnostikovanou urolitiázou	56
6	Diskuze	59
7	Závěr	63
8	Seznam použitých zkratk.....	64
9	Seznam použité literatury	65
10	Seznam použitých obrázků	73
11	Seznam použitých tabulek.....	74
12	Seznam příloh.....	75

1 ÚVOD

Moč je snadno dostupným biologickým materiálem, který lze získat k vyšetření v dostatečném množství obvykle neinvazivním způsobem. I proto se hojně využívá k diagnostice onemocnění, sledování průběhu onemocnění a monitoringu léčby.

Moč se analyzuje fyzikálně a chemicky pomocí diagnostických proužků nebo mikroskopicky. Mikroskopické vyšetření neboli vyšetření močového sedimentu popisuje částicové a krystalické složení moči. Močový sediment lze zkoumat manuálně, v dnešní době je však převážná většina vyšetření automatizovaná a využívá automatizované močové linky. Ty spojují mikroskopickou i chemickou analýzu, čímž zvyšují efektivitu celého vyšetření.

Urolitiáza je onemocnění, při kterém dochází k vytváření solidních krystalických částic v močovém traktu. V evropských zemích se v posledních letech jedná o rozšiřující se onemocnění, a to převážně z důvodu nadměrné konzumace nezdravé stravy, nedostatku pohybu a nárůstu výskytu civilizačních chorob jako je obezita či diabetes mellitus. V České republice je incidence onemocnění 0,1 %, prevalence se pohybuje kolem 2-3 % (Hora, 2020).

2 CÍLE PRÁCE

Cílem teoretické části práce je podání uceleného přehledu o fyziologických funkcích uropoetického traktu, patofyziologii tvorby krystalů a vzniku urolitiázy. Probrány jsou též typy urolitiázy, minerálové složení konkrementů a příznaky tohoto onemocnění. Důraz je kladen i na diagnostické postupy při vyšetření močového sedimentu a možnosti vyšetření složení vybraných konkrementů.

Praktická část práce je zaměřena na chemickou analýzu moči, vyšetření močového sedimentu s detekcí krystalů a porovnání močového sedimentu s výsledky analýzy močových konkrementů pacientů specializovaného pracoviště s diagnostikovaným onemocněním urolitiáza. Za vytyčený cíl je považováno porovnání výsledků chemické analýzy moči ze dvou analyzátorů. Dále je cílem praktické části bakalářské práce prokázání vlivu pH na výskyt krystalů v moči a následnou tvorbu močových konkrementů.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Proč vyšetřujeme moč? Důležitost vyšetření moči.

Obecně je na moč pohlíženo jako na odpadní produkt. Moč má však velmi cenný a nezanedbatelný přínos jako diagnostický biologický materiál (Bouatra, 2013). Moč se stala důležitým markerem zdraví a nemoci organismu již v dobách starověkého Egypta. Použití moči k analytickým účelům má spoustu výhod oproti ostatním tělním tekutinám, přičemž její hlavní předností je, že moč lze snadno získat ve velkém množství neinvazivní metodou a taktéž není problém odběr vzorku opakovat (Ryana, 2011).

Běžná analýza moči se provádí ze tří hlavních důvodů:

- 1) napomáhá diagnostice nemocí, a to i nemocí asymptomatických, vrozených či dědičných,
- 2) lze její pomocí sledovat průběh onemocnění,
- 3) k monitoraci účinnosti léčby či jejích komplikací (Brunzel, 2016).

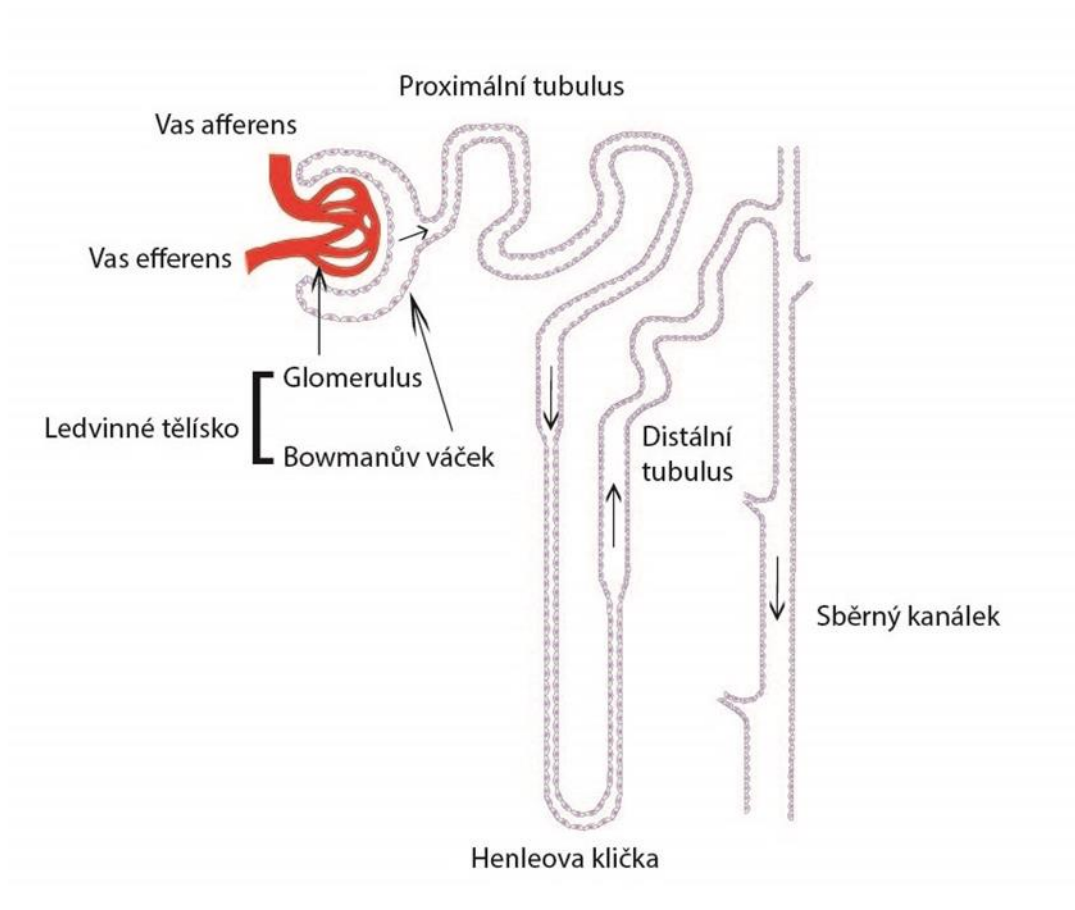
Vyšetření moči dokáže odhalit nejenom onemocnění močových cest a ledvin, ale vzhledem k tomu, že se jedná o filtrát krevní plazmy, významně napomáhá k hodnocení a monitoraci homeostázy organismu a sledování metabolických chorob (Brunzel, 2016).

3.2 Tvorba moči

Tvorba moči je primární exkreční funkcí ledvin (Brunzel, 2016). Tento děj zahrnuje dva základní procesy: ultrafiltraci plazmy v glomerulech, kterou následuje aktivní transport (sekrece i reabsorpce) látek v tubulech (Vokurka, 2012).

3.2.1 Funkční anatomie

Základní funkční jednotkou ledviny pro tvorbu moči je nefron (Nair, 2017). Nefron je tvořen ledvinnými Malpighiho tělísky, která se skládají ze dvou částí: Bowmanovo pouzdro a glomerulus. Krev je do glomerulu přiváděna arterioulou vas afferens, která se zde větví na kapiláry, a ty se následně opět spojují do vas efferens, ze které poté vzniká peritubulární kapilární pleteň. Glomerulus je uložen v Bowmanově pouzdře, to je rozděleno na parietální a viscerální list. Do prostoru mezi těmito listy je z glomerulu filtrován glomerulární filtrát, tedy primární moč. Primární moč následně odtéká do nejdělsí části nefronu – proximálního tubulu, který začíná proximálním stočeným úsekem (pars convoluta) a následně přechází do části přímé (pars recta). Přímý úsek proximálního tubulu přechází do Henleovy kličky. Henleova klička je tvořena sestupným a vzestupným raménkem, na které navazuje distální tubulus. Distální tubulus je tvořen nejdříve přímým úsekem (pars recta) a poté částí stočenou (pars convoluta), která ústí spojovacím segmentem do poslední části nefronu, sběracího kanálku. Sběrací kanálky ústí do ledvinné pánvičky, odkud se moč pravidelnými kontrakcemi močovodu dostává do močového měchýře a z něj močovou trubicí z těla ven (Silbernagl, 2016). Schéma nefronu je vyobrazeno a popsáno na obrázku 1.

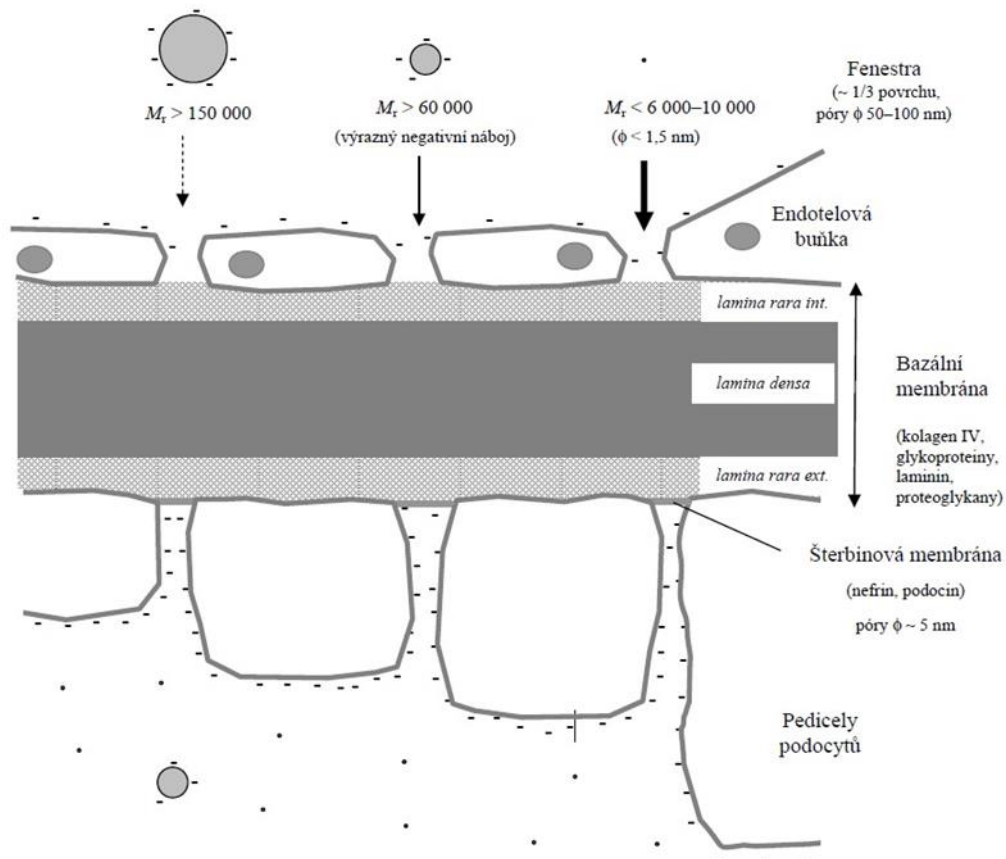


Obrázek 1 – Stavba nefronu (Fontana, 2014)

3.2.2 Glomerulární filtrace

Glomerulární filtrace je prvním krokem při procesu tvorby moči. Jedná se o děj, kdy je z krve z glomerulárních kapilár filtrován velký objem tekutiny, primární moči, do Bowmanova pouzdra (Franěk, 2012). Ultrafiltrace krevní plazmy probíhá přes glomerulární filtrační membránu, která je tvořena 3 vrstvami. První vrstvou je fenestrováný endotel glomerulárních kapilár (lamina fenestra), průměr fenester je okolo 50–100 nm. Pod ním se jako druhá vrstvá nachází bazální membrána složená ze sítě jemných fibril v gelovité matrici. Třetí vrstvou je viscerální list Bowmanova pouzdra, který vytvářejí epitelové buňky podocyty, jejichž výběžky pedicely jsou vzájemně propleteny. Mezi pedicely se nachází membrána s póry o průměru cca 5 nm.

Zda molekula projde glomerulární membránou závisí na její velikosti, náboji a také jejím tvaru. Volně filtrovatelné jsou molekuly s relativní molekulovou hmotností méně než 10 000, molekuly s hmotností nad 100 000, stejně jako buněčné elementy neprocházejí vůbec. Podlouhlé molekuly se filtrují snadněji než sférické. Na prostupnost molekul má dále vliv i náboj membrány. Glomerulární endotelové buňky i podocyty obsahují negativní náboj, bazální membrána rovněž. Záporně nabitě molekuly se proto filtrují obtížněji než nenabitě. V glomerulech se také nacházejí stelátové mesangiální buňky, které mají schopnost fagocytózy velkých částic z plazmy (např. imunokomplexů) (Tomandl, 2004). Schéma stavby glomerulární filtrační membrány a její propustnost pro molekuly zobrazuje obrázek 2.



Obrázek 2 – Stavba glomerulární filtrační membrány a její propustnost pro molekuly (Tomandl, 2004)

Fyziologicky se glomerulární filtrace pohybuje okolo 120 ml/min, tedy 180 litrů primární moči za den. Její hodnota závisí na průtoku krve ledvinami, filtračním tlaku, onkotickém tlaku v plazmě a na velikosti filtrační plochy. Stanovení glomerulární filtrace patří mezi základní funkční vyšetření ledvin (Fontana, 2014).

3.2.3 Tubulární resorpce a tubulární sekrece

Složení primární moči se od složení plazmy liší pouze tím, že neobsahuje téměř žádné bílkoviny (Tomandl, 2004). Z celkového filtrátu se musí přibližně 99 % zpětně vrátit tubulární resorpcí do těla. Jedná se o proces, kdy se látky z lumen tubulu či sběrného kanálku transportují do buňky a zpět do krevního oběhu. Dochází ke zpětnému vstřebávání vody, ale také iontů (sodík, chlor, draslík, vápník, hořčík, bikarbonáty, fosfáty), močoviny, glukózy či aminokyselin. K transportu dochází různými mechanismy: pasivně difúzí ve směru koncentračního nebo elektrického gradientu, primárně aktivním transportem či sekundárně aktivním transportem (Fontana, 2014).

Naopak tubulární sekrece je proces, kdy jsou látky z tubulární buňky transportovány do lumen tubulu či sběrného kanálku. Hlavní úlohou tubulární sekrece je odstranit z těla více odpadních a toxických látek, než se zvládne přefiltrovat v glomerulech. K sekreci dochází především v proximálním tubulu, kam jsou tyto látky transportovány ve vazbě na různé proteiny. Secrenované endogenní látky jsou například urát, oxalát, adrenalin, serotonin, mezi exogenní látky takto vylučované patří mimo jiné barbituráty, penicilin, atropin, morfin (Franěk, 2012).

V proximálním tubulu je resorbováno okolo 75-80 % primární moči. Resorbovány jsou ionty sodíku, vápníku a chlóru, fosfáty, hydrogenuhličitany, glukóza a aminokyseliny. Dále dochází ke zpětnému transportu proteinů

s nízkou molekulovou hmotností, které prošly ultrafiltrací v glomerulech. Resorpce solutů z proximálního tubulu je provázena pasivní resorpcí vody, a tak osmolalita resorbované i odtékající tekutiny zůstává téměř neměnná, a to izotonická s krevní plazmou. Kromě resorpce dochází v proximálním tubulu k sekreci amoniaku a vodíkových iontů, což má význam při udržování acidobazické rovnováhy (Táborská, 2008).

V další části nefronu, Henleově kličce, dochází vlivem protiproudového multiplikačního systému ke vzniku hypotonické tekutiny v porovnání s plazmou či extracelulární tekutinou. Tato tekutina vstupuje do distálního tubulu, kde je pod vlivem aldosteronu dále resorbován Na^+ a sekretován K^+ . Dále zde pokračuje resorpce hydrogenuhličitanů a Cl^- , stejně jako vody, která je ovlivněna působením vasopresinu a resorbuje se zhruba na 1 % původního objemu (Táborská, 2008).

Konečným produktem výše popsaných dějů je definitivní moč. Normální objem vyloučené moči u zdravého dospělého člověka je 1,5 až 2 litry za den (Fontana, 2014).

3.3 Další fyziologické funkce močového aparátu

Ledviny se také podílejí na regulaci krevního tlaku, a to konkrétně syntézou reninu a faktorů způsobujících rozšíření cév (vazodilataci). Renin je enzym syntetizovaný v juxtaglomerulárních buňkách kůry ledvin a stimulem pro jeho sekreci je pokles tlaku krve ve vas afferens. Renin štěpí angiotenzinogen na angiotenzin I, z něhož dále vzniká angiotenzin II (látka způsobující zúžení cév), a aldosteron. Angiotenzin II i aldosteron poté podněcují opětovný vzestup krevního tlaku. Mezi látky syntetizované v ledvinách působící naopak vazodilataci a tím pokles tlaku krve patří například kininy a prostaglandiny (Vokurka, 2012).

Endokrinní aktivita ledvinného parenchymu zahrnuje kromě tvorby reninu také produkci erythropoetinu. Erythropoetin je hormon, který reguluje produkci červených krvinek – erytrocytů. Váže se na membrány prekurzorů erytrocytů, čímž snižuje jejich zánik. Dále v ledvinách hydroxylací neaktivního cholekalciferolu dochází k aktivaci vitamínu D₃ na endokrinně aktivní hormon kalcitriol (Fontana, 2014).

3.4 Patofyziologie tvorby moči

Změny, které vypovídají o poškozené funkci ledvin, lze vysvětlit těmito patogenetickými mechanismy nebo jejich kombinacemi:

- 1) nedostatečné vylučování vody, iontů či katabolitů nebo naopak nadměrné ztráty těchto látek, které jsou běžně aktivně resorbovány v tubulech,
- 2) porucha endokrinní funkce ledvin a kompenzace renálního postižení ostatními systémy. Řada onemocnění ledvin může probíhat spoustu let naprosto bezpříznakově a v čase objevení prvních příznaků se jedná již o manifestaci renální insuficience.

Poruchu vylučovacího ústrojí lze odhalit již ze samotného množství moči. Běžná diuréza u zdravého dospělého člověka je 1,5-2 litry za den. Jako polyurii označujeme množství vyloučené moči vyšší než 2 litry za den. Normální osmolalita moči se pohybuje v rozmezí 300–900 mmol/kg. Při osmotické polyurii je moč hypertonická, protože dochází k exkreci osmoticky aktivních látek a současně tedy i vody po koncentračním spádu. K osmotické polyurii dochází například u pacientů s dekompenzovaným diabetem mellitem. Naopak vodní polyurie se vyznačuje hypotonickou močí s nízkou hustotou a může se objevit například při nadměrném příjmu tekutin. Diuréza nižší než 0,5 litru za den se nazývá oligurie a jako anurii popisujeme množství moči pod 100 ml za den. Oba tyto stavy postupně nastávají při ledvinném selhávání (Fontana, 2014).

3.4.1 Proteinurie

Proteinurie je označení pro přítomnost bílkoviny v moči, a to více než 150 mg za den. Fyziologicky prochází přes glomerulární filtrační membránu jen minimální množství plazmatických proteinů a většina je resorbována v tubulech. Do moči se tak běžně vyloučí jen několik miligramů denně a standardní zkoušky na proteinurii toto množství neodhalí (Táborská, 2005). Rozlišujeme proteinurii glomerulární a tubulární. Glomerulární proteinurie vzniká při zvýšené propustnosti glomerulárních kapilár, ke které dochází při narušení celistvosti glomerulární membrány, případně při změnách jejich elektrických vlastností, kdy je narušen její záporný náboj. Při tubulární proteinurii dochází k poruše zpětného vstřebávání proteinů s nízkou molekulární hmotností, které se dostaly do primární moči. Dále lze ještě odlišit proteinurii prerenální, při které jsou močí vylučovány malé proteiny z důvodu jejich zvýšené koncentrace v plazmě (Vokurka, 2012).

3.4.2 Hematurie

Jako hematurii označujeme nález červených krvinek a jiných součástí krve v moči. Rozlišujeme hematurii makroskopickou, kdy přítomnost krve v moči poznáme pouhým okem, tj. od 1 ml krve na litr moči, a hematurii mikroskopickou rozeznatelnou až vyšetřením pod mikroskopem (patologické jsou 2-3 erytrocyty v zorném poli) (Študent, 2002). Příčinou hematurie může být průnik erytrocytů přes poškozený glomerulární filtr nebo krev pochází z vývodných cest močových (Vokurka, 2012).

3.4.3 Glykosurie

Malé rozměry molekuly glukózy způsobují, že je volně filtrována v glomerulech. Definitivní moč však fyziologicky žádnou glukózu neobsahuje, všechna je zpětně resorbována v tubulech, což je denně množství asi 160 gramů.

Určitá koncentrace glukózy v krvi, respektive v primární moči, však transportní mechanismy zajišťující resorpci plně zasytí (ledvinný práh) a glukózu poté nalezneme v definitivní moči. Tento děj označujeme jako glykosurii. Glykosurie se objevuje buď v souvislosti se snížením ledvinného prahu pro glukózu, tubulárními poruchami nebo jako důsledek hyperglykémie, nejčastěji při onemocněním diabetem mellitem (Franěk, 2012).

3.4.4 Renální insuficience a selhání

Renální insuficience je stav porušené funkce ledvin, kdy glomerulární filtrace klesá na 20-70 ml/min. Za běžných podmínek ledviny svoji úlohu, tedy udržení parametrů vnitřního prostředí, zvládají plnit, avšak při zátěžových situacích nastává dekompenzace stavu. Renální insuficienci můžeme rozdělit na akutní, kdy k rozvoji změn dochází náhle, a chronickou, která nastává jako konečné stadium chronických onemocnění ledvin. Při chronické insuficienci se proto uplatňují kompenzační mechanismy, například zvýšená aktivita reziduálních nefronů, a ledviny jsou tak ještě dlouho schopny udržet rovnováhu vnitřního prostředí (Vokurka, 2012).

V konečné fázi renálního selhání ledviny nezvládají zajistit vodní, iontovou a acidobazickou rovnováhu ani za standardních okolností při normální funkci ostatních orgánů. Hodnota glomerulární filtrace se pohybuje pod 20 ml/min (Vokurka, 2012).

3.5 Vyšetření moči

Vyšetření moči se skládá z několika za sebou jdoucích fází: preanalytické fáze, která zahrnuje i odběr vyšetřovaného materiálu, samotné analýzy moči a postanalytické fáze (Cibiček, 2014).

3.5.1 Preanalytická fáze

Preanalytická fáze je důležitou součástí laboratorního vyšetření. Skládá se z odběru vzorku, identifikace, zpracování, uchovávání a převozu vzorku do laboratoře, kde je vzorek přijat k analýze. Preanalytická fáze je ale zároveň zdrojem až 60 % chyb vzniklých při laboratorních vyšetřeních. Na těchto chybách, které následně mohou zkreslovat výsledky, se podílí několik různých faktorů (Cibiček, 2014).

Vlivů spojených při vyšetření se samotnou osobou pacienta je mnoho. Obecně platí, že je lze rozdělit na dvě skupiny – vlivy ovlivnitelné a neovlivnitelné (Cibiček, 2014; Racek, 2019).

- Vlivy neovlivnitelné

Mezi neovlivnitelné faktory preanalytické fáze řadíme věk, pohlaví, u žen pak cyklické změny či graviditu. Výsledek může ovlivnit i rasa, etnická skupina, současně probíhající nemoc či jiná individuální odlišnost pacienta (Cibiček, 2014; Racek, 2019).

- Vlivy ovlivnitelné

Mezi ovlivnitelné vlivy patří fyzická aktivita, psychický stres, příjem potravy, tekutin, alkoholu a dalších návykových látek. Například pH moči je silně ovlivněno potravou, neboť ovoce a zelenina zvyšují pH moči, naopak tučná strava moč okyseluje. Dále pak mezi ovlivnitelné faktory spadá kouření a užívání léků (Cibiček, 2014; Racek, 2019).

Správný odběr biologického materiálu a znalost vlivů na změnu vzorku je nutná součástí vědomostí zdravotnického personálu a je taktéž potřeba o správném odběru vzorku informovat pacienta. Při odběru moči patří mezi

faktory ovlivňující kvalitu vyšetření materiál použité odběrové nádoby, konzervační látky (pokud jsou použity) a transport. Při transportu hraje roli doba trvání (do 2 h), teplota při transportu (při vyšší teplotě dochází k množení bakterií a rozpadu buněčných elementů) a sluneční svit. Transport probíhá vždy v nádobách s pevně doléhajícím víčkem (Bartoš, 2005; Benáková, 2019).

3.5.2 Odběr moči

Odběr moči lze provádět neinvazivním (močení neboli mikce) nebo invazivním způsobem (aseptická suprapubická punkce). Pokud pacient není schopen například z důvodu bezvědomí, těžkého stavu či poranění močových cest močit sám, lze odběr provést miniinvazivním způsobem (např. aseptické cévkování)

Při odběru moči na vyšetření chemicky a na vyšetření močového sedimentu odebíráme 10 ml moči do čisté a suché zkumavky z inertního materiálu. Vyšetřujeme střední proud první ranní moči po důkladném očištění genitálií. Pro analýzu močového sedimentu je nutné vzorek transportovat ke zpracování do laboratoře do 1 hodiny po odebrání vzorku.

Při stanovování bílkovin, kortizolu, minerálů nebo při určování glomerulární filtrace pomocí clearance kreatininu je výhodné sbírat moč v čase (nejčastěji 4, 12 nebo 24 h). Sběr může probíhat i v horizontální poloze během noci. Při sběru moči za 24 h sbírá pacient po důkladném vyprázdnění močového měchýře po dobu celého dne moč do dostatečně velké chlazené nádoby. Celý objem nádoby následující den pacienti pečlivě promíchají, změří objem s přesností na 10 ml a 10 ml vzorku doručí k analýze. Na žádanku se uvádí přesný objem moči a doba sběru.

Sběr moči ke stanovení mikroalbuminurie probíhá přes noc (8 h). Pacient jde spát s prázdným močovým měchýřem a po probuzení vymočí celý jeho obsah do dostatečně velké sběrné nádoby. Sbírá se i moč během nočního probuzení. Po 8 h je nutné změřit objem moči s přesností na 1 ml (Benáková, 2019; Cibiček, 2014).

3.5.3 Analýza moči

Analýza moči je rozdělena na fyzikální vyšetření moči, chemické vyšetření moči a vyšetření močového sedimentu. Močový sediment lze vyšetřovat manuálním způsobem pomocí mikroskopu, v současné době však převažuje rozbor automatizovaný (Hamouzová, 2020).

1) Fyzikální vyšetření moči

Fyzikální vyšetření moči lze provést makroskopicky již v ordinaci lékaře. Vyhodnocujeme barvu, zákal, zápach, hustotu, množství a pH moči. Díky přítomnosti urochromů je moč za fyziologických podmínek nažloutlá čirá tekutina. Zbarvení moči závisí na množství přijatých tekutin, stravě či přítomnosti patologických prvků (hemoglobin, bilirubin). K zákalu moči může dojít po dlouhém stání vzorku nebo u patologických stavů jako je dehydratace, proteinurie, nadbytek fosfátů či gynekologický výtok. Správný zápach čerstvé moči se přirovnává k masovému bujónu. Ovlivněn může být stravou, množstvím tekutin, léky a patologickými stavy (diabetes mellitus). Hustota neboli měrná hmotnost udává množství rozpuštěných látek v moči. Podává informaci o osmolalitě moči a upozorňuje na patologické stavy jako je například diabetes mellitus (vyšší hustota) a chronické onemocnění ledvin (nižší hustota). Množství moči je závislé na příjmu tekutin, únavě, psychickém vypětí a na užívání diuretik. pH moči je rovněž určeno potravou, příjmem tekutin, návykových látek či léků. Normální pH moči se pohybuje v rozmezí 5,0–6,5. Vyšší pH způsobuje vegetariánská strava nebo i infekce močových cest, kyselá moč vzniká příjmem

vysoko-proteinové stravy, hladověním nebo respirační acidózou (Hamouzová, 2020; Čermáková, 2010; Táborská, 2010).

2) Chemické vyšetření moči

Chemické vyšetření moči se nejčastěji v klinických laboratořích provádí pomocí diagnostických proužků. Jedná se o semikvantitativní nebo kvantitativní vyšetření založené na kalorimetrické reakci, při které se v nativní moči zkoumá glukóza, proteiny, bilirubin, urobilinogen, hemoglobin, ketolátky, nitrity, pH a hustota. Diagnostické proužky, vyrobené z plastu či chromatografického papíru s indikačními zónami, mohou být určeny pro každý specifický parametr zvlášť. Výhodnější jsou však kombinované formy těchto testů. Po namočení do moči se aktivují detekční procesy na indikační zóně a podle množství analytu ve vzorku dojde ke změně zbarvení zóny. Vzniklé zbarvení se opticky porovná s barevnou stupnicí na obalu nebo stanovuje reflexními fotometry. V případě pozitivního výsledku některé z látek je nutné výsledek potvrdit jinou metodou jako je například zkumavková reakce (Táborská, 2010; Černá (Vincencová), 2021; Dubská, 2010).

Za fyziologických podmínek se glukóza v moči vyskytuje jen v nepatrném množství. Pokud se pomocí enzymového stanovení D-glukózy na diagnostickém proužku objeví pozitivní výsledek, jedná se o glykosurii, která je nejčastěji způsobena diabetem. Proteiny jsou za normálního stavu v moči opět přítomny jen ve stopovém množství. Diagnostické proužky jsou citlivé převážně na přítomnost albuminu v moči, která může značit onemocnění ledvin, infekci močových cest či další patologické stavy. Koncentraci bílkovin v krvi ovlivňuje i fyzická námaha a poloha těla. Bilirubin a urobilinogen jsou žlučová barviva vznikající při metabolismu hemoglobinu. Nález žlučových barviv diagnostickými proužky v moči poukazuje na poškození jaterního parenchymu

či obstrukci žlučových cest kamenem či nádorem. Hemoglobin se v moči u zdravého člověka nevyskytuje. Jeho přítomnost v moči značí poranění močového měchýře nebo ledvin, zánět močového měchýře či ledvin, nádory ledvin, močového měchýře a prostaty. Pomocí průkazu granulocytárních esteráz lze diagnostickými proužky určit přítomnost leukocytů v moči, které značí zánět. Ketolátky se stanovují reakcí na beta-hydroxybutyrát. Nejčastěji se v moči vyskytují u diabetiků, dále pak při hladovění či nadbytku tuků a bílkovin v potravě. Nitrity v moči indikují bakteriurii. Vznikají přeměnou močových nitrátů činností gramnegativních bakterií (Dubská, 2010).

3) Vyšetření močového sedimentu

Mikroskopická analýza moči patří k nezákladnějším biochemickým vyšetřením. Určuje krystalické a částicové složení moči. Morfologické vyšetření se v dnešní době provádí na automatizovaných linkách, kdy u sporných vzorků je následně nutné výsledek potvrdit manuální mikroskopií (Dubská, 2010; Beňovská, 2015).

- Manuální rozbor močového sedimentu

Pro manuální mikroskopii je nutné připravit si preparát. Používá se nativní vzorek ranní moči (dostatečně koncentrovaný), který se centrifuguje 5 minut při 2000 otáčkách za minutu. Vzniklý supernatant se následně odlije, aby vznikla 10x koncentrovaná moč. Na sklíčko se nanese kapka. Močový sediment se poté obvykle barví, aby elementy byly lépe rozeznatelné. Barvení probíhá metodou podle Sternheimera. Pro supravitální barvení se používá dvousložková barva, složená v poměru 1:1 z alcianové modři a pyroninové červení B. Přidáváme ji k močovému sedimentu v poměru 1:10. Vzorek se vyhodnocuje při 400 násobném zvětšení (Beňovská, 2015).

- Automatizovaný rozbor močového sedimentu

Automatizovaný rozbor močového sedimentu probíhá na automatizovaných linkách, které většinou spojují chemické a mikroskopické vyšetření. Automatizace procesu vyšetření močového sedimentu zvyšuje produktivitu a snižuje časovou náročnost vyšetření, čímž umožňuje zpracovat vyšší množství vzorků. Analyzátor provádí kompletní automatizovaný proces barvení a mikroskopické vyhodnocení vzorků. Vzorek je nejdříve resuspendován, pipetován do kyvet a centrifugován. Analyzátor poté nasaje malé množství vzorku a kamera spojená s mikroskopem vyhotoví fotografie. Následně přenese na obrazovku výsledky společně s vyhotovenými snímky močového sedimentu. Laboratorní pracovník snímky prohlédne, porovná s výsledky z analyzátoru a popřípadě opraví. Výsledné snímky jsou uloženy a zpětně dohledatelné v databázi. Automatické analyzátorové rozeznávají 12 typů elementů (Ferdová, 2015; Beňovská, 2016).

Nálezy v močovém sedimentu

- Erytrocyty

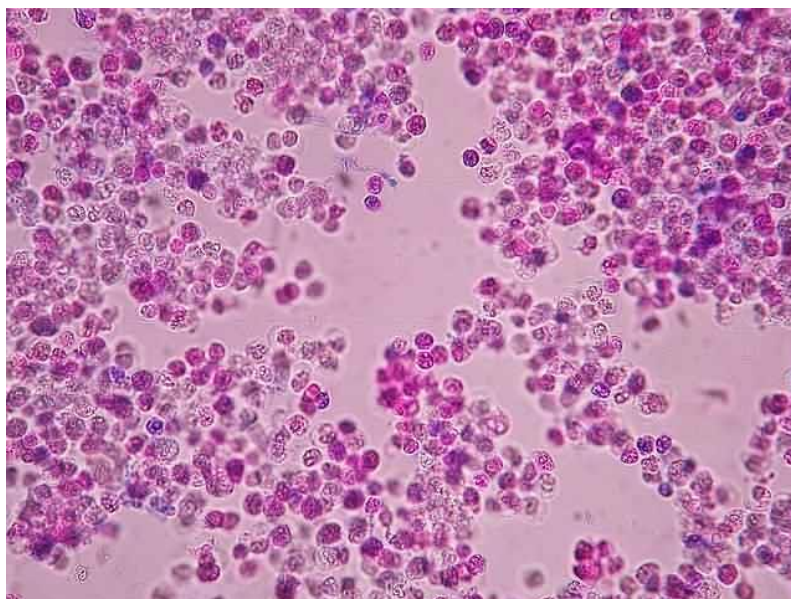
Erytrocyty patří k nejmenším a zároveň nejčastějším nálezům v močovém sedimentu. Jedná se o bezjaderné buňky diskoidního tvaru o velikosti 6–7 μm . Tyto normální erytrocyty se nazývají eumorfí. Při přechodu glomerulární membránou dochází k jejich deformaci a vznikají dysmorfí erytrocyty. Výskyt erytrocytů v moči značí hematurii (Beňovská, 2014; Špírková, 2011; Nezbeda, 2013). Erytrocyty společně s voskovým válcem jsou zobrazeny na obrázku 3.



Obrázek 3 – Různou intenzitou obarvené erytrocyty společně s voskovým válcem v neutrální moči (Kubáč, 2002)

- Leukocyty

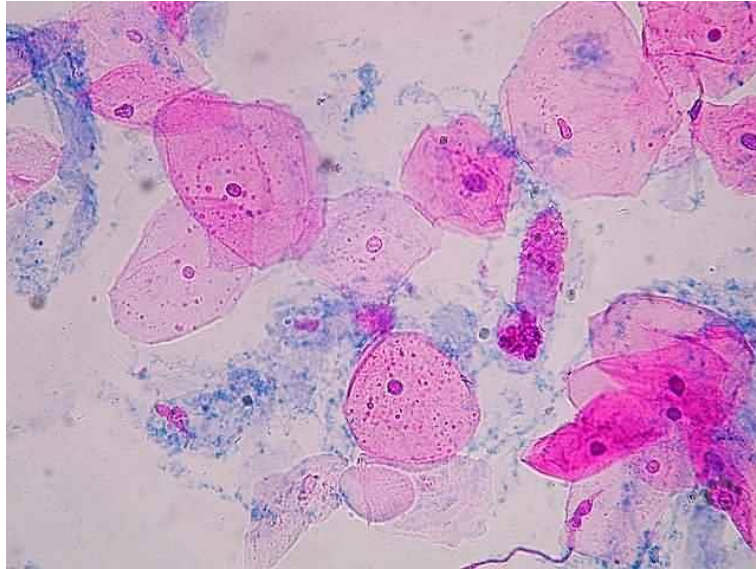
Leukocyty se v moči nejčastěji vyskytují jako neutrofilní granulocyty, tedy kulaté buňky se segmentovaným granulovaným jádrem o velikosti 16–22 μm . Jejich přítomnost v moči značí bakteriální zánět močových cest nebo ledvin. V moči se případně mohou objevit jiné druhy leukocytů (lymfocyty, monocyty, aktivované monocyty), nejsou však zjistitelné diagnostickými proužky (Beňovská, 2014; Špirková, 2011; Nezbeda, 2013). Leukocyty v moči představuje obrázek 4.



Obrázek 4 – Četné leukocyty v relativně čerstvé moči (Kubáč, 2002)

- Epitelie

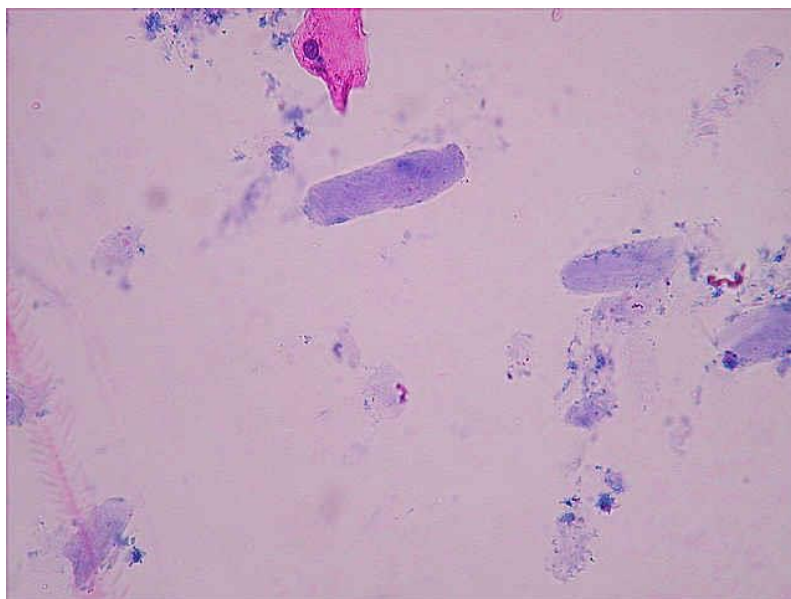
V moči se často vyskytují epitelové buňky, převážně se jedná o dlaždicové a přechodné epitelie. Dlaždicové epitelie (obrázek 5) se uvolňují z uretry a vagíny a nemají klinický význam. Jsou to ploché nepravidelné velké buňky s malým centrálním jádrem. Buňky přechodného epitelu se liší tvarem a velikostí podle jejich původu. Jsou menší než dlaždicové epitelie a mají kulatý tvar s jádrem uprostřed. Pocházejí nejčastěji z močového měchýře nebo proximální části uretry, ale mohou se objevit i buňky z hlubších vrstev epitelu (menší, kulatější). K přechodným epitelům, které můžeme nalézt v moči, řadíme i tzv. ocasaté buňky (hluboké vrstvy močového měchýře) či dvojjaderné epitelie (uroteliální karcinomy) (Beňovská, 2014; Špírková, 2011; Nezbeda, 2013).



Obrázek 5 – Dlaždicové epitelie (Kubáč, 2002)

- Válce

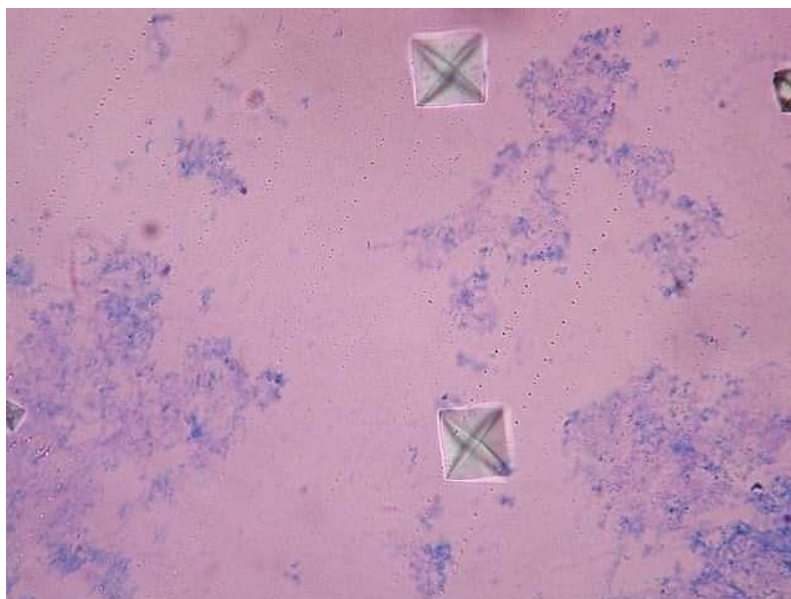
Válce se tvoří v tubulech ledvin precipitací Tamm–Horsfallova glykoproteinů. Jejich vznik ovlivňuje kyselé pH, koncentrace plazmatických bílkovin, náročná fyzická aktivita a dehydratace. Tvar válců imituje tvar tubulu, konce jsou zaoblené. Rozlišujeme hyalinní, buněčné, granulované, voskové, tukové, bakteriální a směsné válce. Jako buněčný či granulovaný válec se označuje válec, který je pokryt z více než jedné třetiny buňkami či granuly. Ostatní se klasifikují jako hyalinní. Válce se vyvíjí ve 3 fázích: buněčný válec → granulovaný válec → voskový válec. Výskyt válců v močovém sedimentu značí patologický nález, výjimku tvoří pouze malý počet hyalinních válců (Beňovská, 2014; Špirková, 2011; Nezbeda, 2013). Hyalinní válce vyobrazuje obrázek 6.



Obrázek 6 – Hyalinní válce (Kubáč, 2002)

- Krystaly

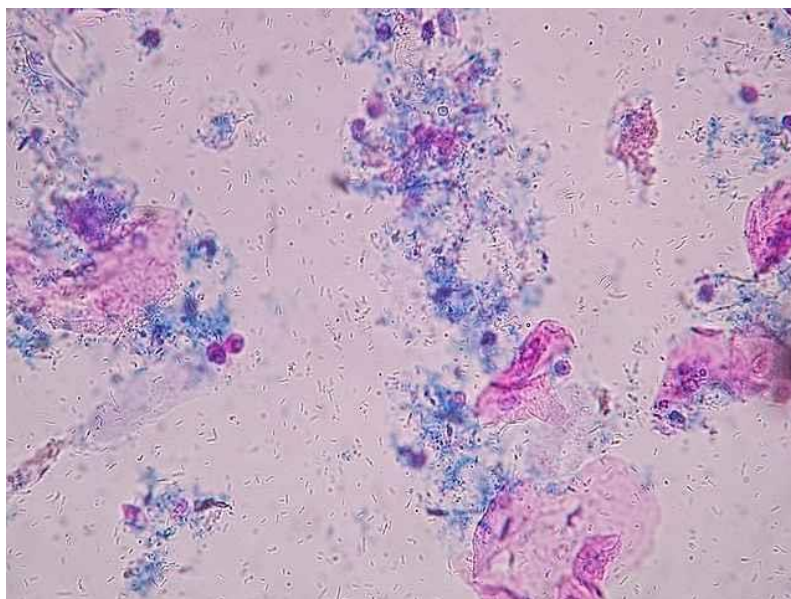
Krystaly v moči nejsou ojedinělým nálezem. Rozlišujeme je podle struktury a pH moči. Nejběžnější je výskyt oxalátů, krystalů kyseliny močové, fosfátů. Oxaláty tvořené dihydrátem šfavelanu vápenatého zobrazuje obrázek 7. Méně časté jsou pak krystaly bilirubinu, cystinu, leucinu, tyrosinu či lékové krystaly. Klinický význam se odvíjí od množství krystalů v močovém sedimentu, u pacientů s urolitiázou jsou nálezem vždy patologickým. Objevit se mohou nejen ve formě krystalu, ale i v amorfní či krystalické drti (Beňovská, 2014; Špírková, 2011; Nezbeda, 2013).



Obrázek 7 – Oxalátové krystaly tvořené dihydrátem šfavelanu vápenatého (Kubáč, 2002)

- Bakterie

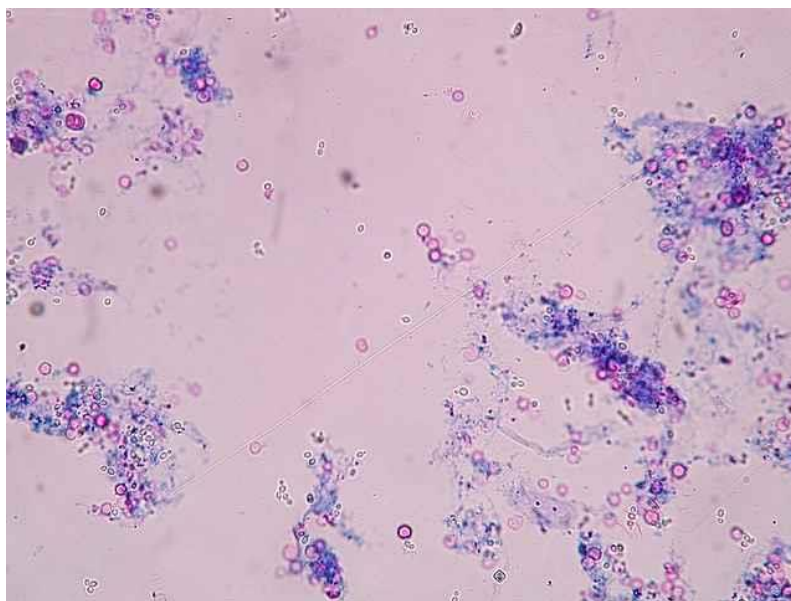
Výskyt bakterií v moči není v malém počtu patologický a je dokonce velmi častý. O patologický stav se jedná, až pokud se v močovém sedimentu objeví s velkým počtem bakterií zároveň leukocyty, což znázorňuje obrázek 8. Bakterie v moči mohou řetízkovat či se seskupovat do vláken (Beňovská, 2014; Špirková, 2011; Nezbeda, 2013).



Obrázek 8 – Typický močový sediment při zánětu močových cest s přítomností bakterií a leukocytů
(Kubáč, 2002)

- Kvasinky

Výskyt kvasinek v moči značí vždy patologický stav. Často se objevují u pacientů s imunodeficiencí či u diabetiků. Nejběžnější je nález oválných kvasinek druhu *Candida albicans* (Beňovská, 2014; Špírková, 2011; Nezbeda, 2013). Kvasinky v moči společně s erytrocyty zobrazuje obrázek 9.



Obrázek 9 – Kvasinky a erythrocyty v močovém sedimentu (Kubáč, 2002)

- Spermie

Spermie se v moči normálně vyskytují u mužů. U žen se nejedná o významný nález, řeší se pouze u nezletilých dívek (Beňovská, 2014; Špírková, 2011; Nezbeda, 2013).

- Artefakty

V moči se objevují často částice jako vlákna textilií, papíru či olejové kapky. Tyto nálezy nejsou klinicky významné, je ale nutné je rozeznat od částic původem z lidského organismu (Beňovská, 2014; Špírková, 2011; Nezbeda, 2013).

3.5.4 Postanalytická fáze

Postanalytická fáze se skládá z kontroly výsledků uvnitř laboratoře. Potvrzuje analytickou správnost výsledků, pracuje s informacemi z nich získanými a snaží se je co nejvíce využít pro diagnostiku onemocnění a následnou terapii. Důležitou součástí postanalytické fáze jsou referenční meze, cut-off hodnoty,

akční meze, výpočty odvozených ukazatelů, autovalidace či reflexní a reflektivní testování. Chybovost postanalytické fáze se pohybuje okolo 13–20 % (Šálek, 2016).

3.6 Definice urolitiázy

Urolitiáza je onemocnění založené na tvorbě solidních krystalických částic. Podle místa výskytu těchto částic rozeznáváme několik typů urolitiázy. Pokud nacházíme krystalické částice v parenchymu ledvin jedná se o nefrokalcinózu, pokud jsou konkrementy přítomné v dutém systému ledvin pak tento stav označujeme jako nefrolitiázu. Při ureterolitiáze krystaly ulpí v močovodu, při cystolitiáze v močovém měchýři a při uretroitiáze v močové trubici (Navrátil, 2017; Hora, 2020).

3.7 Výskyt onemocnění

Ve vyspělých zemích je urolitiáza časté onemocnění z důvodu nadbytečného přísunu rafinovaných cukrů, živočišných tuků a bílkovin v potravě v kombinaci s nízkou konzumací vlákniny. V České republice je incidence onemocnění 0,1 %, prevalence pak 2-3 %. Urolitiáza postihuje více muže než ženy, u dětí je onemocnění méně časté. Také se častěji vyskytuje u lidí se sedavým zaměstnáním (lékaři, úředníci), než u lidí s aktivní pracovní činností. Nástup onemocnění probíhá kolem 28. roku života, v další fáze následně kolem 55. roku života (Hora, 2020).

3.8 Faktory ovlivňující vznik urolitiázy

Je známo mnoho různých faktorů, které mohou zapříčinit vznik urolitiázy.

1. Uropatie

Porucha funkce ledvin či močových cest je jedním z předpokladů k tvorbě urolitiázy. Rozlišujeme obstrukční uropatie a funkční uropatie.

Obstrukční uropatie lze dělit na vrozené (dřeňová cystóza, anomálie vývodních cest močových), nebo získané (sekundární striktura). Mezi funkční uropatie patří i neurogenní poruchy funkce močových cest. Funkční uropatie způsobuje i dlouhodobá imobilizace.

2. Biochemické změny

a) Přesycení moči litogenními látkami

Ke zvýšené tvorbě konkrementů přispívá nadbytek urátů, oxalátů, aminokyselin a kalcia v moči. Zvýšené koncentrace těchto látek v moči lze docílit hned několika způsoby.

- Působením léků
- Poruchy zažívacího traktu (celiakie, ulcerózní kolitida)
- Dehydratace
- Metabolická porucha obecně
- Nadměrný přívod vybraných látek potravou (alkohol, živočišné bílkoviny, cukry)

b) Změna pH moči

pH moči má zásadní vliv na rozpustnost látek v moči a je velmi často součástí metabolických poruch (renální tubulární acidóza distálního typu). Při pH 5,0 se kyselina močová v moči téměř nerozpouští, naopak při pH 7,0 je její rozpustnost nejvyšší. U cystinu naopak rozpustnost stoupá až od pH 8,0. pH moči je též ovlivněno působením některých enzymů.

c) Inhibitory a promotory krystalizace

Inhibitory a promotory upravují procesy krystalizace a agregace. Inhibitory rozlišujeme pro kalciumoxaláty (citrát, pyrofosfát, nefrokalcin) a pro kalciumfosfáty (magnezium, citrát, pyrofosfát). Magnezium se společně s citráty s chelačním účinkem spojuje v rozpustné komplexy, které snižují přesycení moči kalciumoxaláty. Promotory naopak zvyšují saturaci moči solemi, což se uplatňuje

převážně u kalciové, cystinové, urátové a infekční litiázy. Mezi nejdůležitější promotory řadíme natriumurát.

3. Cizí těleso v močových cestách (např. nevstřebatelný steh)

4. Idiopatická tvorba konkrementů

Konkrementy idiopatické formy nejčastěji tvoří kalciumoxaláty. Jedná se o 5–10 % urolitiáz.

5. Ostatní rizikové faktory

- Těhotenství
- Zaměstnání
- Rodinný výskyt
- Podnebí a roční období (Hora, 2020; Zima, 2013).

3.8.1 Metabolické poruchy

1. Hyperkalciurie

Při onemocnění urolitiázou je hyperkalciurie nejčastější metabolickou poruchou a vyskytuje se až u 70 % pacientů. Rozlišujeme dva druhy hyperkalciurie. Prvním z nich je hyperkalciurie s hyperkalcémií. Hyperkalciurii s hyperkalcémií způsobuje osteoporóza, sarkoidóza, mnohočetný myelom, hypervitaminóza D nebo například hypothyreóza. Adenom příštítného tělíska může zapříčinit vznik primární hyperparathyreózy, což je nejběžnější typ hyperkalciurie. U 60 % pacientů s kalciumoxalátovou a kalciumfosfátovou urolitiázou se objevují opakované hyperkalcémie a zvýšené hladiny parathormonu. Také u pacientů s milk-alkali syndromem je častý vznik kalciumfosfátové urolitiázy z důvodu příjmu vysokých dávek kalcia. Mezi hyperkalciurie bez hyperkalcémie řadíme absorpční hyperkalciurii, při které dochází k nadměrnému vylučování kalcia do moči z důvodu vyšší střevní absorpce. Rozlišujeme hyperkalciurii bez hyperkalcémie I., II. a III. typu, kdy u prvního typu kalciurie přetrvává

nezávisle na přijímané stravě, druhý typ se projeví při nadbytku kalcia v potravě a třetí typ je založený na vysokém vstřebávání kalcia při renálních ztrátách fosfátů.

2. Hyperoxalurie

Hyperoxalurie se vyskytuje u 10–20 % pacientů s kalciovou urolitiázou, kyselina šťavelová je však zastoupena ve většině močových konkrementů. Kalcium tvoří ve střevě s oxaláty nerozpustné komplexy, které následně ovlivňují jejich vstřebávání. Množství oxalátů je také ovlivněno střevními bakteriemi. Při nízkém počtu bakterií ve střevě je absorpce oxalátů zvýšena.

3. Poruchy metabolismu kyseliny močové

Při vysoké hladině kyseliny močové v moči může docházet ke vzniku litiázy z kyseliny močové, kalciumoxalátové urolitiáze, k urátové nefropatii či k akutní nefropatii. Příčinou tvorby konkrementů je společně s hyperurikémií a hyperurikosurií také kyselé pH, které způsobí nízkou rozpustnost kyseliny močové. Ta je zapříčiněna sníženou tvorbou kationtů NH_4^+ při nadbytku kyselých substancí v moči nebo poruchou funkce glutaminázy.

4. Kalciová urolitiáza při hyperurikosurii

Hyperurikosurií trpí přibližně 30 % pacientů s kalciovou litiázou, nejčastěji z důvodu endogenní nadprodukce purinů či jejich nadměrné konzumaci v potravě. Na základě vysolovacího efektu se jako promotor projevuje při tvorbě kalciové urolitiázy natriumurát, pH moči se pohybuje kolem hodnoty 6,0.

5. Cystinurie

Cystinurie je autosomálně recesivní onemocnění tubulárního aparátu ledvin a postihuje pouze 1–2 % pacientů s urolitiázou. Při cystinurii dochází u homozygotů k nadměrné produkci cystinu, lyzinu, argininu a ornitinu. Rozpustnost cystinu stoupá se vzrůstajícím pH,

ale rozpouštění začíná až při překročení pH 7,5. V moči můžeme nalézt hexagonální krystaly. Cystinurii diagnostikujeme Brandovou zkouškou, kvantitativně pak stanovením aminokyselin v moči za 24 h.

6. Renální tubulární acidóza

Renální tubulární acidóza se projevuje tvorbou kalciumfosfátových konkrementů nebo konkrementů smíšených s kalciumoxalátem. Při litiáze se projevuje pouze I. typ renální tubulární acidózy, a to nedostatečnou produkcí vodíkových iontů v distálním tubulu. Objevuje se společně s poruchou acidifikace moči. Toto onemocnění může být buď vrozené (Lightwoodova-Albrightova nemoc) nebo získané sekundárně jako dřeňová cystóza či chronická pyelonefritida. pH moči na lačno může mít vysoké hodnoty nad 6,0, dále se projevuje hypocitraturie, hyperkalciurie, hypokalémie, častá je hyperchloremická acidóza, mnohočetná nefrolitiáza a nefrokalcinóza. Pokud chybí celková acidóza, porucha může být neúplná.

7. Hypocitraturie

Hypocitraturie se vyskytuje u 50–75 % pacientů. Citráty na sebe navážou kalcium, čímž sníží ionizovanou formu kalcia v moči a zároveň supersaturaci kalciumoxalátu o 50 %. Infekci močových cest může doprovázet nepravá hypercitraturie.

8. Infekční urolitiáza

Infekčního původu je asi 10–30 % konkrementů urolitiázy, nejčastěji magneziumamoniumfosfátové či karbontapatitové formy. Bakteriální kmeny pomocí enzymu ureázy štěpí ureu. Vzniká alkalická moč s nadbytkem iontů OH^- , NH_4^+ , CO_3^{2-} a matrixová hmota, která následně mineralizuje. Častý je tedy i výskyt málo mineralizovaných matrixových konkrementů (Zima, 2013).

3.9 Tvorba konkrementů

Konkrementy vznikají postupně ve čtyřech za sebou jdoucích fázích. V první fázi dochází k nasycení moči látkou, která následně vytvoří konkrement (hydroxyapatit, amoniumurát, trikalciumfosfát a jiné). Po nahromadění této látky v moči dochází k druhé fázi. Ta spočívá v tvorbě krystalových zárodků v přesycené moči. Ve třetí fázi krystaly postupně nabírají na velikosti. Poslední fázi je shlukování vzniklých krystalů. Tvorba konkrementů je složitý proces začínající v nefronu. Je značně ovlivněna inhibitory a promotory krystalizace, a může tak docházet k tzv. metastabilnímu stavu, kdy i v přesycené moči litogenními látkami nedochází k tvorbě nových konkrementů. Dříve vzniklé krystaly však stále narůstají (Zima, 2013; Kučera, 2014).

3.10 Rozdělení konkrementů

Krystalické látky podílející se na tvorbě konkrementů lze rozdělit do 4 základních skupin – oxaláty, fosfáty, krystaly kyseliny močové a uráty. Za oxaláty se považuje kalciumoxalát, který se rozlišuje na monohydrát neboli whewellit nebo dihydrát neboli weddelit. Fosfáty jsou zastoupeny více krystalickými látkami. Mezi nejznámější patří magnesiumamoniumfosfát hexahydrát (struvit), hydroxyapatit nebo trikalciumfosfát (whitlockit). Mezi krystalické látky tvořící krystaly kyseliny močové patří anhydrid a dihydrát kyseliny močové. Mezi uráty se řadí amoniumacidurát a natriumurát monohydrát (Zima, 2013; Kučera, 2014). Přehled krystalických látek tvořících močové konkrementy je shrnut v tabulce 1.

Tabulka 1 – Krystalické látky tvořící močové konkrementy (Zima, 2013)

Substance	Mineralogický název	Vzorec
Oxaláty		
Kalciumoxalát monohydrát	whewellit	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Kalciumoxalát dihydrát	weddelit	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Fosfáty		
Hydroxyapatit	hydroxyapatit	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$
Karbonátapatit	karbonátapatit	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4\text{CO}_3\text{OH})_6(\text{OH})_2$
Kalciumhydrogenfosfát dihydrát	brushit	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Trikalciumfosfát	whitlockit	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Oktakalciumfosfát	–	$\text{Ca}_8\text{H}(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Magneziumamoniumfosfát	struvit	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Magneziumhydrogenfosfát trihydrát	newberyit	$\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Kyselina močová		
Anhydrid kyseliny močové	–	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$
Dihydrát kyseliny močové	–	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Uráty		
Amoniumacidurát	–	$\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3\text{NH}_4$
Natriumurát monohydrát	–	$\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3\text{Na} \cdot \text{H}_2\text{O}$

3.11 Projevy onemocnění

Klinické projevy se liší podle typu urolitiázy. Nefrolitiáza je u většiny případů bezpříznaková, stejně jako odlitková litiáza ledviny. Teplota a infekce močových cest je jeden z prvních projevů infekční litiázy. Pokud dojde k oboustranné obstrukci močovodů litiázou, objeví se akutní renální insuficience doprovázená anurií. Prudká kolikovitá bolest v bederní oblasti s iradiací k močovému měchýři

značí ureterolitiázu. Přechod konkrementu z ledviny do močového měchýře může být doprovázen zvracením, polakisurií a urgentní močovou symptomatologií. Tyto zmíněné symptomy společně ukazují na renální koliku, která je charakteristickým projevem ureterolitiázy (Hanuš, 2015).

3.12 Diagnostika urolitiázy

K diagnostice urolitiázy využíváme velkou škálu zobrazovacích metod. Jednotlivé metody volíme podle různých faktorů (lokalizace, velikost) se zaměřením na co nejvyšší senzitivitu a specifitu. Mezi nejvyužívanější zobrazovací metody při diagnostice urolitiázy patří nativní nefrogram, nekontrastní výpočetní tomografie, intravenózní vylučovací urografie, ultrasonografie, magnetická rezonance a ascendentní ureteropyelografie (Hanuš, 2015).

3.12.1 Nativní nefrogram

Při diagnostice pomocí nativního nefrogramu je hranice rozlišitelnosti dána velikostí konkrementů (nad 2 mm), přičemž 90 % konkrementů je rentgen-contrastních. Mezi dobře kontrastní řadíme apatit, whewellit a weddellit, mezi slabě kontrastní cystin a struvit. Naopak konkrementy složené z kyseliny močové a xantinu patří mezi nekontrastní. Citlivost této metody pro ureterolitiázu dosahuje 52 % (Hanuš, 2015; Pulcer, 2016).

3.12.2 Nekontrastní výpočetní tomografie

Nekontrastní výpočetní tomografie se vyznačuje specifitou 98 % a dosahuje citlivosti až 100 %. Jedná se o spirální vyšetření na jedno až dvě zadržetí dechu. Data lze získat v několika rovinách, složením různých projekcí lze získat obraz i trojrozměrný. Výsledky nekontrastní výpočetní tomografie ukazují přímé i nepřímé znaky ureterolitiázy. Mezi přímé řadíme konkrementy v ureteru či

edém ureteru, mezi nepřímé megaureter, perinefritické prosáknutí a nefromegalii. Nekontrastní výpočetní tomografie je v dnešní době nejlepší metodou pro diagnostiku renální koliky a ureterolitiázy, převážně pak u konkrementů menší velikosti bez obstrukce. Výhodou této metody je rychlost, bezpečnost, vysoká senzitivita a specifita, možnost detekovat špatně kontrastní litiázy (cystin či kyselina močová) a ne-urologické patologické nálezy jako je apendicitida či ovariální cysta. Nevýhodou je vyšší zátěž ionizujícím zářením než u intravenózní vylučovací urografie (Hanuš, 2015; Pulcer, 2016).

3.12.3 Intravenózní vylučovací urografie

Intravenózní vylučovací urografie se využívá převážně při vyšetření dutého systému. Jedná se o dynamickou metodu, která dokáže dobře ukázat polohu konkrementu, renální funkce i jiné abnormality. Značnou nevýhodou intravenózní vylučovací urografie je časová náročnost, toxicita kontrastní látky, případně alergická reakce na používanou kontrastní látku. V případě odhalení špatné funkce systému je potřeba použít jinou zobrazovací metodu (nekontrastní výpočetní tomografie, ascendentní ureteropyelografie) (Hanuš, 2015; Pulcer, 2016).

3.12.4 Ultrasonografie

Jedná se o nejdostupnější metodu, odhalí ale pouze 70 % litiázy identifikovatelné na nativním nefrogramu. Dokáže rozeznat konkrementy o velikosti nad 2 mm. Ultrasonografie ukazuje sílu parenchymu, přítomnost městnání a jeho stupeň (Hanuš, 2015; Pulcer, 2016).

4 METODIKA

Praktická část bakalářské práce je rozdělena na tři části. První část se zabývá porovnáním výsledků vyšetření moči na analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus s výsledky poloautomatizovaného močového analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020. Druhá část praktické části bakalářské práce je zaměřena na automatizovaný rozbor močového sedimentu na analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus se zaměřením na detekci krystalů a následným porovnáním typu těchto krystalů s pH moči daného pacienta. Ve třetí části je u pacientů specializovaného pracoviště s diagnostikovanou urolitiázou srovnáván jejich močový sediment s operativně odebranými konkrementy daného pacienta analyzovanými na FTIR (Fourier transform infrared) spektrometru neboli spektrometru s infračervenou Fourierovou transformací.

4.1 Analyzátor Atellica 1500/Clinitek Novus

Automatizovaná močová linka, vyobrazená na obrázku 10, se skládá z analyzátoru Atellica 1500 a analyzátoru Clinitek Novus. Analyzátor Atellica 1500 slouží k morfologickému vyšetření moči. Analyzátor Clinitek Novus provádí chemický rozbor moči pomocí diagnostických proužků.



Obrázek 10 – Močová linka Atellica1500/Clinitek Novus (zdroj vlastní)

4.1.1 Přístroje a pomůcky

- Automatizovaný močový systém Atellica 1500/Clinitek Novus
- Stojánky na vzorky (pro 10 zkumavek)

4.1.2 Reagencie

Veškeré reagencie a pomůcky použité pro provedení měření jsou shrnuty v tabulce 2.

Tabulka 2 – Používané reagenty pro analyzátor Atellica 1500/Clinitek Novus (Polák, 2018)

Název položky	Balení	Výrobce	Dodavatel
Kyvety UAS 800	600 kyvet	Siemens	Siemens, Brno
Clinitek Novus 10 kalibrátor	4 x 230 ml	Siemens	Siemens, Brno
Clinitek Novus 10 mycí roztok	4 x 26 ml	Siemens	Siemens, Brno
Clinitek Novus 10 kazety	1 x 450 testů	Siemens	Siemens, Brno
qAntify Plus Control Levels 1 and 2	2 x 5 zkumavek (low/high)	BioRad	BioRad

4.1.3 Kalibrace

Pro kalibraci přístroje Atellica 1500/Clinitek Novus se využívá souprava Clinitek Novus 10 kalibrátor. V jednom balení se nalézají 4 kalibrační roztoky, kterými se naplní zkumavky popsané CAL1, CAL2, CAL3 a CAL4. Zkumavky se umístí do stojánku pro vzorky v pořadí CAL4, CAL1, CAL2, CAL3, přičemž do pozice 1 se vloží zkumavka s 5,25% roztokem chlornanu sodného. Na dotykové obrazovce, umístěné na modulu Clinitek Novus, se otevře záložka „System“ a zvolí program „Calibration“. Tímto způsobem je proces kalibrace zahájen (Polák, 2018; Polák, 2018).

4.1.4 Princip metody

Modul Clinitek Novus nejdříve vzorek pomocí čtečky čárového kódu rozpozná. K následné analýze využívá optický systém, který se skládá z halogenové lampy a svazku 14 optických vláken, která přivedou světlo

k reakční ploše diagnostického proužku a k referenčnímu bloku. Světlo se od reakční plochy odrazí na fotodetektor, který poskytne výstup analogového signálu. Ten si analyzátor převede na signál digitální, a tedy vypovídající o naměřené hodnotě jednotlivých parametrů. Jednotlivé parametry a principy reakcí analyzátoru Clinitek Novus na diagnostických plochách močového proužku jsou uvedeny v tabulce 3 (Polák, 2018).

Tabulka 3 – Parametry a principy reakcí analyzátoru Clinitek Novus (Polák, 2018)

Parametr	Princip reakce
Glukóza	Glukóza oxidovaná glukózaoxidázou katalyzuje vznik kyseliny glukuronové a peroxidu vodíku. Následně peroxidasa katalyzuje oxidační kopulaci 4-aminoantipyrinu a 4-methylcatecholu hydrogen peroxidem.
Bilirubin	Kopulace bilirubinu s diazotovaným dichloranilinem v přítomnosti silné kyseliny za vzniku červeného až červenofialového zbarvení.
Ketony	Acetoocetová kyselina a nitroprusid sodný reagují v alkalickém prostředí, což produkuje fialové zbarvení.
Specifická hmotnost	Specifická hmotnost je určována použitím optických vláken refrakční indexovou metodou. Světlo je přenášeno přes speciálně tvarované optické vlákno, na které je vzorek uvolněn. Množství světla je na jednom konci nepřetržitě měřeno. Jelikož je refrakční index přímo úměrný specifické hmotnosti, je světlo měřené na konci smyčky přímo úměrné specifické hmotnosti.
Krev	Hemoglobin se chová jako peroxidáza, která katalyzuje reakci dihydroperoxidu diisopropylbenzenu s 3,3,5,5-tetramethylbenzidinem za vzniku barevného produktu.
pH	Zde je aplikována metoda pH indikátoru.

Parametr	Princip reakce
Bílkovina	Test je založen na tzv. proteinové chybě pH indikátoru. Aniont ve specifickém pH indikátoru je přitahován kationtem na proteinové molekule, což způsobuje, že je indikátor dále ionizován, a ten změní svou barvu.
Urobilinogen	Vychází z Ehrlichovo reakce, p-diethylaminobenzaldehyd reaguje v silně kyselém prostředí s urobilinogenem, což způsobuje růžové zbarvení.
Nitrity	Nitrity v moči a aromatický aminosulfanylamid diazotují a vytváří diazoniovou sloučeninu. Diazoniová sloučenina reaguje s tetrahydrobenzo(h)chinolin-3-fenolem, a to způsobuje barevnou změnu.
Leukocyty	Granulocyty leukocytů v moči obsahují esterázu, která katalyzuje hydrolýzu pyrrolu. Kyselý ester uvolňuje 3-hydroxy-5-fenylpyrrol. Tento pyrrol reaguje s diazoniem a vytváří fialové zbarvení.
Barva	Porovnání reflektance nereaktivní reagenční plošky a reagenční plošky nasáté vzorkem

Po chemickém vyšetření moči v modulu Clinitek Novus pokračuje vzorek na močové lince k modulu Atellica 1500. Analyzátor nejdříve vzorek ve zkumavce promíchá a nasaje do kyvety, ve které je následně centrifugován. Kyveta se zkoncentrovanou močí je poté přemístěna pod automatický mikroskop, který zhotoví 15 digitálních snímků zorného pole. Analyzátor fotografie hodnotí podle mnoha kritérií a po porovnání s databází v počítači je označí popisky. Za výsledek je považována koncentrace částic ve vzorku vyjádřena jako počet částic na μl nebo v arbitrárních jednotkách (Polák, 2018).

4.1.5 Pracovní postup

K analýze se využívají zkumavky s výškou cca 15,8 cm, které jsou vyhovující pro stojánek na vzorky, a označí se identifikačním štítkem s čárovým kódem. Takto označené zkumavky se vzorky (minimálně 3 ml moči) se vkládají do kazety tak, aby byl čárový kód orientován do přístroje. Stojánek se poté položí do pravé části podavače analyzátoru a na dotykové obrazovce modulu Clinitek Novus se zmáčkne tlačítko „Start“. Po proběhnutí analýzy jsou výsledky překontrolovány pověřeným pracovníkem a následně odeslány do LIS symbolem „Validate“ (Polák, 2018). Probíhající analýza vzorků na močové lince Atellica 1500/Clinitek Novus je zobrazena na obrázku 11.



Obrázek 11 – Probíhající analýza vzorků na močové lince Atellica 1500/Clinitek Novus (zdroj vlastní)

4.1.6 Interní kontrola kvality

Kontrola analyzátoru Atellica 1500 se provádí denně ve dvou hladinách. Používají se dvě tekuté kontroly (qAntify Plus Control Levels 1 and 2), které zajišťují ověření správnosti měření jak pro chemickou analýzu, tak pro močový sediment (Polák, 2018).

4.2 Analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020

Poloautomatický močový analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 využívá k chemické analýze moči diagnostické proužky. Za hodinu dokáže provést až 540 testů (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).

4.2.1 Přístroje a pomůcky

- AUTION ELEVEN AE-4020

4.2.2 Reagencie

Veškeré použité reagencie a pomůcky potřebné k měření shrnuje tabulka 4.

Tabulka 4 – Používané reagencie pro analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018)

Název položky	Balení	Výrobce	Dodavatel
Aution Sticks 10EA	1 x 100 ks	Arkray Inc., Japonsko	Medista spol. s.r.o Praha
MAS UA Dip Tube Control	2 x 5 lahviček pro dvě hladiny	Thermo Scientific, USA	Medista spol. s.r.o Praha

4.2.3 Kalibrace

Analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 využívá kalibraci od výrobce, není nutné ho tedy kalibrovat (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).

4.2.4 Princip metody

Analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 pomocí reflektivní metody provádí měření ve dvou vlnových délkách – referenční a měřící vlnové délce. Pro každý

parametr na diagnostickém proužku je použita jiná kombinace vlnových délek (viz tabulka 5) (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).

Tabulka 5 – Referenční a měřicí vlnové délky jednotlivých parametrů (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018)

Parametr	Měřicí vlnová délka (nm)	Referenční vlnová délka (nm)
pH	635	760
Proteiny	635	760
Glukóza	635	760
Krev	635	760
Ketolátky	565	760
Bilirubin	565	760
Urobilinogen	565	760
Nitrity	565	760
Leukocyty	565	760
Specifická hmotnost	635	760

Jako zdroj záření je využívána LED dioda, která emituje záření dopadající na diagnostické plochy močového proužku. Záření se od reakční plochy odrazí na detektor a následně je analogový signál převeden na digitální, který je poté mikroprocesorem přepočítán na koncentraci. Jednotlivé parametry a principy reakcí analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020 na reagenčních plochách močového stripu jsou uvedeny v tabulce 6 (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).

Tabulka 6 – Parametry a principy reakcí analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020 (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018)

Parametr	Princip reakce
Glukóza	Glukóza oxidovaná glukózaoxidázou katalyzuje vznik kyseliny glukuronové a peroxidu vodíku. Peroxid vodíku uvolňuje za pomoci peroxidázy kyslík. Kyslík oxiduje tetramethylbenzidine, který vytváří barevnou změnu.
Bilirubin	Přímý bilirubin a dichlorbenzendiazonium produkuje azobarvivo v silně kyselém prostředí.
Ketony	Acetoctová kyselina a nitroprusid sodný reagují v alkalickém prostředí, což produkuje fialové zbarvení.
Specifická hmotnost	Elektrolyt (M+X-) ve formě soli v moči reaguje s polymethylvinyletherem a kyselinou maleinovou, která je slabý kyselý iontoměnič. Reakce produkuje vodíkový ionogen, který reaguje s pH indikátorem, a to vytváří barevnou změnu.
Krev	Hemoglobin se chová jako peroxidáza. To způsobí uvolnění kyslíku. Kyslík oxiduje indikátor, a to vytváří barevnou změnu.
pH	Zde je aplikovaná metoda pH indikátoru.
Bílkovina	Test je založen na tzv. proteinové chybě pH indikátoru. Aniont ve specifickém pH indikátoru je přitahován kationtem na proteinové molekule, což způsobuje, že je indikátor dále ionizován, a ten změní svoji barvu.
Urobilinogen	Urobilinogen a diazonium produkuje růžové azobarvivo za pomoci silně kyselého prostředí.
Nitrity	Nitrity v moči a aromatický aminosulfanylamid diazotují a vytváří diazoniovou sloučeninu. Diazoniová sloučenina reaguje s tetrahydrobenzo(h)chinolin-3-fenolem, a to způsobuje barevnou změnu.
Leukocyty	Granulocyty leukocytů v moči obsahují esterázu, která katalyzuje hydrolýzu pyrrolu. Kyselý ester uvolňuje 3-hydroxy-5-fenylpyrrol. Tento pyrrol reaguje s diazoniem a vytváří fialové zbarvení.

4.2.5 Pracovní postup

Zkumavka se vzorkem moči označená čárovým kódem se identifikuje pomocí čtečky čárových kódů. Do zkumavky se ponoří diagnostický proužek po černou zónu na stripu. Následně se položí močový proužek na dopravník stripů tak, aby reakční plochy směřovaly nahoru. Analyzátor proužek automaticky přijme, inkubuje a provede vyhodnocení. Výsledek se poté pomocí termotiskárny, která je součástí přístroje, automaticky vytiskne (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).

4.2.6 Interní kontrola kvality

Kontrola přístroje AUTION ELEVEN AE-4020 (obrázek 12) probíhá každý den na pozitivní a negativní hladině. Využívá tekuté kontroly pro chemickou analýzu moči MAS UA Dip Tube Control. Postup ověření správnosti měření kontrolou probíhá stejně jako vyšetření patientského vzorku (viz Pracovní postup) a výsledky se následně archivují (Pospíšilová, 2018).



Obrázek 12 – Analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 (zdroj vlastní)

4.3 FTIR spektrometr Nicolet iS10

FTIR spektrometr Nicolet iS10 analyzuje močové konkrementy kvalitativně i kvantitativně infračervenou spektroskopií. Využívá vibrace v infračervené oblasti $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$. Jeho výhodou je, že dokáže současně analyzovat jak intenzitu záření, tak i vlnovou délku (Zadina, 2014).

4.3.1 Přístroje a pomůcky

- FTIR spektrometr Nicolet iS10
- Záložní zdroj APC Smart-UPS C 1500
- Laboratorní sušárna ECOCELL 55
- Ruční hydraulický lis H-62 (obrázek 13)
- Membránová vývěva VD 20 D

- Tabletovací forma firmy Zeiss
- Porcelánové třecí misky s tloučkem
- Achátová třecí miska s tloučkem
- Exikátory se silikagelem
- Petriho misky
- Stříčky
- Špachtle
- Buničina
- Podložní a krycí sklička



Obrázek 13 – Ruční hydraulický lis H-62 (zdroj vlastní)

4.3.2 Reagencie

Použité reagencie potřebné k měření zobrazuje tabulka 7.

Tabulka 7 – Používané reagensie pro FTIR spektrometr Nicolet iS10 (Zadina, 2014)

Název položky	Balení	Výrobce	Dodavatel
KBr FT-IR grade	100 g	Sigma	Sigma

Další reagensie

- Peroxid vodíku 3%
- 6N HCl
- Deionizovaná voda
- Denaturovaný alkohol

4.3.3 Kalibrace

FTIR spektrometr Nicolet iS10 je dvakrát do roka kalibrován pracovníky firmy Nicolet CZ (Zadina, 2014).

4.3.4 Princip metody

Dodání kvanta energie do vzorku způsobí absorpci záření v infračervené oblasti. U molekul dojde ke změně dipólového momentu a zároveň k posunu ze základního vibračního stavu na vyšší vibrační hladinu. Infračervené spektrum udává hodnotu absorbance proti vlnočtu.

Po projití infračerveného záření vzorkem, který je ve formě tablety uvnitř měřícího prostoru spektrometru, dopadá záření na beamsplitter – polopropustnou desku. Beamsplitter polovinu záření odrazí na pevné zrcadlo a druhou polovinu propustí na pohyblivé zrcadlo. Vlnové délky interferují konstruktivně nebo destruktivně podle polohy pohybového zrcadla, která je sledována laserem. Všechny interferující vlny se následně sečtou v jednu

výstupní vlnu (interferogram), která opouští beamsplitter. Interferogram je detekován infračerveným detektorem, digitalizován a pomocí Fourierovy transformace je přepočítán na klasické infračervené spektrum. To je poté počítačově vyhodnoceno v programech OMNIC 9 a Kidney Stone Analysis, ve kterých se porovnává s knihovnou močových kamenů o známých spektrech (Zadina, 2014; Zadina, 2018).

4.3.5 Pracovní postup

a) Příprava vzorku

Před samotnou analýzou je nejdříve nutné vyšetřovaný vzorek popsat. Do nálezového listu se zapisuje počet, barva, povrch, tvar, velikost a tvrdost konkrementů. Taktéž je potřeba v sušárně při teplotě 110 °C vysušit v otevřené Petriho misce KBr.

b) Příprava vzorkové tablety

Vzorek se promyje 3% peroxidem vodíku, nechá uschnout a vloží do porcelánové třecí misky, kde se rozdrtí tloučkem na prášek. Cca 30 mg takto připraveného močového konkrementu společně s cca 500 mg KBr se smíchá v achátové třecí misce a rozetře tloučkem do jednotné směsi. Do vyčištěné, vysušené tabletovací formy se vloží řádně označený kroužek, do kterého se nasype připravená směs vzorku. Forma se přiklopí víkem, umístí do lisu a připojí hadicí k membránové vývěvě. Vývěva se zapne a do chvíle, než páka lisu začne klást odpor, se pákou pumpuje. Poté se po dobu 1 minuty nechá odsát vlhkost. Po minutě se lis natlakuje na tlak 7 Mpa. Následně se páčkou na levé straně lisu tlak uvolní, odpojí se vývěva a vyjme tabletovací forma s kroužkem. Tableta se do měření na FTIR spektrometru uchovává v exikátoru. Pomůcky potřebné pro výrobu vzorkové tablety vyobrazuje obrázek 14.



Obrázek 14 – Pomůcky potřebné na výrobu vzorkové tablety (dole zleva: achátová třecí miska s tloučkem, špachtle, vzorkové kroužky, tabletovací forma, uprostřed zleva: třecí misky, Petriho miska s KBr, plastová lžička, nahoře: exikátor se silikagelem (zdroj vlastní)

c) Měření spekter na FTIR spektrometru

Prvním krokem je změření pozadí. Na obrazovce počítače se zvolí ikonou „Collect“ a následně položkou „Collect Background“, která měření spustí. Poté se již může měřit samotný vzorek. Přes ikonu „Collect“ se zobrazí nabídka, ze které se vybere políčko „Collect Sample“. Otevře se prázdné okno, do kterého vyplníme název vzorku a potvrdíme tlačítkem „OK“. Do vzorkového prostoru vložíme předem připravenou tabletu a spustíme měření. Po vytvoření 64 snímků vzorku se všechny data uloží stisknutím okna „File“ → „Save as“. Následně se vzorky analyzují pomocí programu OMNIC, který proklikem přes ikonu „Analyze“, projde databází obsahující přes 18000 spekter, z nichž vytvoří seznam

deseti nejvíce shodných se vzorkem. Tyto vybraná spektra poté překontroluje pověřený pracovník, vyhodnotí a výsledek zapíše (Zadina, 2014; Zadina, 2018).

4.3.6 Interní kontrola kvality

Kontrola kvality FTIR spektrometru Nicolet iS10 (obrázek 15) se uskutečňuje dvakrát za rok firmou Nicolet CZ. Testují se optické vlastnosti spektrometru a jednotlivé parametry přístroje (Zadina, 2018).



Obrázek 15 – FTIR spektrometr Nicolet iS10 (zdroj vlastní)

5 VÝSLEDKY

Pro dosažení výsledků k praktické části bakalářské práce jsem docházela do Fakultní nemocnice v Motole do Ústavu lékařské chemie a klinické biochemie. Při měření vzorků moči jsem pod dohledem paní laborantky Iriny Stýborové asistovala při duplicitním vyšetření moči pacientů na močové lince Atellica 1500/Clinitek Novus a močovém analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020.

Ústav lékařské chemie a klinické biochemie ve Fakultní nemocnici v Motole mi taktéž poskytl anonymizované výsledky vyšetření močových konkrémentů analyzovaných na FTIR spektrometru Nicolet iS10 společně s výsledky močových sedimentů pacientů s diagnostikovaným onemocněním urolitiáza.

5.1 Chemické vyšetření moči na analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus a analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020

Tabulka 8 a tabulka 9 představují naměřené hodnoty chemického vyšetření moči 20 pacientů. V tabulce 8 jsou zaznamenány výsledky chemické analýzy moči naměřené pomocí analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus. Tabulka 9 zobrazuje získané výsledky téhož souboru vzorků z analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020.

Tabulka 8 – Naměřené výsledky moči z analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus

Pacient	Specifická hmotnost [kg/l]	pH	Leukocyty [leu/μl]	Nitrity	Bílkovina [g/l]	Glukóza [mmol/l]	Ketolátky [mmol/l]	Urobilinogen [μmol/l]	Bilirubin	Barva	Zákal	Krev
47066	1,018	5,5	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47067	1,017	6,5	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47068	1,014	6,0	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	Stopově
47069	1,013	7,0	-	-	-	-	-	16	-	Žlutá	Průhledný	-
47070	1,003	5,5	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47071	1,012	6,0	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47072	1,018	5,0	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47073	1,008	5,5	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47074	1,015	5,0	125	-	1	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47075	1,023	5,0	125	-	1	-	-	3,2	-	Žlutá	Zakalená	2+
47076	1,009	6,5	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47077	1,011	6,0	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47078	1,033	6,0	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47079	1,024	5,5	-	-	-	5,5	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47080	1,016	6,5	70	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47081	1,021	6,5	-	-	0,3	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	Stopově
47082	1,021	5,0	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
47083	1,041	5,0	-	-	-	≥55	Stopově	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
43019	1,003	6,5	-	-	-	-	-	3,2	-	Žlutá	Průhledný	-
43020	1,016	5,5	500	-	1	-	Stopově	3,2	-	Žlutá	Kalný	1+

Tabulka 9 – Naměřené výsledky moči z analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020

Pacient	Specifická hmotnost [kg/l]	pH	Leukocyty [leu/μl]	Nitrity	Bílkovina [g/l]	Glukóza [mmol/l]	Ketolátky [mmol/l]	Urobilinogen [μmol/l]	Bilirubin	Barva	Krev
47066	>1,030	5,5	-	-	-	-	-	Normal	-	Žlutá	-
47067	1,020	6,0	-	-	-	-	-	Normal	-	Žlutá	-
47068	1,015	6,0	-	-	-	-	-	Normal	-	Světle žlutá	+-
47069	1,015	6,5	-	-	-	-	-	Normal	-	Světle žlutá	-
47070	<1,005	5,5	-	-	-	-	-	Normal	-	Bezbarvá	-

Pacient	Specifická hmotnost [kg/l]	pH	Leukocyty [leu/ μ l]	Nitrity	Bílkovina [g/l]	Glukóza [mmol/l]	Ketolátky [mmol/l]	Urobilinogen [μ mol/l]	Bilirubin	Barva	Krev
47071	1,010	6,0	-	-	-	-	-	Normal	-	Světle žlutá	-
47072	1,025	5,0	-	-	-	-	-	Normal	-	Žlutá	-
47073	1,010	5,0	-	-	-	-	1	Normal	-	Bezbarvá	-
47074	1,020	5,5	500	-	1	-	-	Normal	-	Žlutá	-
47075	>1,030	5,5	500	-	0,7	-	-	Normal	-	Žlutá	2+
47076	1,010	6,5	-	-	-	-	-	Normal	-	Světle žlutá	-
47077	1,015	5,5	-	-	-	-	-	Normal	-	Světle žlutá	-
47078	>1,030	6,0	-	-	0,1	-	-	Normal	-	Žlutá	-
47079	<1,030	6,0	-	-	-	3,9	-	Normal	-	Žlutá	-
47080	1,015	6,5	75	-	-	-	-	Normal	-	Žlutá	-
47081	1,025	6,5	-	-	0,3	-	-	Normal	-	Žlutá	+-
47082	>1,030	5,5	-	-	-	-	-	Normal	-	Žlutá	-
47083	>1,030	5,5	-	-	-	OVER	-	Normal	-	Žlutá	-
43019	<1,005	6,0	-	-	-	-	-	Normal	-	Bezbarvá	-
43020	1,015	5,5	500	-	0,5	-	-	Normal	-	Žlutá	1+

Po porovnání tabulky 8 a tabulky 9 jsem zaznamenala největší rozdíl při měření leukocytů v moči, kde u vzorku 47074 a vzorku 47075 analyzátor Atellica 1500/Clinitek Novus naměřil hodnotu 125 leu/ μ l, kdežto analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 naměřil u obou těchto vzorků hodnotu 4x vyšší (500 leu/ μ l). Dále se analyzátory výrazněji neshodovaly u vzorku 47079 v hodnotě glukózy v moči, kdy analyzátor Atellica 1500/Clinitek Novus naměřil hodnotu 5,5 mmol/l a analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 hodnotu 3,9 mmol/l. U ostatních sledovaných parametrů lze konstatovat, že se výsledky zásadně neliší.

5.2 Vyšetření močového sedimentu se zaměřením na detekci krystalů a porovnání s pH moči

Níže uvedená tabulka 10 zobrazuje hodnoty pH moči, množství a typ krystalů naměřených ve 100 vzorcích moči pomocí analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus. Získaný soubor se skládá z 36 vzorků, které obsahovaly oxaláty. Dále se výsledný soubor sestává z 25 vzorků s tripelfosfáty, z 25 vzorků s obsahem krystalů kyseliny močové a ze 14 vzorků moči s detekovanými uráty.

Tabulka 10 – Hodnoty pH, množství a typ krystalů ve vzorcích moči

Vzorek číslo	pH	Typ krystalů	Množství krystalů [částic/μl]
1	9,0	Tripelfosfát	142
2	8,5	Tripelfosfát	142
3	9,0	Tripelfosfát	142
4	7,5	Tripelfosfát	18
5	7,5	Tripelfosfát	142
6	9,0	Tripelfosfát	142
7	9,0	Tripelfosfát	142
8	9,0	Tripelfosfát	142
9	9,0	Tripelfosfát	142
10	8,5	Tripelfosfát	142
11	9,0	Tripelfosfát	142
12	9,0	Tripelfosfát	142
13	9,0	Tripelfosfát	142
14	8,0	Tripelfosfát	142
15	9,0	Tripelfosfát	19
16	9,0	Tripelfosfát	142
17	9,0	Tripelfosfát	142
18	9,0	Tripelfosfát	142
19	9,0	Tripelfosfát	142
20	9,0	Tripelfosfát	142
21	8,5	Tripelfosfát	142
22	9,0	Tripelfosfát	142
23	9,0	Tripelfosfát	142
24	9,0	Tripelfosfát	22
25	9,0	Tripelfosfát	142
26	6,0	Kyselina močová	19
27	5,0	Kyselina močová	142
28	6,0	Kyselina močová	142
29	6,0	Kyselina močová	142
30	6,0	Kyselina močová	142
31	5,5	Kyselina močová	142
32	5,5	Kyselina močová	142
33	5,5	Kyselina močová	142

Vzorek číslo	pH	Typ krystalů	Množství krystalů [částic/μl]
34	6,0	Kyselina močová	142
35	5,5	Kyselina močová	142
36	6,0	Kyselina močová	142
37	5,0	Kyselina močová	142
38	5,5	Kyselina močová	142
39	5,0	Kyselina močová	142
40	5,5	Kyselina močová	142
41	5,5	Kyselina močová	16
42	5,5	Kyselina močová	18
43	5,0	Kyselina močová	181
44	5,0	Kyselina močová	142
45	6,0	Kyselina močová	142
46	5,0	Kyselina močová	142
47	5,5	Kyselina močová	142
48	7,0	Kyselina močová	142
49	5,0	Kyselina močová	142
50	7,0	Kyselina močová	142
51	5,0	Uráty	plné pole
52	5,0	Uráty	četně
53	5,5	Uráty	četně
54	5,5	Uráty	ojediněle
55	5,0	Uráty	plné pole
56	5,5	Uráty	plné pole
57	5,5	Uráty	četně
58	5,5	Uráty	plné pole
59	5,0	Uráty	plné pole
60	7,0	Uráty	plné pole
61	7,0	Uráty	plné pole
62	5,5	Uráty	plné pole
63	5,0	Uráty	četně
64	5,5	Uráty	četně
65	5,5	Oxaláty	122
66	6,5	Oxaláty	140
67	5,5	Oxaláty	142
68	5,0	Oxaláty	13
69	6,0	Oxaláty	142
70	5,0	Oxaláty	14
71	5,0	Oxaláty	142
72	5,5	Oxaláty	142
73	7,0	Oxaláty	142
74	5,0	Oxaláty	14
75	5,5	Oxaláty	142
76	5,5	Oxaláty	13
77	6,5	Oxaláty	13
78	5,5	Oxaláty	14
79	5,5	Oxaláty	142
80	5,5	Oxaláty	142
81	5,5	Oxaláty	122
82	6,5	Oxaláty	140

Vzorek číslo	pH	Typ krystalů	Množství krystalů [částic/μl]
83	5,5	Oxaláty	142
84	5,5	Oxaláty	142
85	5,0	Oxaláty	13
86	6,5	Oxaláty	13
87	5,5	Oxaláty	105
88	5,5	Oxaláty	130
89	5,5	Oxaláty	142
90	5,0	Oxaláty	142
91	5,5	Oxaláty	142
92	5,5	Oxaláty	130
93	6,0	Oxaláty	142
94	5,0	Oxaláty	142
95	5,5	Oxaláty	142
96	5,5	Oxaláty	142
97	5,5	Oxaláty	142
98	5,5	Oxaláty	142
99	5,5	Oxaláty	130
100	5,5	Oxaláty	105

Tabulka 11 představuje vypočítané průměrné hodnoty pH moči všech změřených vzorků s obsahem stejného typu krystalů. Průměrné pH moči při výskytu tripelfosfátů v měřených vzorcích činilo 8,8. V případě krystalů kyseliny močové v moči bylo průměrné pH 5,6. Stejně průměrné hodnoty dosahují rovněž vzorky s oxaláty. U moči s uráty je průměrné pH rovno 5,5.

Tabulka 11 – Průměrné hodnoty pH ve vzorcích podle typu krystalů v moči

Typ krystalů v moči	Průměrné pH
Tripelfosfáty	8,8
Oxaláty	5,6
Kyselina močová	5,6
Uráty	5,5

Po porovnání typu krystalů s průměrným pH moči, vyplývá, že tripelfosfáty vznikají při zásaditém pH a lze usoudit, že kyselé pH moči podporuje naopak výskyt krystalů kyseliny močové, urátů a oxalátů.

5.3 Močové konkrementy a močový sediment pacientů s diagnostikovanou urolitiázou

V tabulkách 12–15 se nachází výsledky vyšetření moči a močových konkrementů 10 pacientů specializovaného pracoviště s diagnostikovanou urolitiázou. Tabulka 12 a tabulka 13 obsahuje popis a výsledky analýzy močových konkrementů těchto pacientů pomocí FTIR spektrometru Nicolet iS10. Tabulka 14 a tabulka 15 představuje výsledky jejich močového sedimentu.

Tabulka 12 – Popis a výsledky analýzy močových konkrementů pacientů 1–5 s diagnostikovanou urolitiázou

Pacient	1	2	3	4	5
Počet konkrementů	1	2	1	1	1
Barva	Tmavě hnědá	Světle hnědá	Bílošedivá	Béžová	Bílá
Tvar	Nepravidelný	Nepravidelný	Nepravidelný	Kulatý	Nepravidelný
Povrch	Hrubý	Krystalický	Hrubý	Nerovný	Hladký
Velikost [mm]	3 x 2 x 2	3 x 2 x 1; 2 x 1 x 2	5 x 5 x 2	1,5	7 x 4 x 3
Tvrdoost	Značná	Střední	Střední	Nízká	Střední
Whewellit [%]	80	60	20	0	0
Weddellit [%]	20	40	20	30	0
Uricit [%]	0	0	0	0	0
Dahllit [%]	0	0	0	0	0
Apatit [%]	0	0	60	70	0
Struvit [%]	0	0	0	0	0
Brushit [%]	0	0	0	0	0
Whitlockit [%]	0	0	0	0	0
Urát amonný [%]	0	0	0	0	0
Cystin [%]	0	0	0	0	0
Monetit [%]	0	0	0	0	100
Kalciumfosfát [%]	0	0	0	0	0
Cholesterol [%]	0	0	0	0	0

Tabulka 13 – Popis a výsledky analýzy močových konkrementů pacientů 6–10 s diagnostikovanou urolitiázou

Pacient	6	7	8	9	10
Počet konkrementů	4	1	>10	1	1
Barva	Světle hnědá	Bílá	Oranžová	Hnědá	Světle béžová
Tvar	Nepravidelný	Oválný	Nepravidelný	Oválný	Trojhranný
Povrch	Nerovný	Hrubý	Hrubý	Nerovný	Krystalický
Velikost [mm]	8 x 5 x 3 až 7 x 3 x 2	4 x 3 x 1	5 x 4 x 3 až 5 x 3 x 1	4 x 3 x 2	4 x 3 x 1

Pacient	6	7	8	9	10
Tvrđost	Střední	Nízká	Nízká	Střední	Střední
Whewellit [%]	0	0	0	100	10
Weddellit [%]	0	0	0	0	50
Uricit [%]	100	0	100	0	0
Dahllit [%]	0	0	0	0	0
Apatit [%]	0	40	0	0	40
Struvit [%]	0	40	0	0	0
Brushit [%]	0	0	0	0	0
Whitlockit [%]	0	0	0	0	0
Urát amonný [%]	0	0	0	0	0
Cystin [%]	0	0	0	0	0
Monetit [%]	0	0	0	0	0
Kalciumfosfát [%]	0	20	0	0	0
Cholesterol [%]	0	0	0	0	0

Tabulka 14 – Výsledky močového sedimentu pacientů 1–5 s diagnostikovanou urolitiázou

Pacient	1	2	3	4	5
Specifická hmotnost [kg/l]	1,03	1,031	1,014	1,019	1,015
pH	5,0	5,0	7,0	5,5	6,5
Leukocyty	–	1+	–	–	1+
Nitrity	–	Pozitivní	–	–	–
Bílkovina	–	2+	–	–	–
Glukóza	–	–	–	–	–
Ketolátky	–	–	+-	–	–
Urobilinogen	1+	Negativní	Negativní	1+	Negativní
Bilirubin	–	1+	–	–	–
Barva	Žlutá	Červená	Žlutá	Žlutá	Žlutá
Zákal	Průhledná	Kalná	Zakalená	Průhledná	Průhledná
Krev	–	3+	–	3+	2+
Erytrocyty [částic/μl]	6	>1600	0	843	67
Leukocyty [částic/μl]	5	0	0	13	38
Dlaždicové epitelie [částic/μl]	0	0	21	0	2
Hlen	Ojediněle	–	–	–	–
Hyalinní válce	–	–	–	–	–
Granulované válce	–	–	–	–	–
Buněčné válce	–	–	–	–	–
Voskové válce	–	–	–	–	–
Kulaté epitelie	–	–	–	–	–
Renální tubulární epitelie	–	–	–	–	–
Bakterie	–	–	Přítomny	–	Přítomny
Kvasinky	–	–	–	–	–

Pacient	1	2	3	4	5
Plísně	-	-	-	-	-
Trichomonády	-	-	-	-	-
Tripelfosfát [částic/μl]	-	-	-	-	-
Kyselina močová [částic/μl]	-	-	-	-	-
Oxaláty [částic/μl]	96	96	142	3	12
Uráty [částic/μl]	-	-	-	-	-
Spermie	-	-	-	-	-

Tabulka 15 – Výsledky močového sedimentu pacientů 6–10 s diagnostikovanou urolitiázou

Pacient	6	7	8	9	10
Specifická hmotnost [kg/l]	1,024	1,014	1,025	1,035	1,021
pH	5,5	6,5	5,0	5,0	6,0
Leukocyty	2+	3+	-	1+	4+
Nitrity	Pozitivní	-	-	-	-
Bílkovina	-	-	+/-	2+	1+
Glukóza	-	-	-	-	-
Ketolátky	-	-	-	3+	1+
Urobilinogen	1+	Negativní	1+	1+	Negativní
Bilirubin	-	-	-	1+	-
Barva	Žlutá	Žlutá	Světle žlutá	Tmavě žlutá	Žlutá
Zákal	Zakalená	Průhledná	Lehce zakalená	Průhledná	Průhledná
Krev	1	-	3	2	2
Erytrocyty [částic/μl]	11	6	352	37	25
Leukocyty [částic/μl]	205	170	17	55	479
Dlaždicové epitelie [částic/μl]	31	0	2	7	134
Hlen	-	-	Ojedinele	Ojedinele	-
Hyalinní válce	-	-	-	1	-
Granulované válce	-	-	-	-	-
Buněčné válce	-	-	-	-	-
Voskové válce	-	-	-	-	-
Kulaté epitelie	-	-	-	-	-
Renální tubulární epitelie	-	-	-	-	-
Bakterie	Plné pole	-	-	Četně	-
Kvasinky	-	-	-	-	-
Plísně	-	-	-	-	-
Trichomonády	-	-	-	-	-
Tripelfosfát [částic/μl]	-	-	-	-	-
Kyselina močová [částic/μl]	3	-	Četně	-	-
Oxaláty [částic/μl]	-	96	-	96	96
Uráty [částic/μl]	-	-	-	-	-
Spermie	-	-	-	-	-

6 DISKUZE

Předmětem praktické části práce je vyšetření močového sedimentu se zaměřením na detekci krystalů, dále chemické vyšetření moči a analýza močového sedimentu a močových konkrementů u pacientů s diagnostikovanou urolitiázou. Praktická část bakalářské práce je rozdělena na tři podkapitoly.

V první z nich jsem porovnávala výsledky chemického vyšetření moči na dvou různých analyzátorech. Výsledky jsem získala duplicitním měřením vzorku moči 20 pacientů na analyzátorech Atellica 1500/Clinitek Novus a na analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020 a zapsala je do tabulky 8 a 9. Po porovnání obou tabulek jsem zaznamenala největší rozdíl při měření leukocytů v moči a v hodnotě glukózy v moči. Na příčinu odlišností se při vypracování praktické části bakalářské práce nepodařilo přijít. U ostatních sledovaných parametrů lze konstatovat, že se výsledky zásadně neliší.

V druhé podkapitole praktické části bakalářské práce jsem sledovala vliv pH na tvorbu krystalů v moči. Analýza vzorků proběhla na přístroji Atellica 1500/Clinitek Novus. Z výsledného souboru 100 vzorků s výskytem krystalů v moči, které jsou zaznamenány v tabulce 10, lze říct, že nejpočetněji vyskytujícím se typem byly krystaly oxalátů (34 vzorků). Naopak nejméně častá byla přítomnost urátů, které se ve sledovaném souboru našly pouze ve 14 vzorcích. Rozmezí pH se ve zkoumaných vzorcích pohybovalo od 5,5 do hodnoty 9,0. Z výsledků v tabulce 10 také vyplývá, že samotné množství částic krystalů v moči nemá přímou spojitost s pH moči. pH však ovlivňuje typ krystalů, které se v moči objevují (Kladenský, 2020). Společně s článkem Kladenského to dokazuje i tabulka 11. Ta ukazuje vypočítané průměrné hodnoty pH u jednotlivých typů krystalů ve vzorcích. Průměrné pH při výskytu tripelfosfátů v moči ve zkoumaném souboru vzorků bylo 8,9. V případě oxalátů a krystalů kyseliny močové bylo průměrné pH shodné (5,6) a nejnižší průměrnou

hodnotu pH jsem zaznamenala u urátů (5,5). Z těchto výsledků je patrné, že tripelfosfáty vznikají v alkalické moči a lze usoudit, že kyselé pH moči podporuje naopak výskyt krystalů kyseliny močové, urátů a oxalátů. Tyto výsledky potvrzuje článek Wagnera a Mohebbiho i článek Dančíka, ve kterém popisované studie mimo vlivu pH odhalily jako další faktor nadměrné tvorby krystalů v moči obezitu a špatné stravovací návyky (Dančík, 2015; Wagner, 2010).

Třetí část se zabývá porovnáním výsledků močového sedimentu z analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus a analýzy močových konkrémentů pomocí FTIR spektrometru Nicolet iS10 u 10 pacientů specializovaného pracoviště s diagnostikovaným onemocněním urolitiáza.

Kuta, Machát, Benová a Kořistková ve své studii z roku 2012 zkoumali prvkové složení nejčastěji se vyskytujících močových konkrémentů. Z provedené studie vychází závěr, že se prokazatelně liší zastoupení prvků v konkrémentech s obsahem minerálů Whewellitu a Uricitu oproti konkrémentům s nerosty Apatitem a Struvitem. V článku se také zmiňuje, že k nejběžněji se vyskytujícím minerálům řadíme Weddellit, Whewellit, Apatit, Brushit, Struvit a Uricit. Whewellit, Weddellit a Uricit patří mezi nerosty, které mohou vytvářet čistý konkrément. Objevují se však často i v kombinacích Weddellitu s Whewelitem, Weddellitu s Apatitem či tříložkových konkrémentech Weddellit/Whewellit/Apatit v různém poměru. V článku dále navíc upřesňují souvislost výskytu krystalů v močovém sedimentu s mineralogickým složením konkrémentů. Mezi oxalátové řadí konkrémenty z nerostu Weddellitu a Whewellitu, jako fosfátové zmiňují konkrémenty tvořené z Apatitu a Brushitu a pro vznik například Uricitu je zapotřebí krystalů kyseliny močové a urátů (Kuta, 2012).

I u mého zkoumaného souboru se u pacientů v konkrementech vyskytoval nejčastěji Whewellit a Weddellit, které se shodně vyskytly v menším či větším množství u 5 pacientů. U pacienta č. 9 tvořil Whewellit dokonce celý konkrement. Čistý konkrement bez směsi vyšel v analýze i u pacienta č. 5 (Monetit), dále u pacienta č. 6 (Uricit) a č. 8 (Uricit). U ostatních vzorků již byly naměřeny konkrementy skládající se z více minerálů. Vzorky u pacientů č. 3; 7 a 10 byly zanalyzovány jako směs tří nerostů, vzorky u pacientů č. 1; 2 a 4 jako směs dvou nerostů.

U všech 10 pacientů byly v močovém sedimentu nalezeny krystaly. Kromě pacientů č. 6 a č. 8, kteří měli v moči krystaly kyseliny močové, byla u všech pacientů zjištěna přítomnost oxalátů. Tomuto zjištění odpovídá i pH moči pacientů, které je u všech vzorků kyselé a nepřesáhlo hodnotu 7,0. Dosažené výsledky se tedy shodují s poznatky Sobotky i Rajmona, kteří se ve svých člancích zmiňují o vlivu pH na tvorbu konkrementů. Shodují se, že kyselé pH podporuje vznik konkrementů kyseliny močové a šfavelanových konkrementů, zásadité pH naopak vznik konkrementů fosfátových (Sobotka, 2012; Rajmon, 2014).

Nejnižší pH (5,0) jsem zaznamenala shodně u čtyř vzorků. Vzorek pacienta č. 1 obsahoval v močovém sedimentu oxaláty a výsledný konkrement se skládal 80 % z Whewellitu a 20 % z Weddellitu. Stejně krystaly v moči a stejné minerály v konkrementu se objevily i u pacienta č. 2, ale nerosty byly v jiném procentuálním zastoupení (Whewellit 60 % a Weddellit 40 %). Další vzorky s hodnotou pH moči 5,0 byly u pacientů č. 8 a č. 9. Vzorek konkrementu pacienta č. 9 byl tvořen ze 100 % Whewellitu a v močovém sedimentu byly nalezeny taktéž oxaláty. Výjimku v nálezů krystalů v močovém sedimentu zde představuje pouze pacient č. 8, kdy při stejném pH (5,0) byly v moči naměřeny krystaly kyseliny močové a konkrement zanalyzován jako 100 % Uricit.

Krystaly kyseliny močové a konkrement ze 100 % Uricitu se vyskytl i u pacienta č. 6., který má ale shodné pH o hodnotě 5,5 s pacientem č. 4. Ve vzorku pacienta č. 4 se však v močovém sedimentu objevily opět oxaláty a konkrement byl vytvořen z Apatitu (70 %) a Weddellitu (30 %).

Minerál Apatit se v různém poměru vyskytl i u pacientů č. 3, č. 7 a č. 10, přičemž u pacienta č. 3 (pH 7,0) a pacienta č. 10 (pH 6,0) doprovázely Apatit v konkrementu nerosty Whewellit a Weddellit. Pacientovi č. 7 byla v konkrementu kromě Apatitu (40 %) změřena i přítomnost Struvitu (40 %) a Kalciumfosfátu (20 %) a jeho pH mělo hodnotu 6,5. Stejného pH 6,5 dosahovala hodnota i u vzorku pacienta č. 5., jehož konkrement byl ze 100 % složen z Monetitu. U pacientů č. 3; 7; 10 i 5 se v močovém sedimentu nacházely oxaláty.

Zajímavým poznatkem, který ve svém článku zmiňuje Vidlář, je častá přítomnost erytrocytů a leukocytů v močovém sedimentu u pacientů s urolitiázou (Vidlář, 2011). To prokazují i výsledky analýzy močových sedimentů pacientů z mého souboru vzorků, neboť erytrocyty zde byly naměřeny u 9 z 10 pacientů. Nevyskytovaly se pouze ve vzorku pacienta č. 3. Krev v moči pak byla dokázána u 7 z těchto 9 pacientů. Leukocyty byly dalším parametrem, u kterého se objevila zvýšená hodnota u více vzorků. Nebyly naměřeny pouze u pacienta č. 2 a č. 3.

7 ZÁVĚR

Předkládaná práce se zaměřuje na vyšetření moči a urolitiázu. Teoretická část je zaměřena na tvorbu a analýzu moči, tvorbu močových konkrementů, urolitiázu a možnosti diagnostiky.

Praktická část se zabývala chemickou analýzou moči, dále vyšetřením močového sedimentu se zaměřením na detekci krystalů a analýzou močového sedimentu a močových konkrementů u pacientů s diagnostikovanou urolitiázou. Výsledky byly naměřeny ve Fakultní nemocnici v Motole v Ústavu lékařské chemie a klinické biochemie. Praktická část práce se dělila na tři podkapitoly.

První z nich porovnávala chemické vyšetření moči souboru 20 vzorků na dvou analyzátoch. Po porovnání výsledků lze konstatovat, že analyzátor Atellica 1500/Clinitek Novus a analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 jsou vzájemně zastupitelné.

Druhá podkapitola zkoumala vliv pH na krystalizaci moči v souboru 100 vzorků. Výsledky přináší jednoznačný závěr o vlivu pH moči na vznik krystalů, kdy v alkalické moči vznikají fosforečnany a kyselá moč podněcuje tvorbu oxalátů, urátů a krystalů kyseliny močové.

Výsledky analýzy mého souboru 10 pacientů s diagnostikovanou urolitiázou ve třetí podkapitole praktické části bakalářské práce, kde jsem porovnávala močový sediment a analyzované konkrementy daného pacienta, se shodují s již dříve provedenou studií Kuty, Macháta, Benové a Kořistkové o minerálním složení konkrementů. Dále potvrzují i poznatky z článků Sobotky či Rajmona o prokazatelném vlivu pH moči a přítomnosti krystalů v močovém sedimentu na tvorbu a složení močových konkrementů.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

cca	cirka
č.	číslo
FTIR	infračervená Fourierova transformace
LED	elektroluminiscenční dioda
LIS	laboratorní informační systém
např.	například
tj.	to jest
tzv.	tak zvaný
USA	Spojené státy americké

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BARTOŠ, Vladimír a Antonín JABOR, ed., Miroslav ZÁMEČNÍK, 2005. *Preanalytická fáze 2005*. 1. vyd. Praha: Česká společnost klinické biochemie ČLS JEP. ISBN 80-239-5198-X.
2. BENÁKOVÁ, H., 2019. *Preanalytická příručka: Klinických laboratoří ÚLBLD* [online]. In: . [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.vfn.cz/wp-content/uploads/2019/06/ULBLD-preanalyticka-prirucka.pdf>
3. BEŇOVSKÁ, Miroslava, 2016. *Automatizace močové analýzy* [online]. In: . [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/med/podzim2016/KBOMII/um/Autom.moce.pdf>
4. BEŇOVSKÁ, Miroslava a Ondřej WIEWIORKA, 2014. *Mikroskopické vyšetření moče* [online]. In: . Brno: Fakulta informatiky Masarykovy Univerzity [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js14/mikroskop/web/skripta/mikroskopicke-vysetreni-moce-skripta.pdf>
5. BEŇOVSKÁ, Miroslava, Ondřej WIEWIORKA a Jana TŮMOVÁ, 2015. *Mikroskopické vyšetření moče* [online]. In: . 2. vyd. Brno: Masarykova univerzita [cit. 2022-01-30]. ISSN 1802-128X.
6. BOUATRA, S, F AZIAT, R MANDAL, AC GUO a MR WILSON, 2013. The Human Urine Metabolome. *PLoS ONE* [online]. 8(9), 1-28 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: [doi:https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0073076](https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0073076)

7. BRUNZEL, Nancy A., 2016. *Fundamentals of Urine & Body Fluid Analysis*. Fourth edition. Saunders: Elsevier Health Sciences. ISBN 9780323374798.
8. CIBIČEK, Norbert a Jan VACEK, 2014. *Principy a využití vybraných analytických metod v laboratorní medicíně*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3951-8.
9. CIBIČEK, Norbert a Jan VACEK, 2014. Principy a využití vybraných analytických metod v laboratorní medicíně. *Principy a využití vybraných analytických metod v laboratorní medicíně*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, s. 15-16. ISBN 978-80-244-3951-8.
10. ČERMÁKOVÁ, Marta a Irena ŠTĚPÁNOVÁ, 2010. *Klinická biochemie*. Vyd. 2., upr. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně. ISBN 978-80-7013-515-0.
11. ČERNÁ (VINCENCOVÁ), Petra, 2021. *Vyšetření moči*. Hradec Králové. Bakalářská práce (Bc.). UNIVERZITA KARLOVA, Farmaceutická fakulta.
12. DANČÍK, Peter, 2015. Urolitiáza a obezita. *Urologie pro praxi* [online]. **16(3)**, 99-101 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: https://www.urologiepropraxi.cz/artkey/uro-201503-0002_Urolitiaza_a_obezita.php
13. DUBSKÁ, Lenka, Jaroslav DOUBEK, Eva MATALOVÁ, Kateřina PILÁTOVÁ, Tereza PLESKOVÁ a Kristína GREPLOVÁ, 2010. *Laboratorní diagnostika* [online]. In: . 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita [cit. 2022-01-30]. ISBN 978-80-7305-116-7. Dostupné z: https://cit.vfu.cz/fyziolmed/images/files/Diagnostika_web.pdf

14. FERDOVÁ, Hana, 2015. Automatická močová linka cobas® 6500. *Labor aktuell*. **2015**(1), 9-11. ISSN 1214-7672. Dostupné z: doi:https://www.labor-aktuell.cz/ckfinder/userfiles/files/_cele_casopisy/LA2015/01-2015/cobas6500_ferdova.pdf
15. FONTANA, Josef a Patrik MAĎA, 2014. Endokrinní funkce ledvin. In: FONTANA, Josef, Jan TRNKA, Patrik MAĎA, Peter IVÁK, Petra LAVRÍKOVÁ, Lucie NOVÁKOVÁ, Martin PAVELKA a Martina ŠAJDÍKOVÁ. *Funkce buněk a lidského těla* [online]. Praha: 3rd Faculty of Medicine, Charles University in Prague [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <http://fbt.cz/skripta/vii-vylucovací-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/4-endokrinni-funkce-ledvin/>
16. FONTANA, Josef, Jan TRNKA, Patrik MAĎA, Peter IVÁK, Petra LAVRÍKOVÁ, Lucie NOVÁKOVÁ, Martin PAVELKA a Martina ŠAJDÍKOVÁ, 2014. Tvorba moči. In: *Funkce buněk a lidského těla* [online]. Praha: 3rd Faculty of Medicine, Charles University in Prague [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <http://fbt.cz/skripta/vii-vylucovací-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/3-tvorba-moci/>
17. FRANĚK, Miroslav a Ivan RYCHLÍK, 2012. Úvod do fyziologie ledvin a jejich úloha v metabolismu glukózy. *Medicína po promoci* [online]. **2012**(5-6) [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/archiv/uvod-do-fyziologie-ledvin-a-jejich-uloha-v-metabolismu-glukozy/>
18. HAMOUZOVÁ, Kateřina, 2020. *Základní vyšetření moče v laboratoři*. Č. Budějovice. Bakalářská práce (Bc.). JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Zdravotně sociální fakulta.

19. HANUŠ, Tomáš a Petr MACEK, 2015. *Urologie pro mediky*. Vydání první. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-3008-3.
20. HORA, Milan a Olga DOLEJŠOVÁ, 2020. *Urologie pro studenty všeobecného lékařství*. První vydání. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-4544-5.
21. KLADENSKÝ, Jiří, 2020. Kyselina močová z pohledu onemocnění ledvin. *Urologie pro praxi* [online]. **21**(2), 62-66 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: doi:10.36290/uro.2020.014
22. KUBÁČ, Petr, 2002. *Atlas močového sedimentu* [online]. In: . Ostrava [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <http://sekk.cz/atlas/>
23. KUČERA, Martin, 2014. Aragonitová urolitiáza. *Urologie pro praxi*. **15**(2), 80-81. ISSN 1213-1768. Dostupné z: doi:<https://www.urologiepropraxi.cz/pdfs/uro/2014/02/07.pdf>
24. KUTA, Jan, Jiří MACHÁT, D. BENDO VÁ a Tamara KOŘISTKOVÁ, 2012. Prvková analýza konkrémentů močového traktu. *Klinická biochemie a metabolismus*. **20**(4), 226-230. ISSN 1210-7921. Dostupné z: doi:<http://www.cskb.cz/res/file/KBM-pdf/2012/2012-4/KBM-Kuta-4-12-226.pdf>
25. NAIR, Muralitharan a Ian PEATE, 2017. *Patofyziologie pro zdravotnické obory*. 1. vydání. Přeložil Hana POSPÍŠILOVÁ. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0229-7.

26. NAVRÁTIL, Leoš, 2017. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory. 2.*, zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0210-5.
27. NEZBEDA, Pavel, 2013. *Analýza moče* [online]. In: . [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: https://postudium.cz/pluginfile.php/9982/mod_resource/content/1/130517Analaza_moci_CEVA_2013.pdf
28. POLÁK, Milan, 2018. *Vyšetření močového sedimentu na analyzátoru Atellica 1500*. Praha, 10 s. VSOPM_8ÚKBP_136/2018-1.
29. POLÁK, Milan, 2018. *Chemické vyšetření moče*. 1.3.2018. Praha, 15 s. VSOPM_8ÚKBP_135/2018-1.
30. POSPÍŠILOVÁ, R., 2018. *Poloautomatický močový analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020. 2*. Praha, 9 s. VSOPT_8ÚKBP_12/2015-2.
31. PULCER, Jan, 2016. Používání zobrazovacích metod urolitiázy. *Urologie pro praxi*. 17(5), 214-216. ISSN 1213-1768. Dostupné z: [doi:10.36290/uro.2016.055](https://doi.org/10.36290/uro.2016.055)
32. RACEK, Jaroslav, 2019. *Klinická biochemie* [online]. In: . [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/zdrav/189/page08.html#heading17>
33. RAJMON, Pavel, 2014. Metafylaxe urolitiázy v roce 2013. *Urologie pro praxi* [online]. 15(1), 12-17 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: https://www.medicinapropraxi.cz/artkey/med-201503-0007_Moderni_terapie_a_metafylaxe_urolitiazy.php?l=en

34. RYANA, D., K. ROBARDS, P.D. PRENZLER a Megan KENDALL, 2011. Recent and potential developments in the analysis of urine: A review. *Analytica Chimica Acta* [online]. 684(1-2), 17-29 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267010013450?via%3Dihub>
35. SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS, 2016. *Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání. 4. české vydání*. Přeložil Kateřina JANDOVÁ, přeložil Miloš LANGMEIER, přeložil Otomar KITTNAR, přeložil Eduard KURIŠČÁK, přeložil Pavla MLČKOVÁ, přeložil Martina NEDBALOVÁ, přeložil Vladimír RILJAK, přeložil Michal WITTNER. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4271-7.
36. SOBOTKA, Roman, 2012. Příčiny a rizikové faktory vzniku urolitiázy. *Urologie pro praxi* [online]. 13(1), 11-15 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: https://solen.cz/artkey/uro-201201-0003_priciny_a_rizikove_factory_vzniku_urolitiazy.php
37. ŠÁLEK, T., J. FRANEKOVÁ, A. JABOR a B. FRIEDECKÝ, 2016. Postanalytická fáze a interpretace laboratorního testu (post-postanalytická fáze). *Klinická biochemie a metabolismus* [online]. 24(45), 82-87 [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <http://www.stara.cskb.cz/res/file/KBM-pdf/2016/2016-2/KBM-2-2016-Salek-82.pdf>
38. ŠPIRKOVÁ, Jana, 2011. *Vyšetření moče* [online]. In: . Hradec Králové: Ústav klinické biochemie a diagnostiky Lékařské fakulty a Fakultní nemocnice Hradec Králové [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <http://ukbd.fnhk.cz/userfiles/file/vyuka/FaF/vysetreni-moce.pdf>

39. ŠTUDENT, Vladimír, 2002. Hematurie. In: *Doporučené postupy pro praktické lékaře* [online]. Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně, s. 1-9 [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.cus.cz/wp-content/uploads/2013/12/Hematurie-2002.pdf>
40. TÁBORSKÁ, Eva, 2010. *Chemické vyšetření moče* [online]. In: . [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/med/podzim2011/BPBC011c/um/04-Vysetreni_moce_pa-2011.pdf?lang=cs
41. TÁBORSKÁ, Eva a Josef TOMANDL, 2005. *Biochemie II: praktická cvičení. 2., přeprac. vyd.* Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-3645-1.
42. TÁBORSKÁ, Eva, Josef TOMANDL a Hana PAULOVÁ, 2008. *Biochemie II: praktická cvičení. 3., přeprac. vyd.* Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-4516-3.
43. TOMANDL, Josef a Eva TÁBORSKÁ, 2004. *Biochemie II: semináře. 1. vyd.* Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-3336-3.
44. VIDLÁŘ, Aleš, 2011. Urolitiáza – diagnostika a léčba. *Medicína pro praxi* [online]. 8(1) [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2011/01/06.pdf>
45. VOKURKA, Martin, 2012. *Patofyziologie pro nelékařské směry. 3., upr. vyd.* Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2032-9.
46. WAGNER, C A a N MOHEBBI, 2010. Urinary pH and stone formation. *Journal of Nephrology* [online]. 23(16), 165-169 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.5167/uzh-45805>

47. ZADINA, J., 2014. *Kvantitativní analýza močových konkrementů na FTIR spektrometru*. Praha, 13 s. VSOPM_8ÚKBP_138/2014-1.
48. ZADINA, Jiří, 2018. *FTIR spektrometr Nicolet iS10*. 2. Praha, 9 s. VSOPT_8ÚKBP_32/2014-2.
49. ZIMA, Tomáš, 2013. *Laboratorní diagnostika*. 3. dopln. a preprac. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7492-062-2.

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Stavba nefronu (Fontana, 2014).....	5
Obrázek 2 – Stavba glomerulární filtrační membrány a její propustnost pro molekuly (Tomandl, 2004).....	6
Obrázek 3 – Různou intenzitou obarvené erytrocyty společně s voskovým válcem v neutrální moči (Kubáč, 2002).....	18
Obrázek 4 – Četné leukocyty v relativně čerstvé moči (Kubáč, 2002).....	19
Obrázek 5 – Dlaždicové epitellie (Kubáč, 2002).....	20
Obrázek 6 – Hyalinní válce (Kubáč, 2002).....	21
Obrázek 7 – Oxalátové krystaly tvořené dihydrátem šťavelanu vápenatého (Kubáč, 2002)	22
Obrázek 8 – Typický močový sediment při zánětu močových cest s přítomností bakterií a leukocytů (Kubáč, 2002)	23
Obrázek 9 – Kvasinky a erytrocyty v močovém sedimentu (Kubáč, 2002)	24
Obrázek 10 – Močová linka Atellica1500/Clinitek Novus (zdroj vlastní).....	35
Obrázek 11 – Probíhající analýza vzorků na močové lince Atellica 1500/Clinitek Novus (zdroj vlastní).....	39
Obrázek 12 – Analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 (zdroj vlastní).....	44
Obrázek 13 – Ruční hydraulický lis H-62 (zdroj vlastní).....	45
Obrázek 14 – Pomůcky potřebné na výrobu vzorkové tablety (dole zleva: achátová třecí miska s tloučkem, špachtle, vzorkové kroužky, tabletovací forma, uprostřed zleva: třecí misky, Petriho miska s KBr, plastová lžička, nahoře: exikátor se silikagelem (zdroj vlastní).....	48
Obrázek 15 – FTIR spektrometr Nicolet iS10 (zdroj vlastní).....	49

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 – Krystalické látky tvořící močové konkrementy (Zima, 2013).....	31
Tabulka 2 – Používané reagencie pro analyzátor Atellica 1500/Clinitek Novus (Polák, 2018)	36
Tabulka 3 – Parametry a principy reakcí analyzátoru Clinitek Novus (Polák, 2018).....	37
Tabulka 4 – Používané reagencie pro analyzátor AUTION ELEVEN AE-4020 (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).....	40
Tabulka 5 – Referenční a měřící vlnové délky jednotlivých parametrů (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).....	41
Tabulka 6 – Parametry a principy reakcí analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020 (Polák, 2018; Pospíšilová, 2018).....	42
Tabulka 7 – Používané reagencie pro FTIR spektrometr Nicolet iS10 (Zadina, 2014).....	46
Tabulka 8 – Naměřené výsledky moči z analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus.....	51
Tabulka 9 – Naměřené výsledky moči z analyzátoru AUTION ELEVEN AE-4020.....	51
Tabulka 10 – Hodnoty pH, množství a typ krystalů ve vzorcích moči.....	53
Tabulka 11 – Průměrné hodnoty pH ve vzorcích podle typu krystalů v moči.....	55
Tabulka 12 – Popis a výsledky analýzy močových konkrementů pacientů 1–5 s diagnostikovanou urolitiázou	56
Tabulka 13 – Popis a výsledky analýzy močových konkrementů pacientů 6–10 s diagnostikovanou urolitiázou	56
Tabulka 14 – Výsledky močového sedimentu pacientů 1–5 s diagnostikovanou urolitiázou.....	57
Tabulka 15 – Výsledky močového sedimentu pacientů 6–10 s diagnostikovanou urolitiázou.....	58

12 SEZNAM PŘÍLOH

Uvedeno je pro ukázkou pět příloh, ostatní materiály jsou k nahlédnutí v soukromém archivu autorky.

Příloha 1 – Výsledky vyšetření moči vzorku 47077 na analyzátoru Atellica 1500/Clinitek Novus

Selected Sample | Date: 4.2.2022 Name: -- ID: 047077 Chem. Meas. Type: Patient
Dilution: 1.0 Sediment Status: - Normal Chemical Status: - Normal
Comments:

Particle	Category	p/pf	Ref. (p/pf)	Analyte	Result	Note
.TRI	N/A	N/A	0..0.5	BIL	Negative	
.URI	N/A	N/A	0..0.5	BLD	Negative	
HYA	-	0	0..1	CLA	Clear	
PAT	-	0	0..0.5	COL	Yellow	
.C-GRA	N/A	N/A	0..0.5	GLU	Negative	
.C-NEC	N/A	N/A	0..0.5	KET	Negative	
.C-WAX	N/A	N/A	0..0.5	LEU	Negative	
NEC	-	0	0..0.5	NIT	Negative	
.s-TRA	N/A	N/A	0..0.5	pH	6.0	
.REN	N/A	N/A	0..0.5	PRO	Negative	
EPI	-	0	0..5	SG	1.011	
YEA	negativní	0	0..0.5	UBG	3.2 umol/L	
BAC	negativní	59.84	0..250			
MUC	negativní	6.6	0..200			
SPRM	negativní	0	0..0.5			
TRV	N/A	N/A	0..0.5			

Image	For Review	Checked	Modified	Valid
01	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>
02	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>
03	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>
04	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>
05	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>
06	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>
07	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>
08	No	Yes	No	<input checked="" type="checkbox"/>

Edit Recalculate Add Note

MEAS No. 0027
ID# 047077
2022-02-04 09:57 10EA 24° C

GLU — mmol/L
PRO — g/L
BIL — umol/L
URO **NORMAL** umol/L
PH 5.5
S. G. 1.015
BLD — mg/L
KET — mmol/L
NIT —
LEU — Leu/uL
COLOR **LIGHT YELLOW**

Příloha 3 – Výsledky vyšetření moči vzorku 67 na analyzátoru Atellica 1500/Clinitec Novus

Moč chemicky			
Spec. hmotnost	1,025	kg/l	
pH	5,5		
Leukocyty	-		
Nitrity	-		
Bílkovina	-		
Glukóza	-		
Ketolátky	-		
Urobilinogen	1 (Normal)		
Bilirubin	-		
Barva	žlutá		
Zákal	zrušeno		
Krev	-		
Elementy v moči			
Erytrocyty	0	[*] částic/ul	0-10
Leukocyty	0	[*] částic/ul	0-15
Dlaždicové epit.	1	[*] částic/ul	0-10
Oxaláty	142	částic/ul	
Hyalinní válce	zrušeno		
Granulované válce	zrušeno		
Buněčné válce	zrušeno		
Voskové válce	zrušeno		
Kulaté epitelie	zrušeno		
Renál. tub. epitelie	zrušeno		
Bakterie	zrušeno		
Kvasinky	zrušeno		
Plísně	zrušeno		
Trichomonády	zrušeno		
Tripelfosfát	zrušeno		
Kyselina močová	zrušeno		
Uráty	zrušeno		
Hlen	zrušeno		
Spermie	zrušeno		

Příloha 4 – Výsledky vyšetření moči pacienta č. 1

Moč chemicky			
Spec. hmotnost	1,030	kg/l	
pH	5,0		
Leukocyty	-		
Nitrity	-		
Bílkovina	-		
Glukóza	-		
Ketolátky	-		
Urobilinogen	Normal		
Bilirubin	-		
Barva	žlutá		
Zákal	průhledná		
Krev	-		
Elementy v moči			
Erytrocyty	6	[*] částic/ul	0-10
Leukocyty	5	[*] částic/ul	0-15
Dlaždicové epit.	0	[*] částic/ul	0-10
Oxaláty	96	částic/ul	
Hlen	ojediněle		
Hyalinní válce	zrušeno		
Granulované válce	zrušeno		
Buněčné válce	zrušeno		
Voskové válce	zrušeno		
Kulaté epitelie	zrušeno		
Renál. tub. epitelie	zrušeno		
Bakterie	zrušeno		
Kvasinky	zrušeno		
Plísně	zrušeno		
Trichomonády	zrušeno		
Tripelfosfát	zrušeno		
Kyselina močová	zrušeno		
Uráty	zrušeno		
Spermie	zrušeno		

1

Příloha 5 – Výsledky analýzy močových konkrementů pacienta č. 1

Močový konkrement		
počet konkrementů:	1	
provedeno:	1	krát
whewellit	80	§
weddellit	20	§
uricit	0	§
dahllit	0	§
apatit	0	§
struvit	0	§
brushit	0	§
whitlockit	0	§
urát amonný	0	§
cystin	0	§
cholesterol	0	§
zjištěno:	0	

Jeden tmavě hnědý konkrement nepravidelného tvaru, povrch hrubý, velikost 3 x 2 x 2 mm, tvrdost značná.