

**LÉKAŘSKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO
V OLOMOUCI**

**Možnosti využití telemetrie v urodynamickém
vyšetření funkce dolních močových cest u žen**

DIZERTAČNÍ PRÁCE

Marcel Gärtner

školitel: prof. MUDr. Radovan Pilka, Ph.D.

Porodnicko-gynekologická klinika LF UP Olomouc a FN Olomouc
přednosta prof. MUDr. Radovan Pilka, Ph.D.

Olomouc 2016

Možnosti využití telemetrie v urodynamickém vyšetření funkce dolních močových cest u žen

MUDr. Marcel Gärtner

Doktorská dizertační práce

Gynekologicko - porodnická klinika Fakultní nemocnice Ostrava
přednosta doc. MUDr. Ondřej Šimetka, Ph.D., MBA

Olomouc 2016

Gärtner, M. (2016): Možnosti využití telemetrie v urodynamickém vyšetření funkce dolních močových cest u žen.

Doktorská dizertační práce. Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 94 s.

Prohlašuji, že jsem dizertační práci vypracoval samostatně.
Všechny zdroje informací, ze kterých jsem čerpal, uvádím v seznamu literatury.

V Ostravě dne 8. března 2016

MUDr. Marcel Gärtner

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému školiteli prof. MUDr. Radovanu Pilkovi, Ph.D. za podporu i odborné vedení práce a dále kolektivu pracovníků Porodnicko – gynekologické kliniky LF UP a FN Olomouc pod vedením přednosty prof. MUDr. Radovana Pilky, Ph.D. za umožnění postgraduálního studia.

Můj velký dík patří doc. MUDr. Janu Krhutovi, Ph.D., primáři Urologického oddělení FN Ostrava a LF OU za skvělou spolupráci, možnost konzultací, pomoc s přípravou výzkumu a korekci závěrečné práce.

Poděkování patří také doc. MUDr. Ondřeji Šimetkovi, Ph.D., MBA, přednostovi Gynekologicko - porodnické kliniky FN Ostrava a LF OU, za pomoc při přípravě odborných publikací a korekci závěrečné práce.

Děkuji také doc. MUDr. Vítu Unzeitigovi, CSc. a všem lékařům Gynekologicko – porodnické kliniky FN Ostrava za pomoc při získávání klinických dat.

Velmi děkuji lékařkám, zdravotním sestřám a rodinným příslušníkům ženského pohlaví. Bez jejich přispění by práce nemohla vzniknout.

V neposlední řadě patří největší dík mé rodině, Matyášovi, Jonášovi a Sylvě, za trpělivost a podporu, kterou mi projevovali po celou dobu studia.

In memoriam MUDr. Jozef Gärtner

SOUHRN

Poruchy funkce dolních močových cest jsou celosvětově významným zdravotním problémem. Postihují obě pohlaví a všechny věkové kategorie. Jedná se o celou skupinu příznaků, které upozorňují jak na nevýznamné postižení dolních močových cest, tak na zdraví a život ohrožující onemocnění. Mohou se vyskytovat izolovaně nebo se častěji prolínají. Nejčastějšími symptomy jsou urgencye, urgentní inkontinence, polakisurie a nykturie. Vznik poruch dolních močových cest je multifaktoriálně podmíněný. Symptomy dolních močových cest mají významný vliv na kvalitu života žen. Ovlivňují každodenní život žen a to jak soukromý, tak pracovní. Mají celou řadu zdravotních dopadů. Na jejich diagnostiku a léčbu se celosvětově vynakládají vysoké finanční prostředky. Nesprávná nebo nedokonalá diagnostika může vést k zhoršení stavu s negativními následky na zdraví žen.

V diagnostice symptomů dolních močových cest se jako první volba využívají metody neinvazivní diagnostiky. Jedním ze základních vyšetření je uroflowmetrie se stanovením postmikčního rezidua. Uroflowmetrie je vyšetření, které se provádí ve zdravotnickém zařízení. Jeho nevýhodou je častokrát nedokonalé dodržení intimity vyšetřované ženy a následné možnosti zkreslení výsledků. Další nevýhodou je potřeba správného načasování vyšetření na dobu, kdy má pacientka pocit normálního nucení na močení. Vyšetření si vyžaduje dobrou spolupráci pacientky. Alternativními metodami uroflowmetrie jsou vyšetření, které umožňují přenos údajů o mikci na dálku. Žena může vyšetření provádět ve svých domácích podmínkách k dodržení soukromí a intimity. Tím se snižuje možnost zkreslení výsledků.

Má práce se zabývá možností využití telemetrie v urodynamickém vyšetření dolních močových cest u žen, se soustředěním na uroflowmetrii. Jako možná náhrada uroflowmetrie se jeví využití sonouroflowmetrie. Cílem práce bylo odpovědět na dvě hypotézy. Primárním úkolem bylo najít odpověď na otázku, jestli můžeme využitím telemetrického přenosu a měřením za pomoci sonouroflowmetrie naměřit stejné výsledky jako bychom naměřili za pomoci konvenční uroflowmetrie. Sekundární úkol hledal odpověď na další hypotézu. Pokud prokážeme dobrou korelaci výsledků sonouroflowmetrie ke konvenční uroflowmetrii, jaké může být další využití telemetrické metody – sonouroflowmetrie v klinické praxi? Jaké jsou možnosti využití a limity sonouroflowmetrie?

Do první části studie jsme zařadili 35 zdravých žen. Všechny ženy močily třikrát na konvenčním uroflowmetru a potom podstoupily sonouroflowmetrické

měření. Získali jsme 105 uroflowmetrických křivek a 256 sonouroflowgramů. Vizualní analýzou jsme u jednotlivých žen zjistili dobrou korelaci mezi uroflowmetrickou a sonouroflowmetrickou křivkou.

V druhé části studie jsme použili data od 36 zdravých žen. Všechny ženy močily na konvenčním uroflowmetru se zakomponovaným telemetrickým přenosem sonouroflowmetrické křivky. Simultánně jsme tedy z jednoho močení získali jak uroflowmetrickou, tak i sonouroflowmetrickou křivku. Data jsme následně statisticky zpracovali a vyhodnotili. Podrobili jsme jednotlivé koreláty vizuálnímu hodnocení. Výsledky byly hodnoceny jako dobré. Následně jsme zjišťovali korelaci doby mikce (silný stupeň korelace), mikčního objemu (střední stupeň korelace) a maximálního průtoku moči (nízký stupeň korelace).

Sonouroflowmetrie a možnosti telemetrického přenosu dat získaných spontánní mikcí mají v současné době významné limity. Ke zdokonalení metody je potřeba dalšího výzkumu a specifikace měřícího zařízení. Další potřeba spočívá ve zdokonalení software, který výsledky zpracovává. Sonouroflowmetrie v současné době nemá potenciál k úplné náhradě konvenční uroflowmetrie v diagnostickém procesu. Její významnou výhodou je její dostupnost. Z výsledných sonouroflowmetrických křivek lze říci, jestli se jedná o normální nebo abnormální křivku. V případě zjištěné abnormity je pacientce doporučeno odborné vyšetření. Sonouroflowmetrie reprezentuje nenáročnou, neinvazivní i ekonomicky dostupnou metodu, která by mohla být v budoucnu využívána v procesu základní diagnostiky symptomů dolních močových cest.

ABSTRACT

Lower urinary tract dysfunctions represent a significant worldwide health problem. Diseases of the lower urinary tract affect individuals of both sexes and all age groups. They lead to lower urinary tract symptoms which could be caused by diseases ranging from insignificant and benign to severe life-threatening conditions. Symptoms could be caused by a single pathology, however, they are often multifactorial, developing as a result of the dysfunction of several components of the lower urinary tract and other systems, such as the bowel or pelvic floor. The most frequent lower urinary tract symptoms are urgency with or without urge incontinence, frequency, and nocturia. These bothersome symptoms have a major impact on the quality of life of the affected women. The effects on the individual's daily life, both private and professional are very dramatic and could lead to related health problems. Significant resources are devoted to the diagnosis and treatment of lower urinary tract symptoms. An inaccurate diagnosis could aggravate the condition and lead to further deterioration with negative effects on the health of the affected female.

The first step in the diagnostic work - up should include non - invasive methods, such as uroflowmetry and measurement of post - void residual. Currently, uroflowmetry is performed in the hospital or a clinic. The lack of privacy is often associated with a significant negative psychological effect that leads to a distortion of results. The other disadvantage is that in most cases it is difficult to time the test so that the patient records the urinary flow after the bladder has been filled to the optimal level. Uroflowmetry requires a high degree of compliance from the patient. A method allowing for electronic transmission of the recorded data would allow the patient to perform the test in the comfort of their home at a time when the bladder is filled to the optimal capacity, minimizing or eliminating data distortion.

This work evaluated the use of telemetry in urodynamic evaluation of lower urinary tract symptoms with a focus on uroflowmetry. The primary goal was to determine if data obtained using telemetric uroflowmetry, sonouroflowmetry, provides the same accuracy as the data collected using conventional uroflowmetry. The secondary aim was to determine the benefits and limitations of using sonouroflowmetry in a clinical setting.

Thirty five healthy female volunteers were recruited for the first phase of this study. Each study participant underwent three uroflowmetry recordings using the conventional, office based uroflowmetry. Subsequently, they measured their

urinary flow using the experimental sonouflowmetry technique. We obtained 105 uroflowmetry and 256 sonouflowmetry recordings. We documented a good correlation between the flow patterns recorded using two methods.

Thirty six healthy female volunteers were included in the second phase of the study. All volunteers recorded their urinary flow rate using the conventional uroflowmetry device, which was combined with the capability of simultaneously recording using telemetry. This allowed us to record the same micturition using both methods simultaneously. We compared the data and visual tracings from both recording methods. We found a strong correlation in the voiding time, a moderate correlation in voided volume, and a weak correlation in peak flow.

Sonouflowmetry and the use of telemetry do have significant limitations at this stage. Further research and development is needed to find a measurement device that would improve recording accuracy. Additional development of the software could also lead to improvement of this method. Currently, sonouflowmetry is not accurate enough to completely replace conventional office - based uroflowmetry for diagnosing lower urinary tract symptoms, however, it is a promising method especially due to its wide availability. The visual tracing did allow us to discriminate between normal and abnormal voiding patterns. This could be used for screening purposes, allowing a provider to select patients who need further evaluation by specialist. With further improvement, sonouflowmetry could develop into a simple, non - invasive, broadly available, economical method, which could be used to diagnose lower urinary tract symptoms.

OBSAH

POUŽITÉ ZKRATKY	10
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	11
1.1 Anatomie dolních močových cest a pánevního dna	11
1.2 Inervace dolních močových cest.....	15
1.3 Fyziologie močení	19
1.4 Poruchy funkce dolních močových cest	21
1.5 Epidemiologie LUTS.....	28
1.6 Etiologie LUTS.....	30
1.7 Vliv LUTS na kvalitu života	32
1.8 Vyšetřovací metody - neinvazivní a invazivní urodynamika	33
1.8.1 Anamnéza.....	33
1.8.2 Klinické a fyzikální vyšetření	34
1.8.3 Laboratorní vyšetření	36
1.8.4 Pomocné kvantifikační testy	36
1.8.5 Zobrazovací diagnostické metody.....	38
1.8.6 Urodynamické vyšetřovací metody.....	39
1.9 Uroflowmetrie	47
1.9.1 Fyzikální základy uroflowmetrie	48
1.9.2 Historie uroflowmetrie	53
1.9.3 Správná urodynamická praxe - uroflowmetrie.....	55
1.9.4 Výhody a nevýhody uroflowmetrie.....	58
1.10 Alternativní metody měření proudu moči.....	59
1.11 Telemetrie a sonouroflowmetrie	60
1.11.1 Výhody a nevýhody sonouroflowmetrie	64
2 HYPOTÉZY	65
3 PRAKTICKÁ ČÁST	66
3.1 Soubor a metodika	66
3.1.1 Laboratorní část - set up 1	66
3.1.2 Laboratorní část - set up 2	69
3.1.3 Statistická analýza výsledků.....	72
4 VÝSLEDKY	75
4.1 Laboratorní část – set up 1	75
4.2 Laboratorní část – set up 2.....	77
5 ODPOVĚDI NA HYPOTÉZY	82
6 DISKUZE.....	84
7 ZÁVĚR PRO PRAXI.....	88
LITERATURA.....	89

POUŽITÉ ZKRATKY

ALPP	hodnota nitrobřišního tlaku spojená s únikem moči (z angl. abdominal leak point pressure)
ATP	adenosin trifosfát
DM	cukrovka (z latin. diabetes mellitus)
DI	úplavice močová (z latin. diabetes insipidus)
DMC	dolní močové cesty
Error.ConfInt95	konfidenční interval spolehlivosti (z angl. 95 % confidence interval error)
Error.StDev	směrodatná chyba (z angl. standard deviation error)
FDV	první nucení k mikci (z angl. first desire to void)
FUL	funkční délka uretry (z angl. functional urethral lenght)
ICS	Mezinárodní společnost pro kontinenci (z angl. International Continence Society)
ICHS	ischemická choroba srdeční
ISD	nedostatečnost vnitřního svěrače (z angl. intrinsic sphincter deficiency)
LPP	hodnota tlaku spojená s únikem moči (z angl. leak point pressure)
LUTS	symptomy dolních močových cest (z angl. lower urinary tract symptoms)
LUTD	dysfunkce dolních močových cest (z angl. lower urinary tract dysfunction)
MUP	maximální uretrální tlak (z angl. maximum urethral preassure)
MUCP	maximální uzávěrový uretrální tlak (z angl. maximum urethral closure pressure)
OAB	hyperaktivní močový měchýř (z angl. over active bladder)
PCC	Pearsonův korelační koeficient
POP - Q	kvantifikace prolapsu pánevních orgánů (z angl. pelvic organ prolapse quantification)
PVR	postmikční reziduum (z angl. post void residuum)
PWT	vložkový test (z angl. pad – weight test)
RTG	rentgenové vyšetření
SM	roztroušená skleróza (z latin. sclerosis multiplex)
StDev	směrodatná odchylka (z angl. standard deviation)
SUF	sonouroflowmetrie
TUL	celková délka uretry (z angl. total urethral lenght)
UCPP	uretrální uzávěrový tlakový profil (z angl. urethral closure pressure profile)
UFM	uroflowmetrie
UPP	uretrální tlakový profil (z angl. urethral preassure profile)
VC	variační koeficient (z angl. coefficient of variation)

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

1.1 Anatomie dolních močových cest a pánevního dna

Dolní močové cesty jsou tvořeny dvěma orgány: močovým měchýřem a močovou trubicí. Zastávají dvě funkce. Funkci jímací a evakuační.

Močový měchýř je dutý a elastický svalový orgán, který je uložený v malé pánvi. Jeho tvar je závislý na náplni. Fyziologická kapacita močového měchýře je 400 – 600 ml.

Močový měchýř je anatomicky tvořen několika částmi. Na diaphragma urogenitale leží fundus močového měchýře. Tělo močového měchýře tvoří jeho největší část. Dopředu a kraniálně je orientován apex močového měchýře. Hrdlo močového měchýře je část, ze které vyúsťuje močová trubice. Trigonum močového měchýře leží na fundu močového měchýře a je vymezeno vnitřními ústí močovodů a močové trubice.

Stěna močového měchýře se skládá ze serózy, hladké svaloviny, která se nazývá detruzor (m. detrusor vesicae), z podslizničního vaziva a ze sliznice. Detruzor močového měchýře je uspořádán do tří vrstev. [1] V oblasti trigona histologicky neidentifikujeme podslizniční vazivo a sliznice srůstá se svalovinou. Hluboká vrstva svaloviny trigona adhezuje s kruhovitě uspořádanými svalovými vlákny močového měchýře a pokračuje kolem vnitřního ústí uretry jako m. sphincter vesicae urinariae.

Trigonum se podílí na uzávěru hrdla močového měchýře. Při mikci se mění postavení trigona z horizontální polohy do pozice připomínající nálevku. V této pozici pak trigonum otevírá hrdlo močového měchýře.

Ženská močová trubice (uretra) je dlouhá přibližně 4 cm. Její průsvit je 7 – 8 mm. Uretra kontroluje zadržování moči a řídí proces odtoku moči během mikce. Je lehce zahnutá pod dolním okrajem symfýzy a spojuje močový měchýř se zevním prostředím. Uretra po odstupu z močového měchýře prostupuje urogenitálním hiatem, probíhá přes urogenitální diafragma (její střední část) a vyúsťuje v oblasti mezi dvěma malými stydkými pysky. Uretra celou svou délkou naléhá na přední

poševní stěnu. Její přední stěna je fixována pomocí ligamenta pubourethralia ke stydké sponě. Jedná se o vazivové struktury probíhající z přední stěny cervixu a pochvy kolem báze močového měchýře a uretry dopředu na zadní stěnu stydké spony. Tato ligamenta omezují pohyb močové trubice a spolupodílejí se na zajištění kontinence.

Svalovinu uretry tvoří vnitřní vrstva hladkých svalových vláken z detruzoru a zevní vrstva příčně pruhované svaloviny z m. transversus perinei profundus. Tato také tvoří zevní svěrač močové trubice – m. sphincter urethrae externus.

Pánevní dno má tvar trychtýře s vrcholem směřujícím k anu a je tvořeno pánevními svaly, endopelvickou fascií a urogenitálním diafragmatem. [2] Svaly pánevního dna (diaphragma pelvis) jsou tvořeny dvěma částmi párového m. levator ani, m. coccygeus a m. sphincter ani externus.

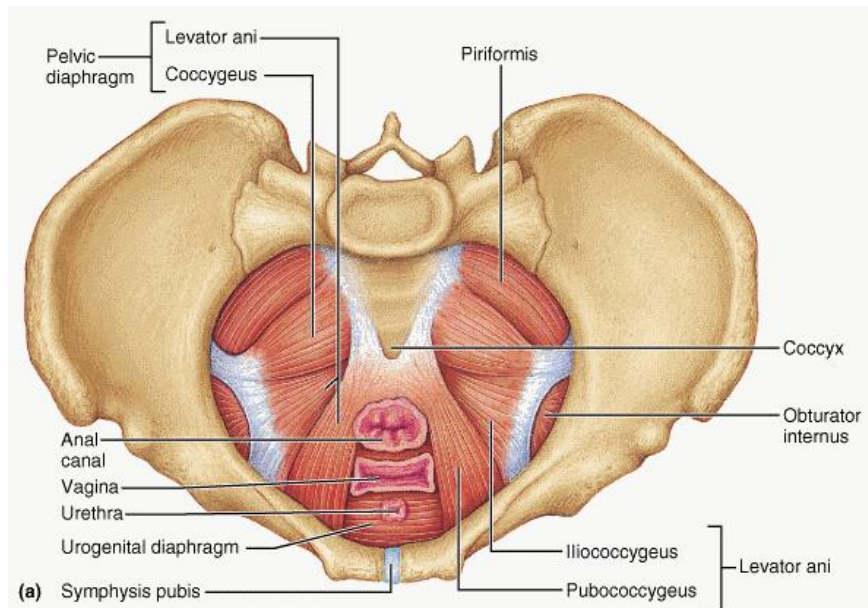
Částmi m. levator ani jsou m. pubococcygeus a m. iliococcygeus. M. levator ani se vpředu upíná na stydkou kost a laterálně na fascii m. obturatorius internus. V této oblasti dochází ke kondenzaci pojivového vaziva, což označujeme jako arcus tendineus fascie levatoris ani. [3] Následně běží až po spina ischiadica. Části tohoto párového svalu se stýkají v předozadním průměru až po určité délce průběhu a tvoří hiatus urogenitalis. Jím prochází močová trubice, pochva i rektum.

M. levator ani má společný vývojový základ se svaly břišní stěny. Zabezpečuje svou kontrakcí udržení orgánů pánve a dutiny břišní ve správné poloze. Zajišťuje správnou polohu uretry a vezikouretrální junkce v oblasti působení nitrobřišního tlaku. Tím přispívá k zajištění kontinence moči.

M. coccygeus je lokalizovaný podél vnitřní plochy ligamentum sacrospinale. Odstupuje od spina ischiadica a upíná se na os coccygis a os sacrum. M. sphincter ani externus je umístěn distálně kolem anu. Sval je kruhovitěho tvaru a sahá do vzdálenosti asi 4 cm od anu. Tento sval je vůlí ovladatelný a za normálních okolností má i v období klidu určitý tonus (ve spánku).

Obrázek č. 1 - Pánevní dno

<http://unanipathy.com/videos/wp-content/uploads/Pelvic-Diaphragm.gif>

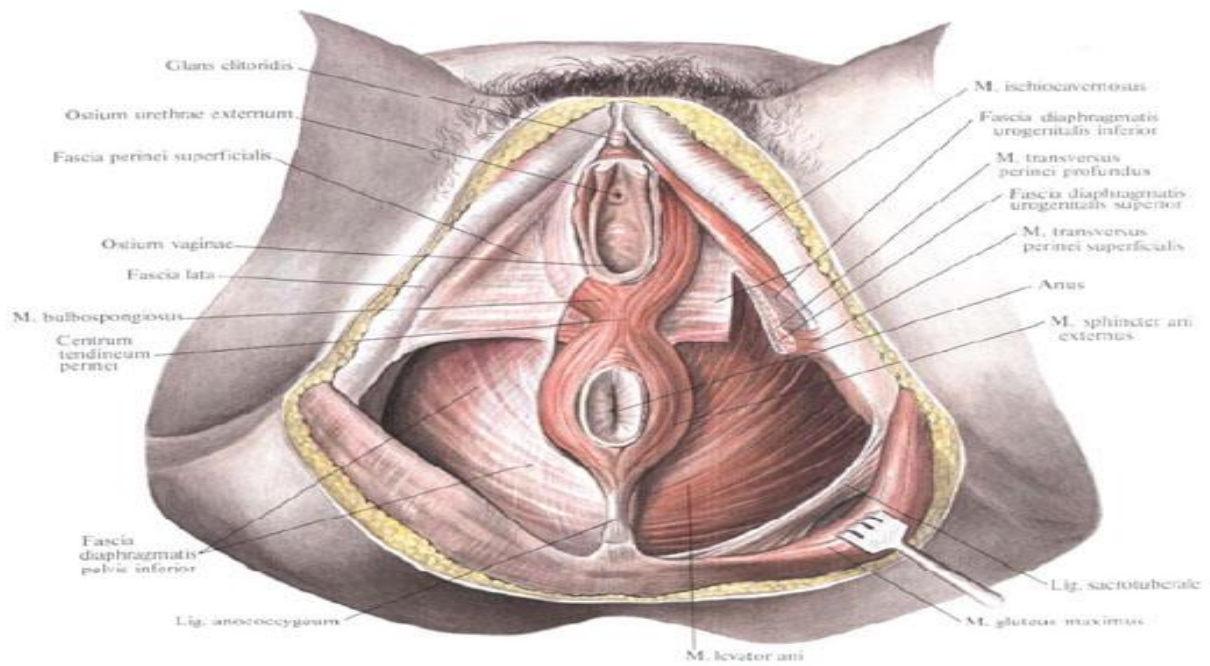


Termínem **fascia endopelvina** označujeme vazivovou tkáň, která se rozprostírá mezi svalovou vrstvou pochvy, přilehlými orgány a stěnou malé pánve. Fixuje hrany pochvy k fascii m. obturatorius internus.

Diaphragma urogenitale je zdvojená vazivově – svalová plotna tvaru trojúhelníku se základnou v oblasti anu, která probíhá mezi dolními rameny stydkých kostí až ke kostem sedacím a částečně uzavírá urogenitální hilus. Obklopuje uretru i pochvu a spojuje se v centrum tendineum perinei (perineal body). Zde je membrána pevně spojena s m. pubococcygeus. Urogenitální diafragma obsahuje snopce příčně pruhované svaloviny, které byly dříve označovány jako m. transversus perinei profundus. V současné době jsou tato vlákna označována jako m. compressor urethrae a m. sphincter urethrovaginale. [4] Jejich funkce je v podpoře pozice močové trubice i pochvy a v částečné kompresi těchto orgánů. Na spodním listu urogenitální membrány jsou povrchové svaly: m. transversus perinei superficialis, m. ischiocavernosus a m. bulbocavernosus. Nejvýznamnější součástí diaphragma urogenitale pro fixaci močové trubice jsou pubouretrální ligamenta. [5]

Obrázek č. 2 - Diaphragma urogenitale

http://en.shram.kiev.ua/health/anatomy/page_2500.shtml



1.2 Inervace dolních močových cest

Neurální kontrola funkce dolních močových cest je složitý a komplexní děj, který je regulován na několika úrovních. Periferní inervaci zajišťuje jak sympatický, tak parasympatický nervový systém. Centrální inervaci zajišťuje mozek a mícha.

Neurální kontrola dolních močových cest na periferní úrovni.

Dolní močové cesty jsou inervovány somatickým a vegetativním nervovým systémem. [6]

Somatická inervace odstupuje ze sakrální míchy v úrovni S2 - S4 (Onufrowitzovo jádro). Inervuje svaly pánevního dna cestou n. pudendus.

Sympatická inervace je složena z eferentních a aferentních vláken. Postranní rohy míšní, které jsou zformovány ze šedé míšní hmoty, obsahují tzv. konektorové sympatické neurony. Axony těchto neuronů opouštějí míchu cestou předních míšních rohů a vstupují jako rami communicantes albi do paravertebrálních ganglií, které tvoří sympatický prozec. Zde se spájejí s postsynaptickými neurony, které poté sestupují z ganglií L1 – L2 cestou **plexus hypogastricus** jako **sympatická eferentní vlákna** k močovému měchýři. Sympatická vlákna byla prokázána i v plexus pelvici. Sympatická inervace zajišťuje hlavně kontrakci hrdla močového měchýře a uretry, kde je ve svalovině lokalizováno největší množství α – adrenergních receptorů. Tyto po podráždění neurotransmiterem noradrenalinem a serotoninem spustí svalovou kontrakci, která zvýší uzávěrový tlak. V buňkách detruzoru jsou zastoupeny hlavně β – adrenergní receptory, z čehož dominují β - 3 – adrenoreceptory. Po aktivaci noradrenalinem přes enzym adenylátcyklázu indukují syntézu cAMP, který působením na buňky svaloviny detruzoru způsobuje jeho relaxaci. **Sympatická aferentní vlákna** se ve srovnání s parasympatickými vyskytují v malém počtu. Aference z močového měchýře procházejí cestou plexus hypogastricus do ganglií v zadních míšních kořenech. Tam zajišťují jak horizontální, tak vertikální komunikaci.

Parasympatická inervace je rovněž složena z eferentních a aferentních vláken. Parasympatické neurony se nacházejí v šedé míšní hmotě na úrovni S2 – S4. Jejich počet je proti počtu sympatických buněk nižší a proto netvoří laterální rohy. **Eferentní parasympatická vlákna**, která jsou tvořena myelinizovanými axony, vystupují z míchy cestou předních míšních kořenů a směřují pelvickým nervem směrem k močovému měchýři. Ke spojení s postgangliovými nervy dochází

v parasympatických gangliích buď těsně u stěny močového měchýře (vezikální ganglia), nebo přímo ve stěně močového měchýře (intramurální ganglia). Nervový přenos je modulován řadou dalších receptorů (nikotinové, muskarinové, adrenergní, purinergní, peptidergní), které mohou mít jak stimulační, tak inhibiční efekt. Při uvolnění acetylcholinu na neuromuskulární ploténce dochází k jeho vazbě na muskarinové receptory buněčné membrány detruzoru a přes aktivaci fosfolipázy C k uvolnění kalcia ze sarkoplazmatického retikula s následnou kontrakcí detruzoru. Acetylcholin se váže rovněž na nikotinové cholinergní receptory. **Aferentní parasympatická vlákna** jsou početnější než sympatická aferentní vlákna. Jejich axony rovněž jako u sympatických vláken zajišťují horizontální a vertikální komunikaci.

V souvislosti s kontrolou mikčního cyklu je poukazováno na úlohy řady dalších **non - adrenergních** a **non - cholinergních** receptorů močového měchýře (purinergní, vaniloidní, bradykininové receptory B1 a B2 a receptory skupiny p75).

Neurální kontrola dolních močových cest na spinální úrovni.

Oblast sakrálních spinálních segmentů je základní etáž, na které se realizuje kontrola mikčního cyklu. Jedná se zejména o segment S3. V mediolaterální oblasti předních míšních rohů se nachází Onufrowitzovo jádro, které se podílí zejména na realizaci tzv. **somatického strážního reflexu** a cestou pudendálního nervu inervuje svaly pánevního dna včetně uretrálního a análního sfinkteru.

S rostoucí náplní močového měchýře roste intenzita aferezí, které jsou cestou parasympatických aferentních vláken přiváděny do míchy a dále jsou vedeny do supraspinalních center a to zejména zadními míšními provazci. Jako zpětná vazba je v oblasti Onufrowitzova jádra uvolňován glutamát, který aktivuje somatický pudendální nerv a ten způsobuje tonické zvyšování kontrakce uretrálního sfinkteru, což směřuje k zachování kontinence.

Podkladem **somatického (vegetativního) strážního reflexu** je naopak zpětnovazebná komunikace parasympatického a sympatického systému. Na zvýšený aferentní stimul reaguje podrážděním lumbální sympatikus. Dochází k podráždění sympatických eferencí s útlumem parasympatické eferentní aktivity. Na eferentních sympatických vláknech, které inervují fundus močového měchýře dochází k uvolnění noradrenalinu a jeho interferencí s $\beta - 3$ - adrenoreceptory k přímé relaxaci detruzoru.

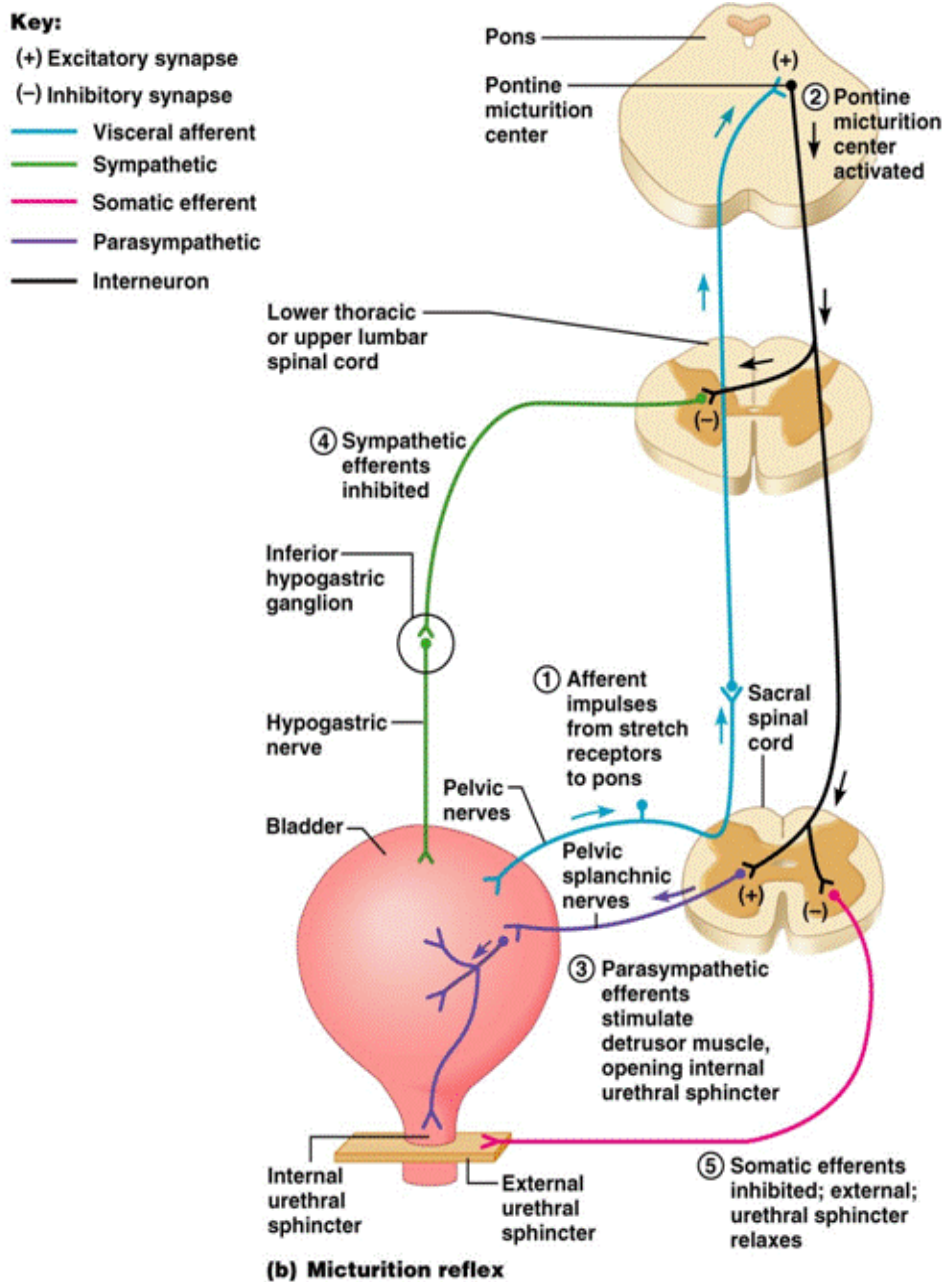
Neurální kontrola dolních močových cest na cerebrální úrovni.

Kontrola mikčního cyklu je obecně realizována na čtyřech úrovních: korové (převaha inhibiční aktivity), zadního hypothalamu (převažuje excitační aktivita), limbického systému (převažuje inhibiční aktivita) a mozkového kmene (s převahou excitační aktivity). Aference z periferie jsou přiváděny do oblasti mesencefala do tzv. periaqueduktální šedé kůry. Odtud existují spojení do substantia nigra a dále do pons Varoli, kde je pontinní mikční centrum, do mozečku a do hypothalamu a thalamu. Hypothalamus bývá též někdy nazýván hlavním jádrem sympatiku pro svou řídicí funkci homeostázy pomocí regulace vegetativního nervstva. Role mozečku není dostatečně prozkoumána. Pravděpodobně moduluje výšku prahu pro spuštění řady pontinních reflexů. Byla prokázána jeho inhibiční aktivita v plnicí fázi mikčního cyklu a facilitační aktivita v mikční fázi cyklu. [7] Z thalamu vedou aference do gyrus cinguli a do lobus insularis. Gyrus cinguli patří funkčně k limbickému systému, který se podílí na řízení somatovegetativních funkcí. Vzruchy odsud jsou vedeny směrem k prefrontálnímu kortexu. Předpokládá se taky spojení s gyrus cinguli s vysokou inhibiční aktivitou během jímací fáze mikčního cyklu. Do lobus insularis jsou vedeny aference z většiny vnitřních orgánů. Pomáhá pravděpodobně identifikovat povahu viscerálních signálů a posouvá je dále k nefrontálnímu kortexu. Má primárně inhibiční aktivitu v jímací fázi cyklu a na mikční fázi se příliš nepodílí. [8] Prefrontální kortex, což je oblast šedé hmoty frontálního laloku mozku ventrálně od gyrus praecentralis, je zodpovědný zejména za integraci vjemů. Reguluje rovněž limbický systém. V případě, že je žádoucí udržení mikčního systému v jímací fázi, zajišťuje prefrontální kortex inhibici pontinního centra. V případě volní iniciace mikční fáze cyklu dochází k oslabení jeho inhibiční aktivity.

Na kontrolu mikčního cyklu má vliv taky řada dalších struktur a neurotransmiterů. Za zmínku stojí dopamin, který je secernován zejména v oblasti bazálních ganglií a podráždění dopaminergních receptorů vede k inhibici kontraktility detruzoru.

Obrázek č. 3 - Inervace dolních močových cest

<http://classes.midlandstech.edu/carterp/Courses/bio211/chap25/chap25.htm>



1.3 Fyziologie močení

Mikce je za fyziologických podmínek vůli ovladatelný děj, který lze přerušit. Častokrát může být ale za patologických podmínek mikční reflex aktivován i zcela minimální elevací intravezikálního tlaku.

Mikční cyklus dělíme na dvě fáze:

1. **jímací** (plnicí)
2. **evakuační** (vylučovací).

V **jímací fázi** je močový měchýř postupně distendován močí přitékající z horních močových cest. Močový měchýř má velice dobrou akomodační schopnost a proto dochází jen k minimální elevaci intravezikálního tlaku. Mluvíme o nízkotlakém rezervoáru. Sympatikus zajišťuje svým dominantním efektem relaxaci detruzoru močového měchýře, kontrakci svaloviny hrdla močového měchýře i proximální uretry. S rostoucí náplní v močovém měchýři dochází k prostorové deformaci buněk urotelu a cestou neurotransmiterů (zejména ATP) k podráždění terminálních aferentních nervových zakončení. Aferentní impulzy jsou vedeny do sakrální míchy, kde jsou aktivovány reflexí obranné mechanismy (somatický strážní reflex, vegetativní strážní reflex), které zajišťují udržení nastavení systému do jímací fáze. [6] Aference jsou dále vedeny ascendentně do mesencefalu a odtud do thalamu, hypotalamu a korových oblastí frontálního laloku. S rostoucí náplní močového měchýře roste i inhibiční aktivita korového centra. Tento útlum může trvat i delší dobu a je ukončen až při volném započetí mikce.

Ve **vylučovací fázi** dochází k poklesu inhibiční aktivity mozkové kůry. Prefrontální mikční centrum vysílá eferentní impulzy k parasympatickým neuronům v sakrální míše. Na spinální úrovni dochází k inhibici tzv. strážních reflexů. Převládá tonus parasympatiku. Jeho vlivem na muskarinové a nikotinové receptory dojde ke kontrakci detruzoru a ke snížení odporu hrdla močového měchýře i uretry. Na počátku mikce se taky kontrahují svaly přední břišní stěny a bránice, stoupá intraabdominální tlak. Muskarinové receptory, které převládají v oblasti fundu močového měchýře, zprostředkovávají vjemy o jeho náplni a při svém podráždění zajišťují kontrakci detruzoru. Jsou citlivé zejména na změny tlaku v močovém měchýři. U zdravé ženy začínají reagovat na intravezikální tlak kolem 5 – 10 cm H₂O.

Tento tlak odpovídá vjemu prvního nucení na močení. Jejich nadprahové podráždění má za následek aktivaci mikčního reflexu.

Kontrakcemi detruzoru se dále zvyšuje intravezikální tlak. Jeho hodnota stoupá s dávkou první moči v proximální uretře. Náplň v močovém měchýři podráždí zde lokalizované muskarinové receptory. [9] Vzestup intravezikálního tlaku je kompenzován dokonalou relaxací uzávěrového mechanismu močového měchýře a uzavřením uretrálních ústí. Dochází ke kontrakci zadní části m. pubococcygeus a relaxaci přední části stejného svalu. Klesá uretrovezikální junkce i báze močového měchýře. Během mikce trvá vysoký intravezikální tlak. Snižuje se napětí stěny močového měchýře a se zkrácením svalových vláken roste efektivita kontrakce detruzoru. Po vyprázdnění močového měchýře dochází k změně nastavení systému a přechodu do jímací fáze.

1.4 Poruchy funkce dolních močových cest

Poruchy funkce dolních močových cest jsou významným zdravotním problémem, který postihuje jak dětskou, tak i dospělou populaci obou pohlaví. Symptomy dolního močového traktu rozumíme subjektivní ukazatele onemocnění nebo změny stavu tak, jak je vnímá pacientka. Vnímání symptomů pacientkou může vést k vyhledání odborné pomoci. Projevy dysfunkce dolních močových cest jsou pozorovány lékařem, včetně použití jednoduchých vyšetřovacích metod, potřebných k jejich potvrzení a kvantifikaci.

LUTS jsou širokou skupinou příznaků, které upozorňují jak na nevýznamné postižení močového traktu (infekce dolních močových cest), tak na život ohrožující onemocnění (reflux moči do horních močových cest). Tyto symptomy jsou podmíněny multifaktoriálně. Častěji vznikají ne jako onemocnění jednoho, ale spíše jako důsledek současného postižení několika orgánů. Toto postižení lze souhrnně označit jako projev symptomů dolních močových cest neboli dysfunkci dolních močových cest. Označení LUTD vymezuje skutečnost, že se jedná o celý systém, kterým je močový měchýř a uretra, z širšího pohledu poté trigonum močového měchýře a uretery. [10, 11]

Příčinou vzniku LUTS může být zánětlivé onemocnění, fibrotický proces či cévní a neurologické poškození jednoho nebo více orgánů dolních močových cest. V etiologii vzniku LUTS hraje roli i komplexní interakce s jinými orgánovými systémy (trávicí trakt, pánevní dno). Všechny patologické stavy společně se systémovými onemocněními (diabetes mellitus, obezita, neurologické nemoci), chronickou medikací, psychologickými faktory a návyky životního stylu, mohou přispět k rozvoji široké škály LUTS. [12]

Symptomy dolních močových cest mohou být izolované nebo se častěji prolínají. LUTS se vyskytují v mužské a ženské populaci přibližně ve stejném zastoupení (16 % a 16,9 %). Mohou být pro pacientky velmi závažné a většinou výrazně zhoršují kvalitu života. [13]

Náklady na léčbu symptomů jsou značné a jsou srovnatelné s náklady na léčbu jiných chronických nemocí, jako je diabetes mellitus nebo demence. Největší podíl v nákladech na jednoho pacienta mají antiinkontinentní pomůcky – vložky. Jejich podíl tvoří až kolem 63 %. Bylo propočítáno, že do roku 2020 vzroste počet pacientů s OAB v Evropě na 25,5 miliónů. [14, 15]

LUTS můžou vyústit v komplikace, které zvyšují morbiditu a tím i ekonomické náklady na léčbu. LUTS zcela jednoznačně představuje významný problém současného zdravotnictví.

Pro pacientku jsou nejvíce obtěžujícími symptomy **urgence, urgentní inkontinence, polakisurie a nykturie**. [16, 17]

Podle standardizace ICS můžeme symptomy dolních močových cest rozdělit do několika skupin. [18-20]

Symptomy dolních močových cest:

1. **jímací**
2. **mikční**
3. **postmikční**

Do skupiny **jímacích** symptomů řadíme:

1. polakisurii
2. nykturii
3. urgenci
4. močovou inkontinenci
5. urgentní inkontinenci
6. hyperaktivní močový měchýř
7. stresovou inkontinenci
8. smíšenou inkontinenci
9. posturální inkontinenci
10. enurézu
11. neustálou inkontinenci moči
12. nevědomou (nepocitovanou) inkontinenci moči
13. jiné typy močové inkontinence
14. vjemy z močového měchýře

Skupina **mikčních** symptomů obsahuje:

1. slabý proud moči
2. rozprsknutý proud moči
3. přerušovaný proud moči
4. opoždění startu mikce
5. močení s úsilím

6. terminální driblink
7. potřebu okamžitého domočení
8. mikci závislou na pozici
9. dysurii
10. strangurii

Ve skupině **postmikčních** symptomů můžeme najít:

1. pocit neúplného vyprázdnění
2. postmikční driblink

Polakisurie

Pod pojmem polakisurie rozumíme zvýšenou denní frekvenci močení. Jedná se o stížnost pacientky, která považuje frekvenci močení za vyšší, než byla dosud hodnocena jako norma. Hranice pro normální frekvenci močení je 8 mikcí za 24 hodin. Pokud pacientka močí častěji, může se jednat o symptom LUTS. Zvýšená frekvence mikce může být také důsledkem zvýšeného příjmu tekutin i za normální kapacity močového měchýře. Polakisurií se mohou projevovat některé metabolické nemoci (diabetes mellitus, polydipsie, diabetes insipidus). Snížená kapacita močového měchýře může být například příznakem cystitidy, pozánětlivých a postradiačních změn, malignity, pooperačních stavů nebo hypertrofie detruzoru.

Nykturie

Nykturie je definována jako stížnost na jedno nebo vícero přerušování spánku za účelem močení. Každé mikci předchází a následuje spánek. Je potřeba odlišit situaci, kdy je pacientka v bdělém stavu nebo po ránu vstává a provádí první ranní močení. Frekvence nykturie roste s věkem a to v průměru 1 mikce za noc na každou dekádu života po 70. roce věku. Za normu se považuje 1 mikce za noc do 70 let věku. Jakýkoliv vyšší počet je již abnormální. [21, 22]

Urgence

Urgence je popisována jako pocit náhlého, silného nucení na močení, které je obtížně vůli potlačitelné. Tento pocit může vyústit až v inkontinenci.

Močová inkontinence

Je definována jako stížnost na nedobrovolný únik moči.

Urgentní inkontinence

Je definována jako stížnost na nedobrovolný únik moči ve spojení s urgencí. Intenzita inkontinence může být různá – od několika kapek až po kompletní vyprázdnění močového měchýře. Měli bychom se při získávání anamnézy soustředit i na spouštěcí mechanismy, kterými mohou být například tekoucí voda, chladné okolní prostředí nebo koitus. [23, 24]

Hyperaktivní močový měchýř

Jedná se o symptomový komplex s dominantním projevem silného nucení na močení, které je obvykle doprovázeno polakisurii a nykturii s nebo bez urgentní inkontinence a není spojeno s infekcí dolních močových cest nebo s jinou zjevnou patologií.

Stresová inkontinence

Stresová inkontinence je definována jako stížnost na nedobrovolný únik moči v závislosti na úsilí nebo fyzické námaze a to včetně sportovních aktivit nebo v závislosti na kýčání a kašláním. V některých zemích je synonymem pojem „inkontinence závislá na aktivitě“, aby nedošlo k záměně s psychickým stresem. [24, 25]

Smíšená inkontinence

Pod pojmem smíšená inkontinence rozumíme nechtěný únik moči spojený s urgencí a taky s úsilím a fyzickou námahou nebo kašláním a kýčáním.

Posturální inkontinence

Jedná se o inkontinenci, která je spojena se změnou polohy těla, například při postavení ze sedu nebo lehu.

Enuréza

Mimovolní únik moči, který se vyskytl ve spánku.

Neustálá inkontinence moči

Stížnost na soustavný nechtěný únik moči.

Nevědomá (nepocit'ována) inkontinence moči

Stížnost na nechtěný únik moči, který není doprovázen urgencí nebo faktory, které zapříčiňují stresovou inkontinenci. Jedinou známkou inkontinence je pocit vlhkosti, který způsobuje moč.

Jiné typy močové inkontinence

Nechtěný únik moči ve spojitosti s pohlavním stykem. Tento symptom můžeme dále členit na únik moči během penetrace nebo na inkontinenci u orgasmu.

Vjemy z močového měchýře

Můžeme je rozdělit do pěti skupin. Normální vjemy močového měchýře jsou vnímány jako pocit postupného plnění močového měchýře, který vyústí až do pocitu silného nucení k mikci. Zvýšené vnímání močového měchýře je stížnost na potřebu provést mikci, která postihne pacientku dříve nebo déle přetrvává déle, než bylo dosud u pacientky zvykem. Naproti tomu snížené vnímání močového měchýře je stížnost na to, že k definitivnímu nucení k mikci dojde později, než bylo u pacientky zvykem a to i přes to, že si uvědomuje postupné plnění močového měchýře. Absence vjemů z močového měchýře je stížnost na chybění pocitu naplněného močového měchýře a definitivního nucení na močení. Poslední kategorií jsou nespecifické vjemy močového měchýře. Jedná se o stížnost na nespecifické vnímání, kdy může pacientka plnění močového měchýře vnímat jako pocit plného břicha a může být doprovázeno vegetativními příznaky nebo křeči.

Slabý proud moči

Jedná se o stížnost na slabý nebo přerušovaný proud moči v porovnání s dosavadní intenzitou proudu moči u pacientky nebo v porovnání s jinými pacientkami. Příčinou může být snížený objem moči, subvezikální obstrukce nebo snížená kontrakční schopnost detruzoru.

Rozprsknutý proud moči

Tento typ močení vzniká na podkladě změny lineárního proudění moči na turbulentní. Příčiny je potřeba hledat hlavně v močové trubici v oblasti zevního ústí uretry. Toto může být jak zúžené, tak nadměrně dilatované. V jeho oblasti se může

nacházet karunkula nebo jiná patologie zevního genitálu ženy (např. hypertrofické malé stydké pysky).

Přerušovaný proud moči

Toto označení se používá v situaci, kdy během močení dojde k zastavení a spuštění proudu moči. Příčinou tohoto symptomu může být jak porucha ve výtokové části dolních močových cest (DMC), tak porucha kontraktility detruzoru. Porucha ve výtokové části DMC může být organická nebo funkční. Může být vyvolána posttraumatickými nebo pozánětlivými změnami, sklerózou hrdla močového měchýře nebo jizevnatým procesem po chirurgických intervencích.

Opoždění startu mikce

Stížnost na opožděný začátek mikce. Jde o prodloužení intervalu nástupu vlastní mikce od okamžiku rozhodnutí o vykonání mikce. Prodloužení intervalu může být způsobeno detruzor - sfinkterickou dyssynergií, obstrukcí dolních močových cest, hypotonickým detruzorem, malou náplní močového měchýře nebo banálním psychickým stresem z cizího prostředí nebo z přítomnosti jiných osob.

Močení s úsilím

Stížnost na potřebu provádět močení se zvýšeným úsilím k tomu, aby se močení zahájilo, bylo udržováno nebo aby se zlepšila intenzita proudu moči. Zvýšeného úsilí může být dosaženo zapojením břišních svalů, Valsalva manévru nebo suprapubického tlaku.

Terminální driblink

Terminálním driblinkem označujeme stav, kdy pacientka močí s prodloužením poslední části mikce, kdy se průtok zpomaluje na výrazně slabý proud. Terminální driblink je často zaměňován s postmikčním driblinkem. [21]

Potřeba okamžitého domočení

Stížnost na situaci, kdy další močení je nezbytné provést okamžitě po předchozí mikci.

Mikce závislá na pozici

Pacientka si stěžuje na potřebu zaujmout specifickou pozici při mikci, bez které není schopna se adekvátně vymočít (močí v polosedě, nakloněná dopředu nebo dozadu).

Dysurie

Stížnost na pocit pálení nebo jiný nepříjemný pocit při močení. Tyto pocity může udávat jako vnější v oblasti zevních rodidel nebo vnitřní v oblasti močových cest.

Strangurie

Stížnost na bolestivé a obtížné močení.

Pocit neúplného vyprázdnění

Stížnost na nedokonalé vyprázdnění močového měchýře.

Postmikční driblink

Postmikční driblink je definován jako stížnost na nechtěný únik moči po ukončené mikci.

1.5 Epidemiologie LUTS

Podle prospektivní multicentrické studie EPIC, která byla publikována v roce 2006 na základě telefonických dotazů respondentům starších 18 let, bylo prokázáno, že prevalence symptomů dolních močových cest v ženské populaci je 66,6 %. [26]

U žen významně převládaly obtíže jímací fáze (59,2 %). Prevalence evakuačních symptomů byla 19,5 % a postmikčních symptomů 14,2 %. (Tab. 1) Prevalence všech symptomů dolních močových cest výrazně stoupá po 60. roce věku.

Nejčastějším jímacím symptomem, který byl popisován ve studii EPIC, byla nykturie. Podle kritérií studie byla popisována nykturie jako močení 1x a vícekrát za noc. Takto uvedlo nykturii až 54,5 % žen. Pokud by byla použita kritéria ICS (mikce 2x a vícekrát za noc), klesla by prevalence nykturie u žen na 24 %.

Inkontinence moči byla zjištěna u 13,1 % žen. 6,4 % žen uvedlo stresovou inkontinenci moči. V souboru všech inkontinentních žen byl největší podíl stresové inkontinence (48,9 %).

Symptomy OAB uvedlo 12,8 % žen, přičemž asi polovina z nich (6,3 %) uvedla i inkontinenci moči. Ve 23,8 % se jednalo o urgentní inkontinenci, ve 28,6 % o stresovou, v 38,1 % o smíšenou a v 9,5 % o jinou formu inkontinence.

Při hodnocení mikčních symptomů se ve studii nejčastěji uváděl terminální driblink (9,9 %). Přerušovaný proud moči uvedlo 7,2 % žen, slabý proud moči 6,4 % žen a rozstříkování moči bylo popsáno u 4 % žen.

Z postmikčních symptomů byl popisován pocit neúplného vyprázdnění v 12,3 % a postmikční driblink v 3,1 % případů.

14,9 % žen uvedlo smíšené symptomy jímací a mikční, 11,3 % smíšené symptomy jímací a postmikční a 7,7 % smíšené symptomy mikčních a postmikčních.

Symptomy všech tří skupin se vyskytly u 6,6 % žen.

Tabulka č. 1: Symptomy dolních močových cest u žen - studie EPIC

Jímací symptomy	Mikční symptomy	Postmikční symptomy
59,2 %	19,5 %	14,2 %

Další studie, která se věnovala výskytu symptomů dolních močových cest, byla provedena v USA. Z těchto výsledků lze zjistit prevalenci symptomů OAB u 16,9 % žen. [13]

Podle výsledků jiné studie, která hodnotila odpovědi žen starších 40 let, byla prevalence OAB v Evropě 17,4 %. [27]

Podle studie BACH je prevalence symptomů dolních močových cest u žen 18,6 %. [28, 29]

Studie EpiLUTS z roku 2009 zjistila, že občasnými symptomy dolních močových cest trpí 76,3 % a častými projevy až 52,5 % žen. [30, 31]

V roce 2014 byly v časopise Current Medical Research & Opinion prezentovány výsledky studie podle epidemiologie EPIC prováděné na respondentech české, ruské a turecké populace. Podle výsledků je výskyt symptomů dolních močových cest u žen až 84 %. Prevalence symptomů OAB byla celkově 28 %, přičemž nejnižší byla u respondentů v České republice (15 %). Z jímacích symptomů byla nejčastěji evidována nykturie (podle kritérií ICS v 36 %, podle kritérií studie EPIC až v 68 %). Urgence udávalo 25 % žen a polakisurii 16 %. Z mikčních symptomů měl nejvyšší zastoupení terminální driblink v 21 %. Následoval přerušovaný proud moči v 18 % a slabý proud moči v 14 %. Postmikční symptomy dominovaly hlavně pod obrazem pocitu neúplného vyprázdnění (20 %) a postmikčního driblinku (6 %).

1.6 Etiologie LUTS

Existuje několik možných příčin, které se spolupodílejí na vzniku LUTS. Příčiny vzniku LUTS se mohou vyskytovat samostatně, nebo se na vzniku LUTS podílí hned několik příčin najednou. Častokrát, ale musíme konstatovat fakt, že nejsme schopni identifikovat jasnou příčinu vzniku LUTS. Výčet onemocnění a patologií, které se mohou spolupodílet na vzniku LUTS je uveden níže.

1. Věk
2. Parita (stavy po porodnických východových operacích)
3. BMI
4. Descensus a prolaps orgánů pánevního dna
5. Hysterektomie
6. Vrozené vývojové vady urogenitálního traktu
7. Infekce močových cest
8. Nádory močového měchýře
9. Cizí tělesa a konkrementy v močovém měchýři
10. Postradiační cystitida
11. Vertebrogenní potíže
12. Neurologická onemocnění (SM, demence, morbus Parkinson)
13. Metabolické a chronické nemoci (DM, polydipsie, DI, asthma bronchiale, ICHS)
14. Nadměrný příjem tekutin
15. Chronická medikace
16. Menopauza
17. Obstipace
18. Subvezikální obstrukce

Je prokázáno, že výskyt LUTS nebo inkontinence moči je vyšší u pacientek, které podstoupily v minulosti hysterektomii. [32, 33] Zvýšený výskyt LUTS po hysterektomii bychom mohli vysvětlit pooperačním poškozením závěsného aparátu a inervace dolních močových cest. Toto poškození má jiný rozsah u vaginálního a abdominálního přístupu. Lakeman a spol. ve své práci z roku 2010, která porovnávala výskyt LUTS po vaginální a abdominální hysterektomii prokázal vyšší

výskyt LUTS u pacientek, které podstoupily vaginální hysterektomii, proti pacientkám po abdominální hysterektomii (OR 2.2, 95% CI 1.3–4.0).[34] Nenašel rozdíl mezi výskytem LUTS u pacientek po supravaginální amputaci dělohy a po totální hysterektomii. Po třech letech od operace přetrvávaly symptomy LUTS častěji u pacientek po vaginální hysterektomii. Výskyt de novo vzniklých LUTS u pacientek po abdominální hysterektomii je 5 – 24 % a u pacientek po vaginální hysterektomii 3 – 40 %. Z této nerandomizované a multicentrické studie plyne vysoký výskyt LUTS u pacientek po hysterektomii.

Ročně se v ČR provádí několik tisíc hysterektomií. U pacientek po operacích není paušálně sledován výskyt LUTS. Lze se domnívat, že v ČR trpí ročně několik stovek pacientek LUTS jako následek hysterektomie. Pro jejich selekci a doporučení k následnému vyšetření a léčbě, by mohla posloužit telemetrie a uroflowmetrie.

1.7 Vliv LUTS na kvalitu života

Symptomy dolních močových cest mají významný vliv na kvalitu života žen. Nejvíce ovlivňujícími příznaky jsou OAB a inkontinence moči. Ovlivňují každodenní činnosti žen jak v zaměstnání, tak i v domácnosti. V práci se až 58 % žen trpících LUTS obává hlavně možnosti přerušování pracovních schůzek, mítinků a studiu vyplývajícího z nutnosti požádat svého nadřízeného o močení vynucenou přestávkou. Uvádí se, že díky LUTS se až 60 % žen vyhýbá delšímu cestování a 40 % žen má sexuální potíže. Pacientky se obávají úniku moči, zápachu, cítí se nečisté. Negativně je ovlivněna sebedůvěra, celková energie, důsledkem nykturií je celková tělesná únava a slabost, pokles výkonnosti. U 3 % populace jsou symptomy dolních močových cest důvodem ke změně zaměstnání nebo propuštění z práce.

OAB má i celou řadu zdravotních dopadů. Nejlépe je zdokumentovaný vliv na frekvenci pádů cestou na toaletu s následnými frakturami krčku stehenní kosti. Pacientky trpící OAB mají dvakrát vyšší riziko pádu a následného zranění než pacientky bez OAB. Riziko infekce dolních močových cest je u pacientek s OAB o 138 % vyšší než u běžné populace. [35]

V roce 2006 byla v odborné literatuře publikována rozsáhlá studie, která zkoumala vliv OAB na kvalitu života. Tohoto výzkumu se zúčastnilo 11 521 respondentů z 6 zemí Evropské unie. Věkové rozmezí respondentů bylo 40 - 64 let. Subjekty, které trpí symptomy OAB, udávají až v 32 % pocity deprese. 28 % lidí s OAB se cítí významně stresovaných. Až 36,4 % lidí udávalo významný emocionální stres. Jednalo se o lidi, u kterých byly symptomy OAB doprovázené inkontinencí. Ze skupiny lidí, kteří trpěli jenom OAB si na emocionální stres stěžovalo 19,6 % lidí. Depresivní stav se vyskytuje až u 39,8 % lidí trpících symptomy OAB společně s inkontinencí a u 23,3% lidí s izolovanými symptomy OAB. Lidé se společnou symptomatologií OAB a inkontinencí moči se výrazně více obávají „nehody“ v souvislosti s inkontinencí, vyhýbají se aktivitám mimo domov a cítí se nekomfortně v různých sociálních situacích oproti lidem, kteří nejsou inkontinentní a trpí pouze symptomy OAB.

Navzdory tomu až 34 % žen nepovažuje za potřebné a přínosné konzultovat lékaře. 74 % žen trpících symptomy dolních močových cest udává, že tyto symptomy jsou přirozené a něco, s čím je potřeba naučit se žít. Považují své potíže za přirozenou součást stárnutí a v 31 % za důsledek životního stylu. [36]

1.8 Vyšetřovací metody - neinvazivní a invazivní uroodynamika

1.8.1 Anamnéza

Každý první kontakt s pacientkou trpící symptomy dolních močových cest by měl začít anamnézou. Jenom z anamnézy nemůžeme v současné době bez využití následných vyšetřovacích metod stanovit diagnózu. Může nám ale poskytnout cenné informace, které nás mohou přivést na stopu jednak etiologie vzniku potíží a jednak k efektivnímu využití dalších vyšetřovacích metod v následném diagnostickém procesu. V anamnéze se snažíme dotazovat na začátek potíží, přítomnost a závažnost jednotlivých symptomů. Výskyt LUTS neznamena ještě vždy patologii dolních močových cest. Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, existují některá onemocnění, která se projevují symptomy dolních močových cest.

Rodinná anamnéza by měla být zaměřena na vrozené vývojové a dědičné vady v oblasti urogenitálního traktu, rozštěpové vady a další anomálie v oblasti míchy.

Osobní anamnéza je zcela jednoznačně zaměřena na všechny nemoci, které by mohly mít negativní vliv na dolní močové cesty.

Gynekologická anamnéza se soustřeďuje na některé rizikové faktory pro vznik inkontinence, jako jsou vaginální porod (dotazujeme se na komplikace, způsob vedení porodu – použití porodnických kleští nebo vakuumextrakce, hmotnost narozených dětí, rozsah a ošetření porodních poranění), hypoestrinní postmenopauzální stav, hysterektomie nebo sestup pánevních orgánů.

Důležitou součástí je sociálně – pracovní anamnéza. Sociální status pacientky a hygienické poměry hodně napoví. Fyzicky náročná, dlouhodobá práce je dalším rizikovým faktorem pro vznik LUTS.

Farmakologická anamnéza by měla být odebrána stejně pečlivě, neboť řada běžně užívaných léků může mít vliv na dolní močové cesty svými nežádoucími účinky (anticholinergika, tricyklická antidepresiva, blokátory Ca^{2+} kanálů, β - sympatomimetika, nesteroidní antiflogistika).

Urologická anamnéza se kromě zjištění přítomnosti jednotlivých symptomů zabývá bolestí při mikci – dysurií. Její původ může být v uretře, močovém měchýři, v malé pánvi. Bolest se rovněž může přenášet z jiné lokalizace (horní močové cesty,

páteř). Dalším problémem, který je součástí zjištění urologické anamnézy, je hematurie. Zde je potřeba vyloučit hlavně malignitu.

1.8.2 Klinické a fyzikální vyšetření

Jak již bylo zmíněno, žádná anamnéza nám neudělá diagnózu bez podrobného klinického vyšetření. Základem fyzikálního vyšetření je gynekologické vyšetření.

Aspekci neboli pohledem hodnotíme vzhled zevního genitálu, umístění zevního ústí močové trubice, možnost vrozených vývojových vad. Důležitou oblastí je perineum, jeho výška, jizvy po porodech. Dále nás zajímá trofika tkání v oblasti poševního vchodu. Jednoduchým pohledem lze častokrát zhodnotit sestup rodidel, hypermobilitu uretry. U klinického vyšetření je potřeba jednoznačně potvrdit únik moči uretrou tak, abychom nepřehlédli možný únik moči extrauretrálně.

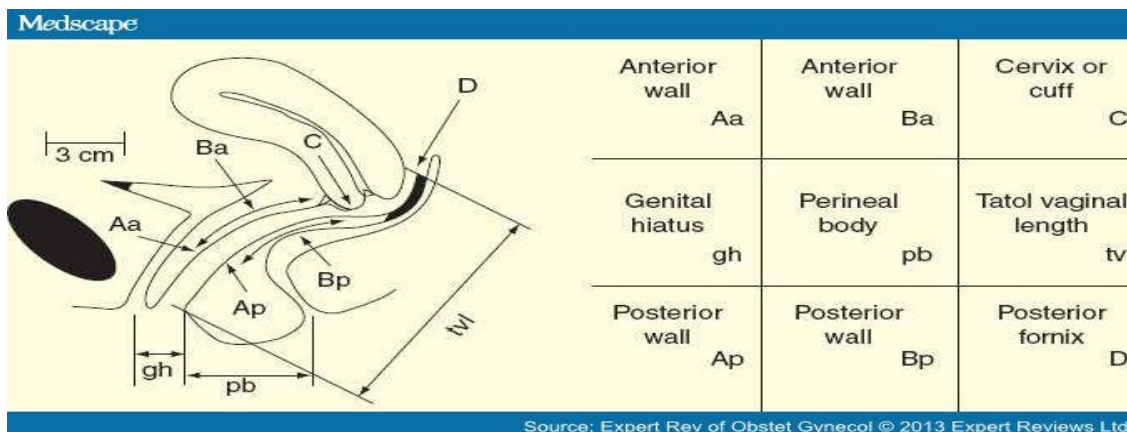
Následně provádíme hodnocení v gynekologických zrcadlech se soustředěním se na posouzení statiky orgánů pánevního dna. Ke klasifikaci stupně sestupu orgánů pánevního dna v současné době využíváme klasifikaci podle standardů ICS (POP - Q) (Obr. 4).

Jako součást vyšetření bychom měli v této fázi připojit kalibraci uretry k vyloučení subvezikální obstrukce dolních močových cest. Vyšetření provádíme kalibrační sondou a za normu považujeme volnou průchodnost zevního ústí uretry pro Ch. 24 (Charriere), což odpovídá průsvitu 8mm (1 Ch = 0.3 mm).

Obrázek č. 4

Pelvic Organ prolapse quantification – POP-Q

http://www.medscape.com/viewarticle/814321_2



Při závěrečné palpaci zjišťujeme kromě nálezu na děloze a adnexech taky tonus svalstva pánevního dna a stupeň poklesu orgánů pánve. Opatrně palpujeme oblast uretry a snažíme se diferencovat možné nemoci (divertikly, nádory, zánět). Můžeme provést Bonneyho test s fixací uretrovezikální junkce bez komprese uretry za pomoci dvou prstů nebo nástroje. Tímto testem a současným zakašláním imitujeme a odhadujeme úspěšnost antiinkontinentní operace.

V žádném případě bychom neměli zapomenout na orientační neurologické vyšetření perianogenitální oblasti k vyloučení neurogenní příčiny symptomů.

Zaměřujeme se hlavně na vyšetření kožního cití z dermatomů S₂ – S₅. Zajímají nás stranové rozdíly a kvalitu cití hodnotíme srovnáním s kvalitou cití v nepostižených oblastech těla. Citlivost lze potom popsat podle třibodové škály:

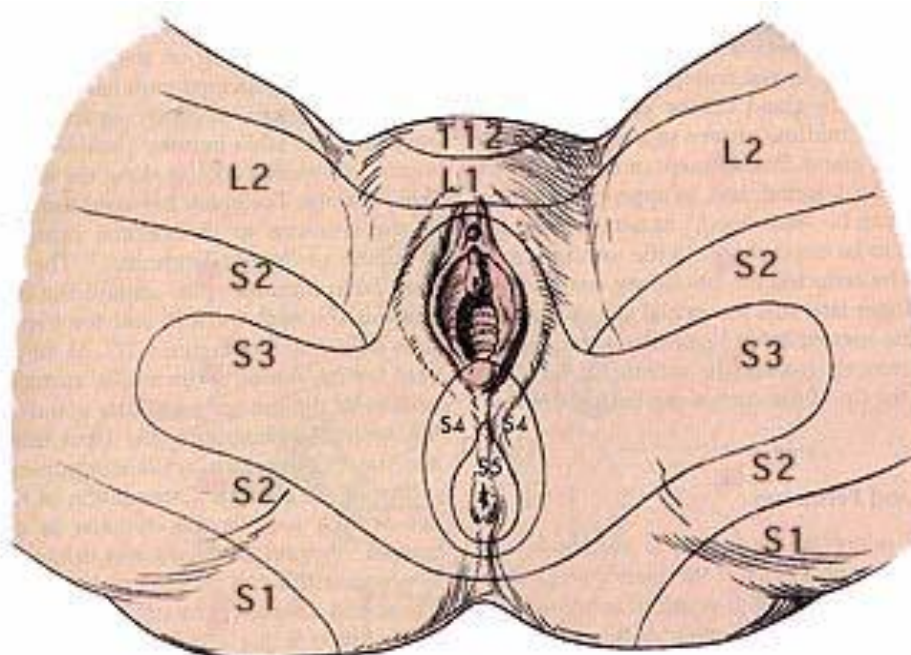
- 0 – anestezie
- 1 – abnormální senzitivita
- 2 – normální senzitivita

Dále hodnotíme anální reflex, možnost volní kontrakce análního sfinkteru na vyzvání. Pozitivita v této oblasti svědčí pro dobrý stav dlouhých pyramidových drah. [37]

Obrázek č. 5

Dermatomy perianogenitální oblasti

<http://lucy.stanford.edu/integument.html>



Po gynekologickém vyšetření lze připojit v procesu diagnostiky další jednoduché testy – Marshallův nebo Froewisův test. Při Marshallově testu leží pacientka s naplněným močovým měchýřem, který vyvolává pocit normálního nucení na močení (standardně 200 – 250 ml moči) na gynekologickém vyšetřovacím křesle. Pacientku vyzveme k zakašlání a vizualizujeme únik moči uretrou.

Velmi citlivý je Froewisův test, kdy pacientka kašle v podřepu, s mírně rozkročenými dolními končetinami a rukama opírajícíma se o kolena. U tohoto testu jsme schopni častokrát zachytit únik moči i tehdy, byl - li Marshallův test negativní. Tímto testem lze také diferencovat možnou netlumenou kontrakci detruzoru s urgentní inkontinencí. U samotného kašle moč neuniká, ale vzápětí pacientka pocítí silnou urgenci doprovázenou častokrát masivní inkontinencí.

1.8.3 Laboratorní vyšetření

Nejdůležitějším vyšetřením je vyšetření moči. Je nedílnou součástí diagnostiky jakýchkoliv symptomů dolních močových cest. Lze ho provádět ze středního proudu moči, přičemž u odběru je potřeba dodržet doporučený hygienický postup nebo z katetrizované moči. U žen preferujeme vyšetření cévkované moči. Moč vyšetřujeme chemicky, vyšetřujeme sediment a rovněž kultivaci. Zajímá nás pyurie, hematurie, bakteriurie, glykosurie a proteinurie.

Na rozvoji OAB se může podílet bakteriální cystitida. Tato nemusí být manifestní, může probíhat subklinicky až asymptomaticky. Je prokázáno, že jednoduché vyléčení bakteriurie může znamenat pro pacientku trpící LUTS významné zlepšení stavu.

V případě hematurie je zapotřebí provést cystoskopické vyšetření k vyloučení tumoru DMC a při negativě podrobné urologické vyšetření se zaměřením na horní močové cesty.

Glykosurie nám může signalizovat metabolické onemocnění.

1.8.4 Pomocné kvantifikační testy

Pad – weight test

PWT nám dokáže kvantifikovat množství uniklé moči do inkontinentní pomůcky. V literatuře je popsáno několik variant, které jsou většinou závislé na čase.

Testy můžeme provádět bez pevného časového schématu, 1, 2 a 12 hodinový. Dalšími možnostmi je provedení 24 a 48 hodinového vložkového testu. V praxi je zlatým standardem hodinový test dle standardizace ICS. Menší nevýhodou testu je potřeba znát náplň močového měchýře během jeho provádění. [38]

Časově náročnější ale dostatečně senzitivní je 24 hodinový PWT. Pacientka zváží suchou vložku, používá ji 24 hodin a zváží po použití. Rozdíl hmotností je přibližné množství uniklé moči v mililitrech.

Mikční deník

Jeho mimořádná výpovědní schopnost jej řadí mezi základní vyšetřovací metody při posuzování LUTS. Pacientka si do deníku zapisuje po dobu alespoň 24 hodin čas a množství přijatých tekutin, čas a množství vymočené moči s pocitem nucení na močení, značí si epizody urgencye a inkontinence. Pomocí mikčního deníku můžeme jednoduše a rychle získat přehled o frekvenci močení, urgencích, náplni, maximální kapacitě močového měchýře, o příjmu tekutin, nočním močení atd.

Mikční deník rovněž slouží k posouzení efektu terapie a otestování kompliance pacientky na diagnostice LUTS.

Obrázek č. 6

Mikční deník

MIKČNÍ KARTA

DATUM: _____

JMÉNO A PŘÍJMENÍ: _____

DATUM NAROZENÍ: _____

Během doby, kdy si budete vést mikční kartu, nepijte více, ani méně tekutin, než je u Vás obvyklé. Moč po změnění množství jednotlivé porce můžete vyfilt, není potřeba ji schraňovat.

Všechny informace, které vyplníte, jsou pro Vašeho urogynekologa nesmírně cenné a podstatně ulehčí diagnózu a sledování léčby Vašich potíží.

Pokyny k vyplnění mikční karty:

- Zapište, prosím, vždy čas a množství vypitých tekutin a čas a množství vymočené moči
- Do kolonky naléhavost zapište odpovídající číslo podle tabulky naléhavosti močení
- Pokud dojde k úniku moči, či úplnému pomočení, zaznamenejte do příslušné kolonky křížkem
- V případě úniku bez současného nucení na močení (při zakašlání, kýchnutí apod.), zaznamenejte čas, do kolonky úniku označte křížek a do kolonky stupně naléhavosti zaznamenejte 0
- V případě úniku moče při současném nucení na močení zaznamenejte čas, do kolonky úniku označte křížek a do kolonky stupně naléhavosti zaznamenejte 4
- Pokud je tento únik ihned následován močením („něco uteklo, než jsem doběhla na záchod“), zaznamenejte i následný vymočený objem
- Do kolonky probuzení udělejte křížek při každém močení, které Vás probudilo ze spánku.
- Do kolonky vložky zaznamenejte výměnu použité vložky

PŘÍJEM		VÝDEJ					
čas	množství	čas	množství	naléhavost	únik	probuzení	vložky

STUPEŇ NALÉHAVOSTI MOČENÍ

0	ZÁDNÉ NUCENÍ	Necítla jsem potřebu vyprázdnit močový měchýř, ale vymočila jsem se z jiných důvodů
1	MÍRNÉ NUCENÍ	Mohla jsem močení oddálit tak dlouho, jak bylo nutné, bez obav z pomočení
2	STŘEDNĚ SILNÉ NUCENÍ	Mohla jsem močení na krátkou chvíli oddálit bez obav z pomočení
3	SILNÉ NUCENÍ	Močení jsem nemohla oddálit, musela jsem spěchat na toaletu, abych se nepomočila
4	URGENTNÍ ÚNIK MOČI	Pomočila jsem se před příchodem na toaletu

1.8.5 Zobrazovací diagnostické metody

Mezi vyšetření můžeme zařadit nativní rentgenové vyšetření, videourodynamiku, cystouretrografii a cystouretroskopii, magnetickou rezonanci, ultrazvukové vyšetření DMC a urodynamiku.

Nativní RTG vyšetření

Vyšetření má více než stoletou historii. Používá se k zobrazení dolních močových cest a v dobách před rozvojem ultrazvuku mělo výjimečné postavení v diagnostickém procesu. V současné době miniinvazivních metod založených na jiných fyzikálních principech ztrácí rentgenové vyšetření DMC své opodstatnění a využití. Jako svou součást ho ale neustále využívá videourodynamické vyšetření, které spojuje invazivní urodynamiku hodnotící funkční stav DMC, s morfologickým RTG vyšetřením. Toto vyšetření náleží do protokolu složitějšího vyšetřovacího algoritmu a je vhodné k diagnostice komplexnějších dysfunkcí dolních močových cest.

Cystouretrografie

Cystouretrografie je rentgenové vyšetření s použitím kontrastní látky, které nás informuje o tvaru a kontuře močového měchýře a eventuálně o stenóze uretry. Vyšetření umožňuje vyloučit vezikouretrální reflux, divertikly močového měchýře a uretry. V dobách před érou ultrazvuku se vyšetření využívalo i se zavedeným kovovým řetízkem v uretře, jako řetízková uretrocystografie, k popisování klidového stavu uretry a pozice uretrovezikální junkce a uretry za zvýšeného intraabdominálního tlaku. V současnosti je jeho využití hlavně v diagnostice LUTS u neurologických pacientek, kde není k dispozici videourodynamika.

Cystouretroskopie

Cystouretroskopie se využívala hodně v minulosti k vyšetření stavu svěrače uretry. Zející vnitřní ústí uretry bylo důkazem inkompetence svěrače. Současné využití cystouretroskopie je hlavně v diagnostice stavu močového měchýře při nálezů hematurie, k vyloučení tumoru, zánětu nebo intersticiální cystitidy. Další indikací vyšetření může být podezření na vezikovaginální fistulu nebo ektopický ureter.

Magnetická rezonance

Jedná se o neinvazivní vyšetřovací metodu, které nevýhodou zabraňující všeobecnému uplatnění v běžné praxi při diagnostice LUTS je její cena. Vyšetření poskytuje v současné době nejlepší rozlišovací možnosti ze všech zobrazovacích metod. V praxi se uplatňuje pouze, jako výběrová diagnostická metoda, při analýze komplikovaných stavů jakými jsou stavy po reoperacích v oblasti pánevního dna, kombinované poruchy funkce DMC a vrozené anomálie urogenitálního traktu.

Ultrazvukové vyšetření DMC

Ultrazvukové vyšetření je neinvazivní vyšetření. Jedná se o jednu z nejrozšířenějších zobrazovacích metod, sloužících k posouzení morfologie a stavu orgánů malé pánve. Podle typu umístění sondy se člení na abdominální, perineální a introitální.

Abdominální vyšetření má význam zejména při diagnostice paravaginálního defektu. Dalším využitím je stanovení postmikčního rezidua.

V urogynekologii je nejčastějším používaným způsobem vhodným k vyšetření oblasti dolních močových cest perineální přístup. Principem je umístění konvexní abdominální sondy mezi stydké pysky a na oblasti introitu pochvy a zevního ústí uretry. Tímto způsobem lze zobrazit močovou trubici, močový měchýř (nebo alespoň jeho část – bázi) a dolní okraj stydké spony. Dále můžeme zobrazit levatorovou plotnu a anální kanál. Hodnotíme polohu uretry a uretrovezikální junkce v klidu a změnu polohy za kontrakce svalů pánevního dna a také při kašlání nebo Valsalva manévru.

Při introitálním přístupu je umístění sektorové vaginální sondy v poševním vchodu. Lépe zobrazíme uretru a uretrovezikální junkci a dolní okraj stydké spony. Tento přístup lze využít při hodnocení tloušťky stěny močového měchýře.

Nelze opomenout prostorové zobrazení – 3D mód, který se výběrově používá v rámci diagnostiky DMC a podrobněji zobrazuje tvar orgánů malé pánve a jejich anatomické souvislosti.

1.8.6 Urodynamické vyšetřovací metody

Urodynamika je věda o transportu moči z močového měchýře mimo tělo a o jeho poruchách. Močový měchýř a močová trubice tvoří jeden funkční celek

a nelze opomíjet jejich vzájemné ovlivňování. Každý z těchto orgánů má v podstatě dvě funkce. Močový měchýř má funkci jímací a vylučovací a uretra odvádí moč z organismu. Vylučování moči z těla ven má být vůli ovladatelný proces, který se má realizovat při nízkém intravezikálním tlaku k ochraně horních močových cest a má se dít v příhodném čase a na příhodném místě.

Urodynamické metody hodnotí funkci a dysfunkci dolních močových cest. Jedná se o relativně invazivní vyšetřovací metody, jejichž využití je limitováno mírou potíží pacientky. Musíme mít na paměti, že urodynamické studie představují laboratorní metodu, která nemá potenciál plně modelovat různé životní situace. Výsledky urodynamického měření musíme proto považovat za relativní. Je potřeba provádět jejich hodnocení v širším kontextu a v korelaci s klinickým stavem pacientky. Jedním z nejdůležitějších faktorů, který může zásadně ovlivnit výsledky urodynamické studie je osoba samotného vyšetřujícího. Ten musí znát limity a možnosti vyšetření, musí se orientovat v posuzování artefaktů a možných chyb měření.

V roce 1973 ustanovila ICS Výbor pro standardizaci terminologie funkce dolních močových cest. Tento výbor vytvořil standardní nomenklaturu, standardizaci urodynamických metod, zkratk a měřených parametrů. Tato standardizace prošla v roce 2010 svou poslední úpravou. [18]

Hlavní používané fyzikální jednotky při urodynamických měřeních jsou zobrazeny v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2

Hlavní fyzikální veličiny a jednotky používané při urodynamicém měření

Veličina	Jednotky	Označení
objem	mililitr	ml
čas	sekunda	s
průtok	mililitr za sekundu	ml/s
tlak	centimetry vodního sloupce	cm H ₂ O
rychlost	centimetry za sekundu	cm/s

Obecně lze urodynamické vyšetřovací metody rozdělit na metody hodnotící shromažďovací funkci močového měchýře a metody hodnotící vyprazdňování. S výjimkou uroflowmetrie se jedná o invazivní urodynamické vyšetřovací metody.

Během urodynamické studie je pacientka při vědomí, nemá aplikovanou žádnou tlumící medikaci.

Plnicí cystometrie

V průběhu normálního shromažďování moči, dochází během plnicí fáze v močovém měchýři k udržování nízkého intravezikálního tlaku a normální kapacity močového měchýře. Během plnění by neměly být přítomny jak kontrakce detruzoru, tak signifikantní elevace intravezikálního tlaku a to až do doby, kdy dochází k iniciaci vyprázdnění.

Plnicí cystometrie hodnotí poměr změny intravezikálního tlaku v závislosti na změně náplně močového měchýře. Její grafické vyjádření výsledku se nazývá cystometrogram. Během procesu plnění hodnotíme pocity pacientky spojené s určitou náplní.

Před samotným plněním ulehne pacientka standardně do litotomické polohy, méně často se provádí cystometrie v sedě nebo ve stoje. Před plněním provede spontánní mikci nebo můžeme močový měchýř vycévkovat a zbavit ho reziduální moči. Močový měchýř plníme nejčastěji sterilním fyziologickým roztokem. Lze plnit i plynem nebo bez katétru spontánní diurézou ledvin (fyziologickou nebo forsírovanou). Plníme bolusově nebo častěji kontinuální rychlostí. Standardně používáme rychlost plnění 50 ml/s. Můžeme plnit jak pomalou rychlostí (<10 ml/min) nebo rychlou rychlostí (>100 ml/min). Teplota média by měla být uvedena ve stupních Celsia. Doporučuje se plnit teplotou lidského těla, protože jak teplota, tak rychlost plnění, mohou významně ovlivnit výsledek cystometrie. K detekci tlaku používáme různé typy snímačů. V zásadě máme k dispozici snímače zevní, vnitřní a telemetrické. Běžně jsou k dispozici vnitřní snímače, které jsou zabudované přímo v katétru a mohou být zavedeny přímo do močového měchýře. Abdominální tlak se u vyšetření měří katétre zavedeným v rektu. Z rozdílu intravezikálního a intraabdominálního tlaku dostaneme detruzorový tlak, který je záznamem aktivních i pasivních změn ve stěně močového měchýře.

Po standardním multikanálovém cystometrickém vyšetření máme k dispozici následující veličiny:

Intravezikální tlak (p_{ves}) – tlak uvnitř močového měchýře. Vzniká sumací intraabdominálního tlaku a tlaku samotného detruzoru.

Intraabdominální tlak (p_{abd}) – tlak v okolí močového měchýře

Detruzorový tlak (p_{det}) – tlak vytvořený silou (napětím) stěny detruzoru. Stanovujeme ho jako rozdíl $p_{ves} - p_{abd}$.

První pocit plnění močového měchýře – první, pacientkou vnímaný pocit plnění močového měchýře. Řada pacientek popisuje vnímání téměř okamžitě po začátku plnění. Jedná se o velmi subjektivní pocit.

První nucení k mikci (FDV) – první pocit pacientky, že by mohla jít močit.

Normální nucení k mikci – pocit náplně močového měchýře, který vede při první vhodné příležitosti pacientku k mikci, ale v případě potřeby lze ještě mikci oddálit.

Silné nucení k mikci – přetrvávající potřeba mikce bez strachu z úniku moči.

Urgentní nucení k mikci – silná potřeba močit, současně probíhající se strachem z pomočení nebo bolesti.

Maximální cystometrická kapacita (V_{max}) – kapacita měchýře, při které pacientka nemůže už dále močení odkládat.

Funkční kapacita močového měchýře (V_{fun}) – rozdíl maximální kapacity a postmikčního rezidua.

Maximální anestetická kapacita močového měchýře – objem močového měchýře, který naměříme v hluboké celkové nebo spinální anestezii.

Compliance (C) – koeficient poddajnosti detruzoru. Udává se v ml/cmH₂O. Vyjadřuje tonus močového měchýře, změnu objemu při změně detruzorového tlaku ($C = \frac{V}{p}$).

Může být ovlivněna různými provokačními manévry nebo patologickými stavy jako jsou například rychlé plnění močového měchýře, postradiační změny stěny močového měchýře, výchozím bodem pro kalkulaci compliance v počátku plnění (obvykle nula) a koncovým bodem – detruzorovým tlakem při cystometrické kapacitě nebo tlakem před nástupem terminální kontrakce detruzoru.

Cystometrie je považována za základní a nejdůležitější urodynamickou jednotku. Informuje nás o kvalitativních a kvantitativních změnách funkce detruzoru a o jeho elasticitě. Další informace podává o inervaci močového měchýře. Plnicí cystometrie je potřebné vyšetření k diferenciaci stresové a urgentní inkontinence. Za fyziologických podmínek je tlak v močovém měchýři konstantní 5 – 10 cm H₂O. V případě, že je vyčerpána elastická schopnost detruzoru, může být nárůst intravezikálního tlaku zvýšený. Za patologických okolností může tlak v močovém měchýři neadekvátně stoupat v případě mimovolní kontrakce detruzoru nebo jako následek narušené compliance. Močový měchýř se může projevovat svou hypersenzitivitou. Tato je označována jako narůstající senzace močového měchýře

(v minulosti označována jako senzoričká urgency). Jedná se o zvýšené vnímání močového měchýře. Je spojena se skorým prvním nucením k mikci a skorým silným nucením k mikci, ke kterému dochází při nízké náplni močového měchýře. Hypersenzitivita nemá souvislost s abnormální elevací detruzorového tlaku.

Detruzor může mít taky sníženou aktivitu (hypoaktivní detruzor, areflexní detruzor). Dalším vněmem pocházejícím z močového měchýře může být bolest. Stížnost na bolest během plnicí cystometrie je abnormální nález. Vždy bychom měli zaznačit místo bolesti, charakter a dobu trvání.

Po provedení cystometrické studie můžeme detruzor hodnotit z pohledu jeho funkce. Pojmeme normální detruzor (dříve stabilní) označujeme takový močový měchýř, který se projevuje jen malou nebo žádnou změnou tlaku v závislosti na náplni a neposkytuje žádné abnormální reakce po provokaci (změnou polohy, kašlem, Valsalva manévrem, zvukem tekoucí vody...).

Jako hyperaktivní detruzor označujeme takový, který se během plnicí cystometrie projevuje kontrakcemi. Tyto mohou být spontánní nebo provokované a na cystometrogramu jsou zobrazeny jako tvar vlny s různou dobou trvání a amplitudou. Kontrakce mohou být fázové nebo terminální. Nemusí být doprovázeny symptomy urgency nebo urgentní inkontinencí. V případě, že máme pozitivní neurologické vyšetření, můžeme mluvit o neurogení hyperaktivitě detruzoru. Jinak bychom měli používat označení idiopatické detruzorové hyperaktivity.

Mikční cystometrie (manometrická – průtoková studie, P/Q test)

Tato urodynamická vyšetřovací metoda vyjadřuje vztah mezi tlakem a objemem v močovém měchýři během mikce. Měření začíná v době, kdy vyšetřující osoba udá pokyn k mikci a končí v době, kdy je pacientka vymočená. Během studie se simultánně zaznamenává p_{ves} , p_{abd} , p_{det} a průtoková křivka. Vyšetření nám poskytuje následující data.

Tlak před močením – tlak těsně před iniciální isovolumetrickou kontrakcí.

Otvírací čas – čas, který uplynul od počátku nárůstu tlaku po začátek mikce. Odráží čas, který potřebuje tekutina přicházející z místa měření tlaku do místa umístění snímače.

Otvírací tlak – tlak zaznamenaný v době začátku mikce.

Maximální tlak – maximální hodnota naměřeného tlaku.

Tlak při maximálním průtoku – hodnota tlaku naměřená při maximálním průtoku moči.

Uzavírací tlak – tlak naměřený na konci mikce.

Tlak za kontrakce při maximálním průtoku – rozdíl mezi tlakem při maximálním průtoku a tlakem před močením.

Zpoždění průtoku – zpoždění v čase mezi změnou tlaku a korespondující změnou měřeného průtoku.

Vyvstává otázka, zda není výhodnější v diagnostice LUTS použít místo vícekanálové cystometrie právě mikční cystometrii. Toto vyšetření monitoruje jak plnicí, tak i mikční fázi cyklu. Technicky a časově jsou obě metody stejně náročné. Informace získané P/Q studií se jeví jako komplexnější.

Uretrální tlak a profilometrie

V rámci stanovení kompetence uretry, se jako urodynamické vyšetření používá měření uretrálního tlakového profilu – profilometrie. Podstatou metody je měření intraluminálního tlaku v uretře v klidu, při zvýšeném intraabdominálním tlaku (Valsalva manévr, kašel) nebo při mikci. Měření probíhá buď v jednom bodě uretry s maximálním uretrálním tlakem nebo po celé délce uretry. Na začátku měření jsou snímače vynulovány na atmosférický tlak. V případě použití vnitřních snímačů jsou tyto i referenčním bodem pro měření. Vytahování katétru se provádí nejčastěji automaticky, za pomoci vytahovače (pulleru). Většinou se děje kontinuálním pohybem, méně často intermitentně. Optimální rychlost v případě stresového profilu je 1 mm/s. Paralelně s měřením tlaku v uretře měříme i intravezikální tlak k vyloučení kontrakce detruzoru. Uzavírací tlak uretry je rozdíl uretrálního a vezikálního tlaku. Výsledek profilometrického vyšetření může být ovlivněn orientací čidla v močové trubici. V současné době se proto používají snímače, které snímají tlak v rozsahu 360°. Další aspekt ovlivňující výsledek profilometrie je náplň močového měchýře. Je proto vhodné provádět vyšetření při poloviční náplni vycházející z cystometrické kapacity. Dále hraje významnou roli i poloha pacientky. U kontinentních pacientek uretrální tlak ve stoje roste, u inkontinentních klesá.

Během profilometrie měříme uretrální tlak (p_{ura}) a vezikální tlak (p_{ves}) a popisujeme následující veličiny:

Uzavírací uretrální tlak (UCPP) – rozdíl uretrálního a vezikálního tlaku.

Maximální uretrální tlak (MUP) – nejvyšší tlak měřeného profilu uretry

Maximální uretrální uzavírací tlak (MUCP) – je stanovený jako největší rozdíl mezi uretrálním a intravezikálním tlakem.

Funkční délka uretry (FUL) – je délka uretry, kdy při měření stresového profilu intrauretrální tlak převyšuje intravezikální.

Celková délka uretry (TUL) – ve své podstatě se nejedná o důležitý parametr.

Transmisní koeficient – znamená nárůst uretrálního tlaku při stresu jako procento současně zaznamenaného nárůstu vezikálního tlaku. V případě zaznamenání několika poměrů přenosu tlaku získáme profil přenosu tlaku.

Uretrální tlak a uretrální uzavírací tlak jsou ve své podstatě idealizované koncepty, které reprezentují schopnost uretry zabránit úniku moči. V současnosti se k měření uretrálního tlaku používá množství různých technik, které ale nemají tendenci poskytnout konzistentní výsledky. Odlišují se různými výsledky jak mezi jednotlivými metodami, tak i v jedné metodě. MUP klesá s věkem pacientky, je ovlivněn menstruačním cyklem a konstitucí, počtem porodů atd. Z těchto důvodů, z hlediska existence významné inter- a intraindividuální variability výsledků metody, je klinický význam UPP omezený. Není nezbytná v standardní diagnostice stresové inkontinence. V případě diagnostiky ISD je potřeba kombinovat metodu s metodou LPP.

Měření tlaku při úniku moči (LPP)

Jedná se o koncept měření uretrálního tlaku během úniku moči. Jeho význam tkví v procesu diagnostiky ISD. Odlišení ISD od čisté stresové inkontinence má zásadní význam v urogynekologické praxi.

LPP je nejnižší hodnota detruzorového tlaku, která je potřebná k vyvolání úniku moči bez elevace intraabdominálního tlaku a detruzorové kontrakce. Pak mluvíme o detruzorovém LPP. Jedná se o statický test. Při vysokém detruzorovém LPP (> 40 cmH₂O) může hrozit poškození horních močových cest v důsledku refluxu moči do ureterů. K tomuto stavu může docházet na podkladě neurologické poruchy (např. u paraplegiků nebo sclerosis multiplex). Nemáme k dispozici data o možnosti poškození horních močových cest při vysokém LPP u pacientek bez neurologického postižení.

Oproti tomu, abdominální LPP je dynamické vyšetření. Definuje ho nejnižší hodnota úmyslně zvýšeného vezikálního tlaku, která vyvolá únik moči uretrou bez kontrakce detruzoru. Elevace tlaku může být vyvolána Valsalva manévrem nebo kašlem. Při tomto vyšetření je potřeba dodržet standardní náplň močového měchýře, která by měla být 200 – 300 ml. Měl by být standardizovaný průměr katétru (ovlivňuje výsledek vyšetření). Výsledek nízkého ALPP reprezentuje malou uretrální funkci při zajištění kontinence.

Elektromyografie

Elektromyografie svalů pánevního dna je relativně jednoduchou diagnostickou metodou využívanou k detekci elektrické aktivity jednotlivých svalových jednotek nebo pánevního dna jako celku. Slouží k posouzení somatické inervace svalů pánevního dna. Za fyziologického stavu sfinkter uretry nejeví žádnou elektrickou aktivitu. Tato se může objevit například u pacientek se suprasakrální lézí. Tato aktivita vede k paralelním kontrakcím jak detruzoru tak i sfinkteru uretry, dochází k elevaci intravezikálního tlaku a časem k alteraci dolních močových cest. Elektromyografie je neurofyziologické vyšetření, které studuje bioelektrické potenciály evokované při depolarizaci svalových vláken příčně pruhovaných svalů.

Při měření můžeme použít relativně invazivní elektrody zavedeny do pochvy, rekta nebo uretry. Neinvazivní způsob měření reprezentují zevní nalepovací elektrody. Tyto snímají elektrickou aktivitu pánevního dna z oblasti perinea nebo perianální oblasti. Měření se provádí v klidu před a během plnění močového měchýře a mikce. Vyšetření přispívá ke zpřesnění diagnózy LUTD. Jeho využití je výběrové. Provádí se v rámci komplexních (experimentálních) studií.

1.9 Uroflowmetrie

Uroflowmetrie (řecky: uron – moč, anglicky: flow – průtok, řecky: metrio - měřit) je jednou ze základních neinvazivních urodynamických metod. Tato metoda společně se stanovením postmikčního rezidua (PVR) představuje skrínigové vyšetření k vyloučení evakuační dysfunkce močového měchýře. Měla by být použita v iniciálním vyšetřovacím procesu u všech pacientek ještě před metodami invazivní urodynamiky.[39] Principem vyšetření je měření rychlosti protékajícího proudu moči v čase. Pacientka při měření moči do sběrné nádoby (trychtýře), která je spojena s měřícím a vyhodnocujícím zařízením. Grafickým výsledkem měření je uroflowmetrogram. Původní koncept počítal s uroflowmetrií jako s jedním z nejdůležitějších vyšetření při diagnostice subvezikální obstrukce u mužů s LUTS. Parametry uroflowmetrie jsou ovlivňovány řadou faktorů a jsou závislé na funkčním stavu DMC. Některé z fyziologických faktorů jsou do jisté míry konstantní (výtokový odpor – tzv. „Bladder outflow resistance“), jiné jsou proměnné a jenom velmi obtížně definovatelné (náplň močového měchýře, psychické napětí při vyšetření, nedostatek soukromí, strach z neznámého prostředí, zapojení břišního lisu při močení, atd.). Výsledná hodnota proudu moči je závislá na interakci tlaku generovaného detruzorem močového měchýře a průměrem močové trubice. Z tohoto důvodu může být nízká hodnota a patologická uroflowmetrická křivka výsledkem obstrukce výtokové části DMC nebo poškozené kontraktility detruzoru. Dalším faktorem, který snižuje rychlost mikčního proudu je nízký objem náplně v močovém měchýři. Pacientky, u nichž byly opakovaně zaznamenány patologické hodnoty číselných parametrů nebo „patologický“ tvar uroflowmetrické křivky, by měly být indikovány k podrobnému urodynamickému vyšetření. Přesto všechny drobné nedostatky a úskalí měření se jedná o základní, neinvazivní urodynamické vyšetření a excelentní skrínigovou metodu k zjištění patologie DMC, které má velký význam při diagnostickém procesu LUTS za dodržení podmínek správné urodynamické praxe s předpokladem vymočeného adekvátního objemu (>150 ml).

1.9.1 Fyzikální základy uroflowmetrie

Stejně jako kterýkoliv jiný hydrodynamický proces, se proud moči posuzuje pomocí několika parametrů: tlaku, rychlosti a intenzity. Pro pochopení fyzikálních zákonů je potřeba přesně stanovit a vymežit jednotlivé pojmy a jejich význam. V řadě prací pojednávajících o uroflowmetrii se vyskytuje důležitý pojem – měření průtokové rychlosti proudu. V hydrodynamice se pod pojmem rychlost, rozumí rychlost proudu (cm/s), kdežto průtoková rychlost vyznačuje objem tekutiny za jednotku času (ml/s). Jak vyplývá z těchto údajů, přístroj pro evidenci průtokové rychlosti proudu moči by se správně měl nazývat průtokoměr. Tento termín se však v urologii neuchytil, ačkoliv byl v dřívější literatuře často používán. Pod pojmem průtoková rychlost urologie tradičně chápe – objem moči za jednotku času (ml/s).

Výzkum hydrodynamiky močení vede v konečném výsledku k poznání, v jakém stavu je funkce dolních močových cest v mikční fázi. Výsledek odráží funkční stav detruzoru (tonus, zkrácená aktivita) a odporu, který klade močová trubice.

Utváření proudu moči je multifaktoriální proces. Jeho viditelnou část, tj. přímo průtok, je možné popsat řadou rovnic, které spojují průtokovou rychlost i rychlost proudu, sílu a tlak proudu moči.

Intenzita proudu moči je shodná se součinem hmotnosti a rychlosti:

$$F = p \times Q \times V_s$$

kde F = intenzita proudu moči (g/cm)

p = hustota moči (cm²/cm⁴)

Q = objem toku moči (ml/s)

V_s = rychlost proudu moči (cm/s)

Rychlost proudu moči: $V_s = \frac{Fg}{Qv}$

kde V_s = rychlost proudu moči (cm/s)

v = specifická váha moči

g = tíhové zrychlení

Průtoková rychlost proudu moči: $Q = V_s \times f$

kde V_s = rychlost proudu moči (cm/s)

f = průměr močové trubice

Tlak průtoku moči: $P = \frac{1}{2} \times V s$

Průtoková rychlost charakterizuje proud moči. S její pomocí je možné posoudit hydrodynamiku dolních močových cest v obecných rysech. Proud moči je v průběhu dne proměnlivý a nestálý. Pod vlivem mnoha faktorů mění proud moči své charakteristiky s každou mikcí. Je známo, že ve stálém systému, jakým je například trubka se stálým průměrem, je zapotřebí ke zvýšení objemu proudící kapaliny zvýšení tlaku. V otevřené nádrži je tlak určen výškou sloupce tekutiny. Proto platí, že čím vyšší je sloupec kapaliny (čím vyšší je tlak), tím vyšší bude rychlost vytékání při stejném průměru otvoru. Z dalších výzkumů plyne, že neexistuje žádná souvislost stálého systému se systémem proměnlivých dolních močových cest. Tlak moči je poměrně stálý při libovolném objemu močového měchýře, což je vysvětleno na základě Laplaceova zákona:

$$\text{Tlak} = \frac{\text{2x povrchové napětí}}{\text{poloměr}}$$

Jestliže připustíme, že zvýšení kontrakce detruzoru je lineární funkcí svalových vláken, pak je poměr povrchového napětí k průměru stálý, tudíž stálý bude také tlak.[40] Faktory, které nakonec určují velkou nestálost rychlosti proudu moči za fyziologických podmínek při poměrně stálém tlaku moči, je možné vyjmenovat v následujícím vzájemně souvisejícím řetězci:

Objem močového měchýře → napětí detruzoru → funkční průřez močové trubice → proud moči

Můžeme je taky popsat odpovídajícími symboly:

$$V \rightarrow T \rightarrow U \rightarrow Q$$

B. Von Garrelts měl představu o tom, že distenze močového měchýře (v souvislosti na náplni) vede k poklesu uretrálního odporu. Dané tvrzení se v principu shoduje s představami O. Schwartze a A. Brennera o roli detruzoru v rámci mechanismu vyprazdňování močového měchýře. [41] Během mikce má detruzor dvě funkce: otevírá a udržuje otevřený svěrač močové trubice a vyprazdňuje močový měchýř. Nejpravděpodobnější vysvětlení je, že stupeň otevření hrdla močového

měchýře, proximální části močové trubice, uvolnění svalů pánevního dna s poklesem uretrálního odporu a odpovídající průtok moči jsou naprogramovány pro každé močení. Impuls, který je potřebný ke spuštění procesu mikce pochází pokaždé z detruzoru a závisí na počátečním napětí detruzoru. Míra napětí detruzoru určuje velikost průřezu močové trubice a intenzitu proudu moči.

Dolní část močového traktu je složený biohydrodynamický systém. Rychlost močení za fyziologických podmínek je důsledkem rovnováhy mezi poměrně stálými silami vypuzovacími (jak můžeme soudit kvůli stálému tlaku moči) a měnícím se průřezem močové trubice.

Velká část prací zabývajících se hydrodynamikou vylučování moči je zasvěcena hodnocení uretrální průchodnosti. Tento parametr úplně stačí i pro hodnocení mikce za patologických podmínek kromě těch případů, kdy dochází k narušení funkce detruzoru. Nicméně v určitých etapách rozvoje patologického procesu v močové trubici se vyskytují periody posílení a oslabení aktivity detruzoru společně s odpovídajícím zvýšením či snížením tlaku moči. Tyto faktory rozhodně komplikují mechanismus vytváření proudu moči, což se negativně odráží na důvěryhodnosti klinické analýzy procesů probíhajících v oblasti dolních močových cest a diagnostické hodnotě uroflowmetrie.

První pokus určit maximální rychlost proudu moči náleží O. Schwarzovi a A. Brennerovi (1922). Za tímto účelem změřili dva parametry při vylučování moči, kterými byly velikost vnějšího otevíření močové trubice a rozšíření horizontálně směřovaného proudu moči. Lineární rychlost vypočítali prostřednictvím vzorce:

$$V = y \times \sqrt[3]{g/2x}$$

kde:

V – rychlost proudu v cm/sec

y – rozšíření vnějšího otevíření močové trubice v cm

x – maximální vzdálenost, kterou urazil proud moči

g – tíhové zrychlení (9.81 cm/s²)

Tato metoda nehledě na svou jednoduchost je přesná a informativní. Během mnoha let se k ní vrátilo mnoho autorů při výzkumu hydrodynamiky vylučování moči jak u dětí, tak u dospělých.[42] Měřeními bylo prokázáno, že rychlost proudu moči má širokou variabilitu (57 – 385 cm/sec) a závisí na objemu močového měchýře. Ukazatel rychlosti proudu moči má největší význam při diagnostice zúžení zevního

ústí močové trubice. Nicméně metoda nezískala široké uplatnění v klinické praxi. Technicky je nedokonalá, obtížně proveditelná, nemá grafickou evidenci a pokaždé je potřeba zakončit měření matematickým výpočtem. V ojedinělých případech je ale tato měřicí metoda stále používána pro vědecko - výzkumné práce, týkající se hydrodynamiky vylučování moči.

Nejintenzivnější klinické výzkumy hydrodynamiky vylučování moči probíhaly v 60. letech minulého století. Autoři se zaměřovali na zkoumání vztahu tlaku a rychlosti proudu moči. Byli přesvědčeni, že s objevením funkčních metod se otevírají nové možnosti pro objektivní diagnostiku obstrukce močové trubice. Problém se pokusili řešit cestou hledání varianty stálého poměru ukazatelů tlaku a rychlosti a jeho zastoupení v podobě společného ukazatele odrážejícího odpor močové trubice, jehož zvýšení by svědčilo o patologickém procesu charakteru obstrukce. Katetrizace vyvolává dysurii a kontrakci sfinkterů, což se podstatně projevuje na změnách fyzikálních parametrů vylučování moči. Dokonce i ten nejtenčí katétr způsobuje efekt obstrukce, v jehož podmínkách je těžké hodnotit průchodnost močové trubice. Po teoretické stránce, zmenšení funkčního průměru močové trubice celkem o 0.4 mm vede ke snížení rychlosti proudu moči o 27 - 30%. Toto snížení je pravděpodobně částečně kompenzováno elastickými vlastnostmi močové trubice. [43] První měřicí metody byly používány k přístupu určenému pro měření rezistence cév. Připouštělo se, že odpor močové trubice se rovnal vztahu tlaku k rychlosti proudu moči:

$$R = \frac{P}{Q}$$

kde:

R – odpor močové trubice

P – tlak moči

Q – maximální rychlost proudu moči

Vzájemný vztah tlaku a rychlosti závisí na charakteru proudu. Při laminárním proudění se každá částice tekutiny pohybuje po přímce paralelně s osou trubice. Při určitých rychlostech proudu dochází ke změně laminárního proudění na turbulentní. Charakter proudu se vyjadřuje číselnou hodnotou Reynoldse (Re). Re závisí na rychlosti proudu (V), průměru trubice (D) a viskozitě tekutiny (K).

$$Re = \frac{V \times D}{K}$$

Změna proudění z laminárního na turbulentní probíhá při $Re = 2320$. [44] Proud moči v močové trubici je turbulentní ($Re > 2320$). Pokusy na modelech dolních močových cest umožnily najít přesnější vyjádření odporu močové trubice vzhledem k turbulentnímu proudění moči vzorcem:

$$R = \frac{P}{Q^2}$$

V této rovnici není zohledněn gradient tlaku močového měchýře a močové trubice. Podle J. C. Smithe se během vylučování moči tlak moči částečně přeměňuje na dynamický tlak zabezpečující vytrysknutí proudu ven. [45] Úbytky tlaku v močové trubici při subvezikální obstrukci narůstají a mohou být vypočítány podle gradientu močového měchýře a močové trubice: $P_b - P_e$, kde P_b je tlak uvnitř močového měchýře a P_e je výstupní tlak močové trubice. Tehdy má vzorec pro odpor močové trubice následující podobu:

$$R = \frac{P_b - P_e}{Q^2}$$

Po definování výše uvedených fyzikálních zákonitostí se zvedla vlna kritiky, která se opírala o údaje, že se vzhledem k subvezikální obstrukci zásadně nemění odpor močové trubice. Podstatné zvýšení odporu močové trubice vzniká pouze při zúžení močové trubice o 50 a více procent. Byla vyslovena domněnka, že přesnější mírou průchodnosti močové trubice, na rozdíl od ukazatele odporu močové trubice, je průměr močové trubice.

V 70. letech minulého století byl navržen nový princip analýzy výsledků výzkumu tlaku a rychlosti. [46] Jeho podstata tkví ve srovnávání reálných ukazatelů tlaku moči a odpovídajícího proudu moči na nomogramech. V přibližně 70% případů je možné diferencovat přítomnost nebo naopak nepřítomnost obstrukce v uretře. Žádnou existující analýzu výsledků výzkumu tlak/rychlost nelze považovat za absolutní. Známe několik metod, které reálně dovolují klasifikovat pouze nesporné varianty patologie - obstrukční a neobstrukční proces vylučování moči. Mezinárodní společnost pro kontinenci (ICS) navrhuje svou předběžnou variantu určení obstrukce močové trubice podle výsledků evidence tlaku moči a rychlosti proudu moči. ICS propracovala dlouhodobý program hledání nejlepší metody analýzy výsledků týkající

se výzkumu tlak/rychlost. Během posledních sta let zcela evidentně nezeslábnul zájem o výzkum proudění moči.

1.9.2 Historie uroflowmetrie

Na konci 19. století byl zaznamenán zvýšený zájem o fyziologii močení. Zvláštní místo mezi vědci té doby patří E. Rehfisovi, s jehož jménem je svázáno první měření rychlosti objemu průtoku moči s pomocí zkonstruovaného aparátu nazvaného nikoli uroflowmetrem (tento termín se objevil mnohem později), ale aeropletizmografem. Zkoumal roli jednotlivých struktur svěracího mechanismu při uzavření a vyprazdňování močového měchýře podle výsledků transuretrálního měření tlaku uvnitř močového měchýře během vylučování moči. Přesný význam tlaku moči v momentě otevření vnitřního svěrače bylo možné určit pouze v jednom případě – jako synchronní zápis s průtokem moči. Rehfisch jako první provedl synchronní zápis vztahu tlaku k rychlosti proudu moči.

Po období 70. let, kdy se objevily elektronické lékařské přístroje pro přesné změření rychlosti objemu vzdušného proudu (pneumotachograf), se řada autorů vrátila k prvotní myšlence Rehfische [47-52]

První obsáhlou klinickou prací zabývající se uroflowmetrií publikoval W. M. Drake. [53] Práce je významná tím, že autor vytvořil vlastní přístroj vhodný pro hromadná sledování a navrhl jeho jméno, které se používá dodnes – uroflowmetr a křivky označil jako uroflowgramy (odsud pojem uroflowmetrie). Po vyšetření 155 zdravých mužů a řady mužů s urologickými problémy stanovil následující zákonitosti:

1. Hlavní zákonitost urodynamiky dolních močových cest je závislost mezi objemem a rychlostí. Při zvýšení objemu moči se zvyšuje i rychlost jejího vylučování.
2. Zásadní je kolísání rychlosti proudu moči, dolní hranice normy je podle Drakea 20 ml/sec.
3. Rozsah objemů močového měchýře, při kterých změřil maximální rychlost, byl 300 - 399 ml.
4. Zjistil, že existuje jakýsi efekt snížení rychlosti proudu moči při obzvláště velkém objemu močového měchýře.

Na základě provedených výzkumů došel autor k závěru, že evidence průtokové rychlosti proudu s pomocí uroflowmetru je velmi užitečná a může najít široké uplatnění v urologii při neinvazivním posouzení funkcí močového měchýře.

Následující důležitá etapa výzkumu je svázána se jménem B. Von Garreltse, který v letech 1956 - 1957 vydal sérii prací zabývajících se fyziologií mikce. Závěry prací pojednávaly o zákonitostech vyprazdňování močového měchýře u zdravých mužů, které posuzovaly na základě výsledků uroflowmetrie a komplexního posouzení vylučování moči (souběžná evidence tlaku v močovém měchýři, rychlosti proudu moči a v části případů také tlak uvnitř dutiny břišní). Tyto zákonitosti lze vyjádřit následovně:

1. Tlak moči ve fyziologickém stavu při rozvinutém detruzoru je poměrně stálý při jakémkoliv objemu močového měchýře.
2. Tlak dutiny břišní nemá vliv na zkrácení detruzoru ani na počátku, ani po ukončení mikce.
3. Rychlost proudu moči závisí na objemu močového měchýře – s jeho zvětšením se i zvyšuje rychlost močení jako důsledek změny odporu v močové trubici.
4. Tlak v močovém měchýři se na dynamice proudu moči projeví pouze v případě patologie – zvýšení odporu v močové trubici.
5. Vzájemný vztah objemu a rychlosti se s věkem zmenšuje.

Začátkem 70. let minulého století byl výzkum hydrodynamiky včetně uroflowmetrie doprovázen využitím nestandardních přístrojů, většinou primitivní výroby a početnými modifikacemi metod. Se vznikem prvního 4 - kanálového urodynamického systému firmy „DISA Electronics“ (Dánsko), tj. speciálního přístroje pro výzkum hydrodynamiky v klinické praxi, vznikly reálné podmínky pro změnu stavu. Byla vytvořena Mezinárodní komise pro standardizaci terminologie a urodynamických výzkumů.

Většina referenčních prací týkajících se použití a interpretace výsledků UFM u žen pochází z 80. a 90. let minulého století a mnohé z nich jsou zatíženy metodologickými chybami poplatnými době svého vzniku. [54] V českém odborném písemnictví se rolí UFM v diagnostice funkce DMC zabýval zejména Zmrhal. [55] Využití UFM v diagnostice LUTD u žen je věnována malá pozornost, přičemž výskyt evakuačních dysfunkcí u žen je poměrně častý. [56]

1.9.3 Správná urodynamická praxe - uroflowmetrie

V současné době se můžeme v praxi setkat se třemi typy uroflowmetrů: s váhovým snímačem, s objemovým snímačem a s uroflowmetrem s rotačním diskem.

Váhový uroflowmetr je ve své podstatě konstruován jako elektronická váha – moč proudí do zařízení, ve kterém se váží její hmotnost. Graf vylučování moči je odvozen od přírůstku moči za jednotku času.

Uroflowmetr s rotačním diskem – proud moči se dostává na kontinuálně rotující disk stabilní rychlostí. Na tomto disku způsobuje zpomalení rotace. Energie, která je potřebná pro udržování rotace disku stálou rychlostí, se mění na elektrický potenciál, který se konvertuje do uroflowmetrické křivky.

Objemový uroflowmetr je z těchto tří typů nejjednodušší. Je tvořen nálevkou a snímačem. Při přírůstku moči se změna objemu registruje v měřícím zařízení.

B. E. Glahnem byly v roce 1991 zformulovány požadavky pro vhodný uroflowmetr. [57] Jejich definice byla následující:

- Bez potřeby časté kalibrace
- Přesnost a spolehlivost evidence rychlých změn rychlosti proudu
- Minimální zdržení od začátku po registraci proudu
- Celková chyba měření 2%
- Minimální citlivost měřící sestavy na teplotu, pH a hustotu moči
- Možnost vylučování moči vsedě i ve stoje
- Vyloučení přítomnosti personálu během měření
- Souběžné měření rychlosti proudu moči a objemu močového měchýře
- Možnost provedení kombinovaných urodynamických výzkumů
- Rozpětí měření rychlosti v rozmezích 0 - 60 ml/s a objemu močového měchýře od 0 do 1500 ml
- Automatický výpočet uroflowgramu po ukončení měření

Podle zásad správné urodynamické praxe stanovené ICS v roce 2002 by měla být uroflowmetrie prováděna při pocitu normálního nucení na močení. [58] V ideálním případě by měla být všechna uroflowmetrická měření prováděna se spontánní náplní močového měchýře minimálně na 150 ml moči. Měření by měla být realizována v samostatné místnosti s možností dodržení intimity. Každé měřící zařízení by mělo být pravidelně kalibrováno. V současnosti má většina používaných uroflowmetrů

vysoký stupeň přesnosti (5 %). Měli bychom myslet na to, že automatický výpočet Q_{ave} vyžaduje, aby byl průtok moči kontinuální a aby byl zřetelně definovaný konec mikce. U pacientek s intermitentním průtokem nebo s terminálním driblinkem může dojít k chybnému a nízkému výpočtu Q_{ave} . Jako dolní mez fyziologického rozmezí hodnot Q_{max} jsou pro orientační hodnocení UFM uváděny hodnoty 12 - 20 ml/s při mikčním objemu 150 - 200 ml. [59]

Během vyšetření sledujeme následující parametry:

Proud moči – jedná se o proud vymočené moči, který může být **kontinuální** nebo **přerušovaný**.

Průtok moči – objem moči vyloučený uretrou za jednotku času (ml/s).

Mikční objem – celkový objem vymočené moči.

Maximální průtok moči (Q_{max}) – maximální naměřená hodnota průtoku moči po korekci artefaktů.

Doba průtoku moči (s) – doba, po kterou detekujeme měřený průtok.

Průměrný průtok moči (Q_{ave}) – mikční objem dělený dobou mikce.

Doba mikce (s) – jedná se o celkovou dobu močení. Tato doba zahrnuje i přerušení proudu moči. Pokud je mikce ukončena bez přerušení, potom je doba mikce stejná jako doba průtoku moči.

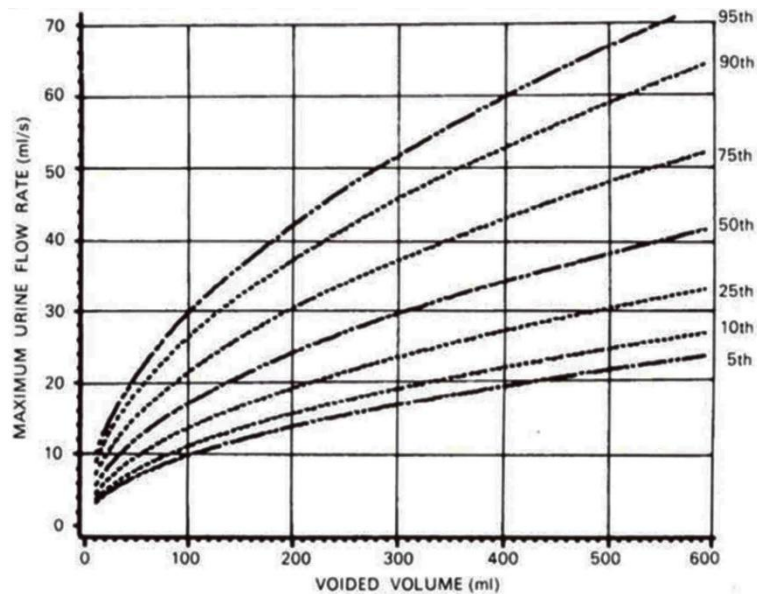
Čas do maximálního průtoku (s) – je to čas, který uplynul od začátku průtoku moči do maximálního průtoku moči.

Průtok moči je silně závislý od mikčního objemu a celkové náplně močového měchýře. Z tohoto důvodu je nejideálnějším řešením pro reprodukci výsledků použití nomogramů. K vyhodnocení uroflowmetrie se nejčastěji používá Liverpoolský nomogram. Jako kritérium abnormálně pomalého proudu moči je stanovený 10 percentil nomogramu. Jeho nedostatkem je zejména fakt, že nebyl dostatečně validován.

Dalším důležitým hodnoceným faktorem je tvar křivky. Jørgensen prezentoval návrh standardizované klasifikace typů křivek. [60] Chou však ve své práci ukázal vysokou intra a interpersonální variabilitu hodnocení tvarů křivek několika odbornými posuzovateli.[61] Proto se tento systém neujal a v současnosti se doporučuje omezit popis tvaru UFM křivek na „tvar fyziologický“ („normální“), nebo „tvar patologický“ („abnormální“).

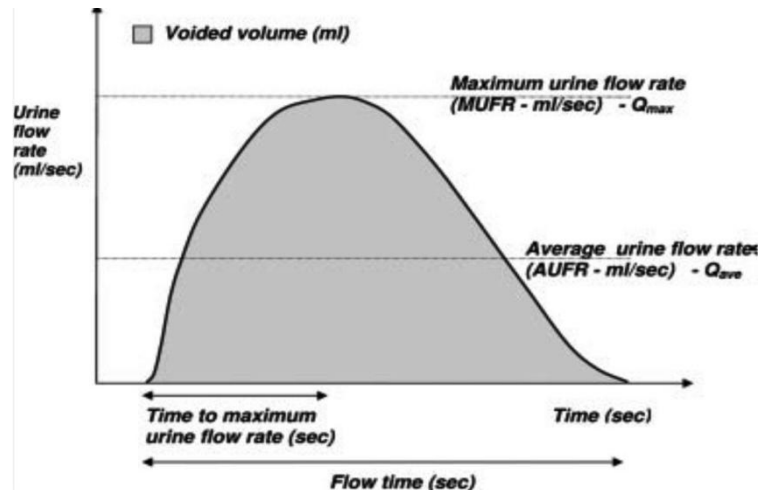
Obrázek č. 7

Liverpoolský nomogram



Obrázek č. 8

Uroflowmetrogram – schéma [62]



Jak jsem již zmínil v předchozím textu, uroflowmetrie je screeningovou metodou k vyšetření evakuační funkce LUTS.

Vyšetření by mělo vždy probíhat společně se stanovením postmikčního rezidua. Postmikční reziduum je definováno jako objem moči, který zůstává v močovém měchýři po dokončení mikce. Stanovení postmikčního rezidua by mělo probíhat okamžitě po ukončení mikce. S oddálením doby vyšetření PVR stoupá riziko chybného výsledku z důvodu probíhající diurézy, která je závislá na hydrataci

organizmu a je 1 – 14 ml/min. Nejrychlejším neinvazivním způsobem stanovení PVR je použití ultrazvuku. Další možností měření PVR je katetrizace močového měchýře. Z hlediska hodnocení PVR je stanovení horní hranice normy závislé na přesnosti měřící metody. Studie, které pracovaly se stanovením okamžitého PVR, určily horní hranici normy 30 ml. Studie, které měřily PVR katetrizací s možným zpožděním do 10 minut stanovily jako horní hranici normy 50 ml nebo 100 ml. [63, 64] U geriatrických pacientek často akceptujeme hodnoty i do 50% funkční kapacity močového měchýře. [65] Izolovaný nález většího postmikčního rezidia je významný, je - li potvrzen opakovaným vyšetřením. [66]

1.9.4 Výhody a nevýhody uroflowmetrie

Klasická uroflowmetrie se za standardních podmínek provádí ve zdravotnických zařízeních (ambulantních nebo lůžkových). Pacientka při vyšetření močí do trychtýře a sběrné nádoby (uroflowmetru). Sběrná nádoba je spojena s elektronickým vyhodnocovacím zařízením. Spojení lze provést dvěma způsoby, a to spojení kabelem nebo bezdrátově s použitím technologie bluetooth. Oba typy spojení vyžadují, aby bylo sběrné a měřící zařízení v jedné místnosti společně s vyhodnocovacím zařízením nebo alespoň v krátkém dosahu. UFM je jednoduchá, neinvazivní a ekonomicky nenáročná vyšetřovací metoda.

Vyšetření je ale u většiny pacientek považováno za velice intimní. Správné umístění konvenčního uroflowmetru poskytuje pacientce možnost soukromí. Je však evidentní, že míra soukromí není ani zdaleka tak vysoká, jakou by byla, kdyby pacientka mohla vyšetření podstoupit v domácích podmínkách. V minulosti byly zveřejněny údaje o signifikantních výsledcích test-re-test variability standardní UFM, které byly ovlivněny převážně nepřírozenými podmínkami, za kterých bylo prováděno testování.[67, 68] Tento fakt společně s tím, že pacientka musí přijít k vyšetření v určitou domluvenou dobu s pocitem „normálního“ nucení na močení (fyziologickou náplni močového měchýře) výrazně omezuje komfort pacientky při vyšetření konvenční UFM a snižuje možnost a ochotu pacientky spolupracovat v případě, kdy je potřeba provádět další uroflowmetrická měření.

1.10 Alternativní metody měření proudu moči

Mezi alternativní metody měření proudu moči můžeme zařadit metodu „Do - It - Yourself“. Tato metoda byla popsána v roce 2014 italskými autory na souboru 100 pacientů. [69] Cílem metody je vyšetření proudu moči bez nutnosti technického vybavení. Subjekty močí do odměrné nádoby a stanovuje se celkový mikční objem. Celková doba močení se měří stopkami. Výhodou metody je ekonomická nenáročnost a možnost provedení v jakýchkoliv podmínkách. Významnou nevýhodou metody je nedostupnost výsledku Q_{\max} a grafického zobrazení mikční křivky. Z těchto důvodů nelze hodnotit, jestli se jedná o normální nebo abnormální mikční křivku a nelze vyjádřit suspekci na patologii dolních močových cest.

Další možnou alternativou je použití přenosného uroflowmetru. Jedná se o zařízení napájené bateriemi, kterým lze měřit mikční epizody během celého dne. Zařízení lze instalovat v jakýchkoliv podmínkách. [70-72] Nespornou výhodou uroflowmetru je, že poskytuje výsledky jednotlivých hodnot měření a rovněž výsledky v grafické podobě – uroflowmetrickou křivkou. Nevýhodou zařízení jsou ekonomické náklady na jeho pořízení nebo zapůjčení. Jednoznačnou nevýhodou je potřeba přenosu celého uroflowmetru aktuálně podle místa měření. Nelze proto zaznamenat všechny mikce v průběhu dne a sestavit tím mikční deník. Přístroj je potřeba vždy umístit, zprovoznit a zapnout. Tyto úkony mohou být obtížné hlavně pro starší populaci pacientek. Proto by se dala přenosná uroflowmetrie hodnotit spíše jako „users non friendly“ metoda.

1.11 Telemetrie a sonouroflowmetrie

V minulosti urologové posuzovali možnou dysfunkci dolních močových cest jednoduše poslechem mikce pacientky. Na základě detailní analýzy zvuku, který vydával proud moči, byly vyšetřující schopni identifikovat poruchu proudu moči. Zvuk, který vzniká dopadem kapek nebo proudu (moči) na rozhraní vzduch - voda je všude kolem nás. Jednoduchým příkladem je zvuk, který vydávají vlny lámající se o pobřeží, zvuky malých potoků, říček a zvuk, který vydává déšť dopadající například na hladinu jezera. Tyto jevy nebyly do začátku 20. století dostatečně zkoumány.

Až v roce 1933 Minnaert demonstroval pozoruhodný přehled, který prokazoval, že zvuk, který vydává tekoucí potok je způsobený oscilací malých vzdušných bublinek, které se formují těsně pod povrchem vodní hladiny toku. [73] Minnaert následně vytvořil analytický model sloužící k predikci frekvence zvuku. Tento model vychází z jednoduchého jevu oscilace bublin. Hlavním výsledkem pozorování vycházejícího z tohoto modelu je fakt, že frekvence oscilace je nepřímo úměrná velikosti bublin. Ačkoliv hypotéza týkající se produkce zvuku byla správná, její prokázání trvalo až do 80. let 20. století, kdy byly definovány podmínky, za kterých dokáže padající kapka v rozhraní voda - vzduch vyprodukovat bubliny a následně zvuk určitého spektra, které bylo možno změřit.

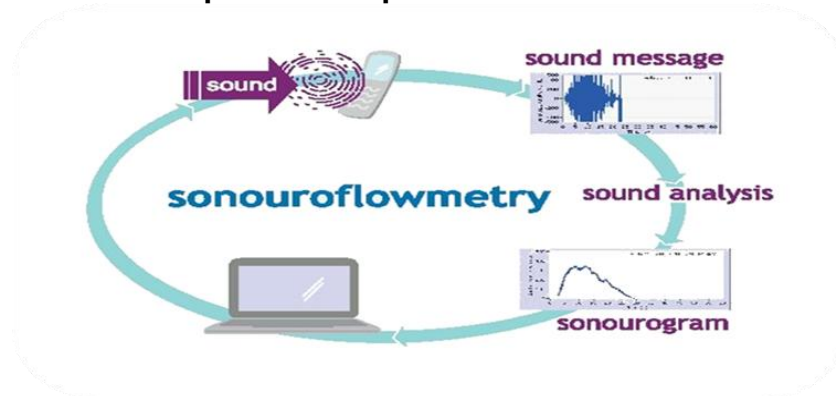
Ke konci 80. a začátkem 90. let minulého století bylo publikováno několik prací, zabývajících se touto problematikou. Přehled těchto výzkumů publikoval Oguz v roce 1993. [74]

Další studii pojednávající o využití akustické analýzy proudu moči publikoval Koiso v roce 1991. [75] Ve své práci snímal zvuk moči protékající bulbární částí mužské uretry akustickým snímačem připevněným na perineum. Akustickou analýzou se snažil rozlišit laminární proudění od turbulentního. Vycházel z toho, že turbulentní proudění vzniká za změnou průsvitu trubice a usuzoval z toho přítomnost subvezikální obstrukce. Tato metoda nenašla praktické využití a Koisovy pokusy byly na dlouhou dobu posledním pokusem o využití akustické analýzy v diagnostice DMC.

Sonouroflowmetrie (SUF) je nová diagnostická metoda, která je založena na principu analýzy zvuku, který vydává proud moči při dopadu na vodní hladinu. Metoda využívá principy a závěry výše uvedených prací. Systém SUF využívá bezdrátové spojení a webové technologie k digitální konverzi akustického signálu se

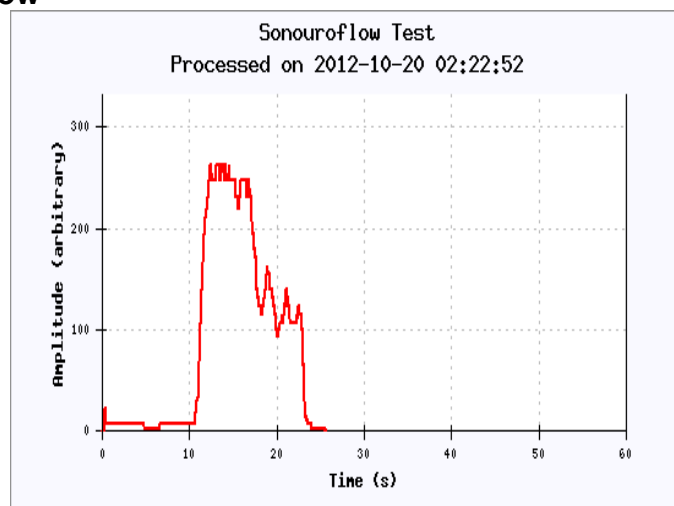
snahou získat data o LUTS a průtoku moči. Telemetricky přenáší akustický signál vytvořený proudem moči dopadajícím na hladinu vody v toaletě. Tento signál je přenášený v reálném čase pomocí konvenčního mobilního telefonu. Přenos dat akustického záznamu je možný na dálku. Stačí, aby byl mobilní telefon bezdrátově připojen k vyhodnocovacímu zařízení, kterým je počítač se speciálním softwarem.

Obrázek č. 9
Schematické znázornění přenosu a zpracování zvuku.



Ten následně provede spektrální analýzu intenzity zvuku. Akustický signál je měřen v arbitrárních jednotkách. Následně je transformován do křivky, která je podobná standardní uroflowmetrické křivce.

Obrázek č. 10
Křivka sonouflow



Křivka může mít pravidelný nebo nepravidelný tvar nebo může být přerušovaná. Z křivky lze stanovit další parametry průtoku moči, kterými jsou doba mikce, průměrný průtok moči (Q_{ave}), maximální průtok moči (Q_{max}) a dobu do maximálního průtoku moči.

Systém SUF automaticky zaznamenává frekvenci mikce a nykturii. Sonouroflowgram je možno spojit se záznamem dalších údajů o mikci, čímž může zařízení plnit i úlohu elektronického mikčního deníku. Například u každé křivky systém automaticky zaznamenává čas mikce a pacientka vloží údaj o stupni urgencye, nebo údaj, zda došlo nebo nedošlo k urgentní inkontinenci. Aby se tak stalo, je potřeba v průběhu vyšetření označit stupeň urgencye na mobilním telefonu aktivací tlačítka 1 - 5 podle pětibodové škály.

Tabulka č. 3
Stupeň naléhavosti močení

1	Žádné nucení	Necítila jsem potřebu vyprázdnit močový měchýř, ale vymočila jsem se z jiných důvodů
2	Mírné nucení	Mohla jsem močení oddálit tak dlouho, jak bylo nutné bez obav z pomočení
3	Středně silné nucení	Mohla jsem močení na krátkou chvíli oddálit bez obav z pomočení
4	Silné nucení	Močení jsem nemohla oddálit, musela jsem spěchat na toaletu, abych se nepomočila
5	Urgentní únik moči	Pomočila jsem se před příchodem na toaletu

V současnosti jsou výstupní hodnoty udávány v arbitrárních jednotkách. Jejich hodnota je zobrazena na svislé ose y. Na vodorovné ose x je zobrazena doba mikce (s).

Možnost využití SUF testoval a publikoval Zvara a spol. v roce 2010 a Zvarová v roce 2011. [76] V roce 2011 byla v Canadian Journal of Urology publikována pilotní práce Zvarové, která pojednávala o využití sonouroflowmetrie v monitoringu LUTS.[77] Metoda byla popsána jako vhodná pro domácí využití. Spočívala ve využití bezdrátového nahrávacího systému, který přenáší akustické impulzy snímané mobilním telefonem do vzdáleného počítače. Data získaná přenosem jsou používána k monitoringu LUTS a průtoku moči. Studie byla designována tak, aby z výsledků bylo možné posoudit technické možnosti a limity SUF. Byla testována test – to – test variabilita mezi sonouroflowgramem a standardním uroflowgramem získaným z konvenční uroflowmetrie (UFM). Do pilotní studie bylo zapojeno 52 dobrovolných respondentů ve věkovém rozmezí 20 – 25 let. Z toho bylo 13 žen a 39 mužů. Každý dobrovolník byl seznámen s fungováním systému a byl požádán, aby provedl minimálně dvě sonouroflowmetrické měření. Všechny subjekty byly v kontaktu

s vyšetřujícím a byly požádány o reference potíží, které vyvstaly v souvislosti s použitím sonouflowmetrie a popřípadě sdělili návrhy na zlepšení. Sonouflowmetrické měření prováděli všichni v domácích podmínkách při zachování intimity v čase, kdy měli pocit normálního nucení na močení.

V následující porovnávací studii, které se zúčastnilo 32 zdravých asymptomatických dobrovolníků mužského pohlaví ve věkovém rozmezí 18 – 61 let, bylo provedeno srovnání mikce nahráním průtoku moči s využitím SUF a konvenční uroflowmetrie. Mikční parametry byly nejdříve snímány na urologickém oddělení ve zdravotnickém zařízení uroflowmetrem Dantec Urodyn 1000. Následně byly všechny požádány o provedení mikce v domácích podmínkách s použitím SUF. Získané křivky byly podrobeny test – to – test analýze.

Výsledky pilotní studie byly příznivé. V 23 % sonouflowgramy obsahovaly artefakty, které nebyly detekovány v následujících testech. Svědčí to o postupném učení subjektů správně používat SUF. 44 % sonouflowgramů získaných od mužských dobrovolníků mělo tvar zvonu, který je typický pro mikci zdravého člověka. Signifikantní variabilita výsledků byla zaznamenána mezi ženskými dobrovolníky. Respondenti nepopisovali žádné komplikace při procesu vkládání dat.

Ve srovnávací studii zaznamenali u SUF signifikantně nižší variační koeficient pro dobu mikce ($p < 0.001$) a signifikantně vyšší pro Q_{ave} ($p = 0.009$). Q_{max} a doba do maximálního průtoku nebyly signifikantně rozdílné pro obě metody.

Pro vyjádření rozdílů mezi získanými údaji z obou použitých vyšetřovacích metod pro jednotlivé subjekty byl využit krabicový graf. Test – to – test variabilita pro dobu mikce byla nižší u SUF proti UF v 62 %. 43,8 % subjektů mělo u SUF nižší variabilitu pro parametr Q_{max} v porovnání s UFM a 56 % pro dobu do maximálního průtoku.

Z výsledků pilotní a srovnávací studie lze vyvodit závěr, že metoda SUF je vhodná pro monitoring některých částí LUTS, kterými jsou zejména frekvence mikce, stupeň urgencye, urgentní inkontinence a nykturie. Dalšími symptomy dolních močových cest, které mohou být vyšetřeny pomocí SUF jsou přerušovaný proud moči, slabý proud moči, doba mikce a doba do maximálního průtoku.

K tomu, aby bylo možno klinicky akceptovat výsledky získané použitím akustických měřících metod je v současnosti navrženo použití prostředku pro korelaci nahraného zvuku s průtokovou křivkou. Parametry je potřeba vyjádřit v jednotkách mililitru za sekundu (ml/s). V současné době se vyvíjí algoritmus, který dokáže

z těchto dat extrahovat klinicky důležité parametry: maximální průtok Q_{max} , průměrný průtok Q_{ave} . Integrací těchto hodnot s celkovou dobou mikce by bylo možno změřit mikční objem.

1.11.1 Výhody a nevýhody sonouroflowmetrie

Odhaduje se, že jen 15 % všech pacientek trpících LUTS absolvuje adekvátní terapii. Léčba LUTS závisí na správném stanovení etiologie vzniku potíží, stanovení závažnosti symptomů a na míře, jakou obtěžují pacientky. [78] Významnou podmínkou úspěšnosti léčby je spolupráce pacientky – do jaké míry dokáže pacientka plnit požadavky v diagnostickém a léčebném procesu.

Ke správnému provedení uroflowmetrie je potřeba poskytnout pacientce pokud možno co nejvíce soukromí. Je však evidentní, že míra soukromí během uroflowmetrie prováděné ve zdravotnickém zařízení není ani zdaleka tak vysoká, jakou by byla, kdyby pacientka mohla vyšetření podstoupit v domácích podmínkách. V minulosti byly zveřejněny údaje o signifikantních výsledcích test – re - test variability standardní uroflowmetrie, které byly ovlivněny převážně nepřírozenými podmínkami, za kterých bylo prováděno testování. Tento fakt společně s tím, že pacientka musí přijít k vyšetření v určitou domluvenou dobu s pocitem „normálního“ nucení na močení (fyziologickou náplní močového měchýře) výrazně omezuje komfort pacientky při vyšetření konvenční uroflowmetrií a snižuje možnost a ochotu pacientky spolupracovat v případě, kdy je potřeba provádět další uroflowmetrická měření.

SUF v porovnání s konvenční uroflowmetrií poskytuje pacientce během vyšetření nesporně vyšší míru soukromí. Jde o neinvazivní, jednoduché vyšetření s nízkými ekonomickými náklady a možností provádění v domácích podmínkách bez potřeby návštěvy zdravotnického zařízení. Výsledky měření jsou automaticky odesílány do vyhodnocovacího zařízení.

Lékař má možnost hodnotit výsledky v kteroukoliv dobu a provést detailní analýzu frekvence mikce, počtu nykturií, urgencí, urgentních inkontinencí a diurézy během 24 hodin a porovnat denní a noční tvorbu moči. Dostane tak účinný prostředek potřebný k vyhodnocení úspěšnosti nebo neúspěšnosti léčby.

2 HYPOTÉZY

Ve své výzkumné práci jsem si stanovil za cíl zkoumat možnosti telemetrického přenosu akustického signálu, který vydává zvuk moči dopadající na hladinu vody v toaletě.

Cílem studie je najít odpovědi na dvě hypotetické otázky:

- 1. Můžeme využít telemetrii při měření průtoku moči a získat tím stejné hodnoty jako při použití uroflowmetrie?**
- 2. Jaké může být další využití telemetrie – sonouroflowmetrie v klinické praxi?**

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Soubor a metodika

3.1.1 Laboratorní část - set up 1

Preklinické a klinické testování

V preklinické části první fáze experimentu bylo naším úkolem vymyslet a sestavit měřící zařízení, které by bylo vhodné pro provedení SUF měření. Vzhledem k požadavku minimalizovat nároky na technické vybavení, jsme pro tuto část měření využili standardní toaletu a konvenční mobilní telefony. Při porovnání konstrukce toalet používaných v USA a České republice jsme zjistili významnou diskrepanci. Toalety v USA jsou většinou konstruovány jako mísy, které mají širokou bázi, ve které se nachází permanentně voda. Protože SUF snímá akustický signál, který vydává proud moči dopadající na hladinu vody v toaletě, je pokaždé potřeba směřovat proud moči na tuto hladinu. SUF není schopna adekvátně nasnímat a přenést slabší intenzitu zvuku, který vydává proud moči dopadající na stěny toaletní mísy. Platí závislost, že čím více moči dopadne na stěnu toalety, tím je výsledný sonouroflowgram méně přesný. V toaletách instalovaných v domácnostech v USA nebyl problém se směřováním proudu moči na hladinu toalety. Tento problém nastal v toaletách instalovaných v České republice. Tyto se vyznačují různorodou konstrukcí. Odvodné potrubí je umístěné v přední nebo zadní části toalety a poskytuje omezený prostor, ve kterém se nachází voda. Z tohoto důvodu byl u žen problém směřovat proud moči tak, aby kompletně dopadal na hladinu vody. Tento problém se nám podařilo vyřešit za pomoci „adaptéru na toaletu“ – „urine device“. Adaptér jsme získali z USA. Adaptér je možno bez problémů přemísťovat mezi jednotlivými toaletami a bez problémů čistit a dezinfikovat. Další jeho kladnou vlastností je možnost jednoduché instalace na jakoukoli toaletu používanou v České republice.

Obrázek č. 11
Adaptér - „urine device“ a jeho instalace do toalety



V klinické části první fáze experimentu bylo naším úkolem vizuálně porovnat jednotlivé tvary uroflowmetrických a sonouroflowmetrických křivek a zjistit jejich eventuální shodu.

Pro realizaci této části pokusu jsme oslovili 35 zdravých dobrovolnic. Vylučujícími kritérii pro zařazení do pozorování byla přítomnost jakýchkoli symptomů DMC, uroinfekce, kameny močového měchýře, anamnéza předchozího nádorového onemocnění v pánvi, předchozí ozařování pánve, kterékoli konkomitantní onemocnění s možným vlivem na močové cesty, jakákoliv konkomitantní medikace s možným vlivem na močové cesty.

Všechny ženy zařazené do studie byly předem podrobně poučeny o způsobu provedení studie. Všechny ženy vyjádřily souhlas s účastí ve studii. Studijní protokol byl schválen příslušnou etickou komisí. Všechny ženy byly požádány, aby třikrát podstoupily standardní uroflowmetrii. Močit měly začít v okamžiku, kdy pociťovaly „normální“ nucení na močení.

Uroflowmetrie byla prováděna vsedě, na přístroji Medetron UMS Dynamic. Byly dodrženy podmínky správné urodynamické praxe.[58] Z vyšetření jsme získali 105 uroflowgramů. Tato data jsme podrobili rozboru a publikovali v České gynekologii v roce 2014. [79] Výsledky UFM jsou závislé na stavu dolních močových cest. Proud moči je ovlivňován řadou faktorů. Pro potřeby standardizovaného hodnocení maximálního a středního průtoku moči byl proto zkonstruován parametr tzv. korigovaného maximálního průtoku (cQ_{max}) a tzv. korigovaného středního

průtoku (cQ_{ave}). Použití těchto parametrů při hodnocení uroflowmetrie u žen popsal Barapatre. [80]

Následně byly všechny dobrovolnice osloveny, aby pokud možno 24 hodin prováděly a měřily každou mikci za pomoci sonouroflowmetrie. Močení bylo prováděno v intimním prostředí domova. Ženy využívaly k přenosu akustického signálu svého vlastního mobilního telefonu. Při měření využívaly všechny dobrovolnice „urine device“. Všechna měření probíhala se spontánní náplní močového měchýře při pocitu normálního nucení k mikci. Žena si na toaletu vzala svůj standardní mobilní telefon. Před mikci nainstalovala na toaletu pod toaletní prkýnko adaptér, který naplnila pokaždé standardním objemem 200 ml vody. Tento objem zajistil dostatečnou hladinu vody v adaptéru. Následně se ubezpečila, že byly eliminovány všechny další nežádoucí akustické ruchy, např. hlasitý hovor, hudba, tekoucí voda atd. Zavolala na určené telefonní číslo a aktivovala na svém mobilním telefonu mikrofon zmáčknutím klávesy „Volat“. Po aktivaci bylo v telefonu slyšet hlas automatu. Zpráva oznamovala, že je možno začít mikci („Sonouroflow.com. Start recording now“). Po tomto oznámení provedla každá žena mikci. Všechny ženy byly poučeny, že je nevyhnutelné, aby vzhledem k co nejpřesnější možnosti porovnání výsledků z měření držely telefon u těla ve výši pánve. Další nevyhnutelnou podmínkou pro dobrý výsledek měření bylo, aby věnovaly co největší pozornost tomu, aby moč dopadala na hladinu vody v toaletě. Po ukončení mikce stlačila žena na mobilním telefonu číselnou klávesu 1 – 5 k zaznamenání naléhavosti močení, jak je uvedeno v tabulce č. 5. Po zadání naléhavosti močení hlasový automat oznámil hlášení „File O. K. Key one (two, free, four, five) pressed“. Nahrávání bylo tímto ukončeno. Po každé mikci byl změřen objem moči vymočené do adaptéru. Od tohoto objemu byla odečtena hodnota 200 ml (standardní náplň) a výsledná hodnota značila mikční objem. Tento údaj byl přiřazen k číslu sonouroflowgramu. Z SUF měření jsme získali 256 sonouroflowgramů.

3.1.2 Laboratorní část - set up 2

Preklinické a klinické testování

V preklinické části druhé fáze experimentu bylo našim úkolem vymyslet a sestavit měřící zařízení, na kterém bychom mohli simultánně provádět jak konvenční uroflowmetrické, tak sonouroflowmetrické měření. Na základě výsledků získaných z klinické části první fáze testování, kdy bylo prováděno sonouroflowmetrické měření pomocí různých typů mobilních telefonů jsme vybrali jeden typ telefonu, který jsme instalovali do sestavy měřícího zařízení. Pro účely měření jsme vybrali mobilní telefon firmy Samsung, Jižní Korea s obchodním označením Samsung GT – B2710, který splňoval námi stanovené hardwarové požadavky. Dále jsme zjišťovali vhodnou vzdálenost mikrofону mobilního telefonu od zdroje snímaného zvuku. Také jsme provedli testy, kterými jsme zjistili potřebnou hloubku vody ve sběrné nádobě. Měřením jsme dále stanovili dostatečnou výšku proudu tekutiny. Zabývali jsme se zjišťováním správného směru dopadu proudu tekutiny na vodní hladinu a stejně tak jsme zjišťovali vhodnou velikost místnosti, ve které se testování bude provádět. Na podkladě jednotlivých výsledků jsme sestavili měřící uroflowmetricko – sonouroflowmetrickou sestavu. Tato pozůstávala z konvenční uroflowmetrické židle, pod kterou jsme umístili přenosný uroflowmetr od firmy MMS z Nizozemí s obchodním názvem Flowmaster. Uroflowmetr pracuje na bázi měření hmotnosti přibývajících tekutiny v čase. Uroflowmetr je přenosný, lehký, napájený bateriemi a komunikace s vyhodnocujícím počítačem je zabezpečena prostřednictvím bezdrátové technologie Bluetooth. Na uroflowmetr jsme umístili sběrnou nádobu dostatečného objemu s rovným dnem. Otvor nádoby měl rovněž dostatečnou plochu. Na přední část sedáku židle jsme instalovali mikrofon, který byl kabelem spojený s mobilním telefonem. Tímto jsme zabezpečili konstantní vzdálenost mikrofónu od hladiny vody ve sběrné nádobě. Byla použita vzdálenost 50 cm.

K provedení klinické části druhé fáze experimentu, která zjišťovala korelaci jednotlivých sledovaných parametrů uroflowmetrie a sonouroflowmetrie jsme oslovili zdravé dobrovolnice. Tato část experimentu byla řádně schválena Etickou komisí FN Ostrava a splňovala ustanovení Helsinské deklarace podle poslední revize z roku 2000 v Edinburghu. Každá žena, která spolupracovala na studii, byla poučena

o způsobu měření a podepsala informovaný souhlas s měřením. K měření jsme použili zařízení, které bylo nastaveno podle popisu v předchozí kapitole. Měření bylo prováděno v době, kdy měla žena pocit normálního nucení na močení. Před každým měřením respondentka naplnila sběrnou nádobu uroflowmetru 3000 ml vody. Tento objem zajistil dostatečnou hladinu vody v měřicí nádobě a imitoval tak hladinu vody v toaletní míse. Nádobu potom umístila středem na uroflowmetr a provedla nulování uroflowmetru. Následně dosedla na toaletu a vytočila určené číslo na mobilním telefonu. Byla telefonicky spojena s automatem zaznamenávajícím SUF a současně spustila UFM měření. Poté provedla mikci vsedě. Každé měření bylo prováděno v čase, kdy pociťovala normální nucení na močení. Po skončení močení ukončila SUF stlačením číselné klávesy 3 označující normální nucení na močení. Následně deaktivovala UFM měření. Nastavení měřicího systému zobrazuje obrázek č. 12.

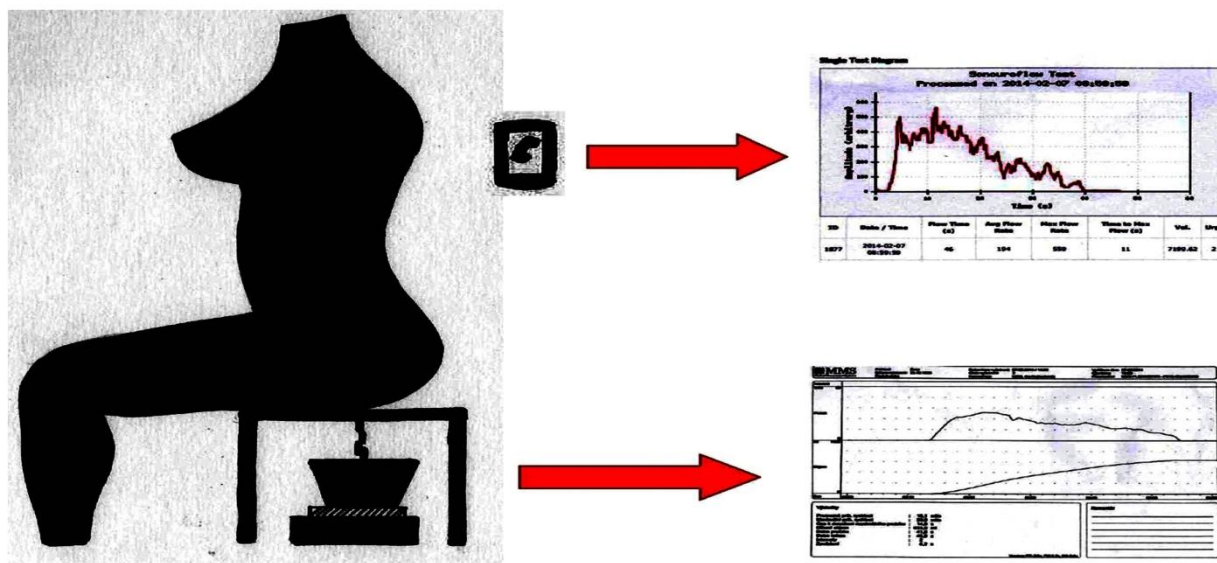
Obrázek č. 12
Nastavení měřicího systému



Do studie se zapojilo 36 dobrovolnic, od kterých jsme analyzovali celkem 218 měření. Z celkového počtu měření jsem vyřadil 35 z důvodů různých technických problémů během měření nebo vymočeného objemu pod 150 ml.

Tímto způsobem měření a nastavením měřicího zařízení jsme paralelně ve stejné době prováděli SUF a UFM měření a z každého jednoho močení jsme tak získali dvě křivky, které znázorňuje obrázek č. 13

Obrázek č. 13
Schéma synchronní UFM a SUF



Zaznamenané údaje ze SUF byly vyhodnocujícím zařízením transformovány na křivku, která vyjadřovala intenzitu zvuku v čase. Drobné artefakty, způsobené přenosem zvuku o vysoké intenzitě, které se vyskytovaly pokaždé na začátku měření, byly vymazány. Následně jsme porovnávali získaná data s ohledem na sledované parametry, kterými byly doba mikce, mikční objem a maximální průtok moči. Sledované parametry byly automaticky vyhodnocovány z konvenčního UFM zařízení. U SUF křivky odpovídala doba mikce délce zvukového signálu, mikční objem byl počítán jako plocha vypočtena pod SUF křivkou a maximální průtok moči byl stanoven jako nejvyšší vrchol SUF křivky.

Protože jsme znali mikční objemy jednotlivých SUF měření a dobu mikce, bylo úkolem matematiků a softwarových odborníků korelovat mikční objem s plochou grafu, která se nacházela pod SUF křivkou. Na základě množství získaných dat byl vyvinut software, který výpočtem plochy pod SUF křivkou zjišťoval mikční objem. Dalším úkolem pro matematiky bylo proměnit arbitrární jednotky, ve kterých byl na ose y SUF grafu vyjadřován mikční objem na jednotky objemu (ml). Pokud jsme znali dobu mikce a následně i průtok moči, potom bychom byli schopni vypočítat i Q_{ave} a z vrcholu křivky stanovit Q_{max} . Naším úkolem bylo zjistit korelaci mezi jednotlivými parametry UFM a SUF.

3.1.3 Statistická analýza výsledků

Pro statistické zpracování údajů získaných SUF měřeními jsme použili lineární model. Lineární regresní funkce představuje jednu z nejčastěji používaných funkcí, kterou používáme pro popis a hodnocení korelačních vztahů mezi dvěma náhodnými veličinami v oblasti biostatistiky. Postup hodnocení lineární korelační závislosti obvykle sestává z několika následujících kroků:

Konstrukce tzv. empirické křivky, která popisuje sledovaný korelační vztah na úrovni výběrového souboru, na kterém bylo provedeno měření obou veličin. Tato křivka slouží jako odhad skutečné závislosti (lineární regresní funkce), která je předpokládána pro celý základní soubor. Data pro sestavení empirické křivky získáme tak, že pro stejnou hodnotu nezávislé proměnné x_i zjistíme měřeními několik náhodných hodnot závislé proměnné y_i . Pak vypočteme aritmetické průměry z hodnot y_i odpovídajících téže hodnotě x_i a tyto průměry propojíme křivkou, kterou nazýváme empirická.

Sestrojení teoretické přímky, tj. přímky, proložené bodovým diagramem tak, že se co nejvíce blíží všem bodům – představuje tedy nejbližší regresní funkci. Tato lineární regresní funkce je pak používána pro popis skutečné závislosti sledovaných veličin na úrovni celého základního souboru.

Pro určení nejvhodnější lineární regresní funkce je nutno vypočítat odhady regresních koeficientů k a q dané rovnice pro teoretickou přímku:

$$y = kx + q$$

Koeficienty k a q určují svojí hodnotou vlastnosti dané přímky (sklon a posun):

k (směrnice přímky, sklon) = $\text{tg } \alpha$ (úhel, který svírá přímka s osou x)

q (posun přímky) – určuje průsečík přímky s osou y

Regresní koeficienty k a q vypočtené z dat výběrového souboru jsou pouze odhadem přesných koeficientů teoretické regresní funkce, která jednoznačně popisuje skutečnou závislost sledovaných veličin na úrovni celé populace.

V případě kladné hodnoty koeficientu q protíná přímka osu y nad počátkem souřadnicových os, v případě záporné hodnoty koeficientu q protíná přímka osu y pod počátkem souřadnicových os.

Pro porovnání shody jednotlivých sledovaných parametrů mezi UFM a SUF jsme použili statistický výpočet používající Pearsonův korelační koeficient. Pearsonův korelační koeficient měří sílu lineární závislosti mezi dvěma veličinami. Pomůže nám například vyčíslit, jak silná je vazba mezi výsledky ve dvou různých testech. Korelační koeficient nabývá pouze hodnot z intervalu od -1 do 1. Svých extrémních hodnot (tedy 1 a -1) nabývá pouze, pokud všechny body (x_i, y_i) leží na jedné přímce. Korelační koeficient je roven 1, pokud je mezi veličinami vztah přímé úměry (tedy čím větší je hodnota jedné veličiny, tím větší je hodnota i druhé veličiny). Pokud je mezi veličinami vztah nepřímé úměry, je korelační koeficient roven -1. Jsou-li veličiny nezávislé, je korelace mezi nimi nulová. [81, 82]

Hodnota $PCC > 0.7$ se považuje za hodnotu indikující silnou závislost mezi dvěma veličinami. Hodnoty PCC v rozmezí $0.5 - 0.7$ indikují mírnou korelaci a hodnoty $PCC < 0.5$ indikují slabou závislost dvou sledovaných veličin.

V tabulce č. 6, která zobrazuje data ze statistického srovnání UFM a SUF uvádím data o středních hodnotách získaných parametrů a směrodatných odchylkách u všech UFM měřeních v závislosti na jednotlivých sledovaných parametrech.

Směrodatná odchylka je nejčastěji používanou mírou variability souboru. Její velkou výhodou ve srovnání s rozptylem je to, že má stejný fyzikální rozměr jako střední hodnota. Jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru. Vypovídá o tom, jak moc se od sebe navzájem liší typické případy v souboru zkoumaných čísel. Je-li malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné, a naopak velká směrodatná odchylka signalizuje velké vzájemné odlišnosti.

Stejně tak tabulka zobrazuje data o PCC , směrodatné chybě a konfidenční interval spolehlivosti.

Směrodatná chyba patří mezi často používané relativní míry variability. Je vyjádřením nepřesnosti měření odhadu. K jejímu odhadu můžeme použít směrodatnou odchylku. Směrodatná chyba je teoreticky definována jako směrodatná odchylka všech možných výběrových průměrů z jedné populace, vypočítaných pro výběry o rozsahu n členů. Vyjadřuje tedy kolísání výběrových průměrů kolem teoretické (skutečné) střední hodnoty m v celém základním souboru. Ukazuje, jak přesné (nepřesné) jsou naše výsledky. Je potřebná pro výpočet intervalu

spolehlivosti, k testování, zda se dva parametry liší, k testu, zda se výběrová charakteristika statisticky významně liší od nuly v základním souboru.

Konfidenční interval spolehlivosti je interval, ve kterém s určitou pravděpodobností (v našem případě 95 %) leží skutečná hodnota veličiny. Intervalový odhad získáme z bodového odhadu a zadáním pravděpodobnosti (koeficientu spolehlivosti) s jakou parametr leží v tomto intervalu. Většinou počítáme 95 %, nebo 99 % intervaly spolehlivosti. Čím větší je koeficient spolehlivosti, tím větší je i délka intervalu. Poměrně často je známý jen jeden výběr z populace a jeho aritmetický průměr. Nás zajímá, jak dobrý je to odhad střední hodnoty. Jinými slovy nás zajímá, v jakém pásmu kolem zjištěného aritmetického průměru se s předem stanovenou pravděpodobností (95 %) nachází skutečná střední hodnota.

4 VÝSLEDKY

4.1 Laboratorní část – set up 1

Preklinické a klinické testování

V preklinické části první fáze experimentu jsme standardizovali nastavení měřicího zařízení s využitím měřicího adaptéru. Všechna měření byla prováděna tak, že mobilní telefon byl umístěn vedle toalety v úrovni pasu sedící ženy. Obvykle ženy mobilní telefon držely v ruce. Preklinickým testováním jsme nezjistili žádný podstatný rozdíl mezi výsledky, které jsme získali na základě mikce do adaptérů v závislosti na úhlu dopadu moči na hladinu vody.

Klinická část první fáze experimentu měla za cíl vizuálně srovnat grafické zobrazení mikce měřené standardní UFM a SUF jsme zařadili výsledky získané od 35 dobrovolnic. Věk žen byl v rozmezí 24 – 61 let. Průměrný věk byl 37 let. BMI se pohybovalo mezi 17,84 – 34,72 kg/m². Průměrný BMI byl 23,35 kg/m². Parita u žen byla v rozmezí 0 – 4 s průměrnou hodnotou 1,11. Premenopauzálních bylo 32 žen (91,4 %).

Z vyšetření jsme získali 105 uroflowgramů. Z SUF měření, které provedla každá žena v průběhu 24 hodin, jsme získali 256 sonouroflowgramů.

Primárním výstupem měření byla vizuální analýza křivek u jednotlivých žen. Každé měření prošlo vizuální kontrolou a filtrací iniciálních vysokofrekvenčních arteficiálních hrotů. Zjistili jsme dobrou korelaci mezi tvarem UFM a SUF křivek u každé ženy. Tvar křivek byl mezi jednotlivými respondentkami odlišný. Faktorem, který tvar křivek ovlivňoval, byla náplň močového měchýře v době mikce. Variabilitu výsledků jednotlivých uroflowmetrických měření vyjadřuje tabulka č. 4.

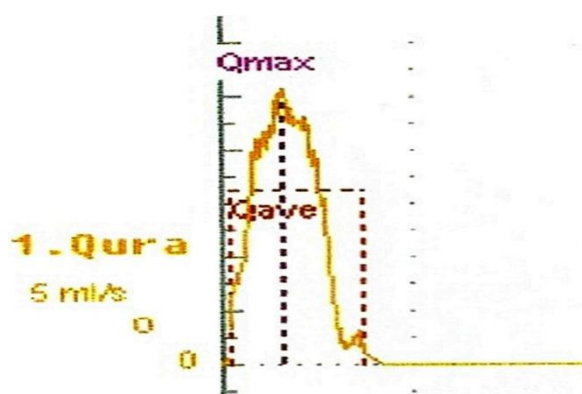
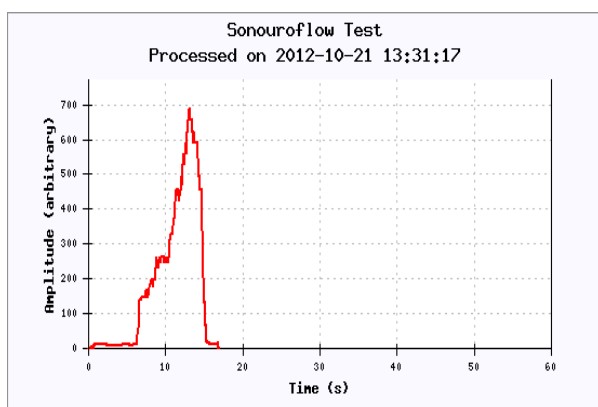
Tabulka č. 4
Hodnoty sledovaných parametrů v souboru [79]

UFM₁₋₃: Uroflowmetrické měření 1 – 3

Q_{max}: maximální průtok, **Q_{ave}**: střední průtok, **VV**: mikční objem, **cQ_{max}**: korigovaný maximální průtok, **cQ_{ave}**: korigovaný střední průtok

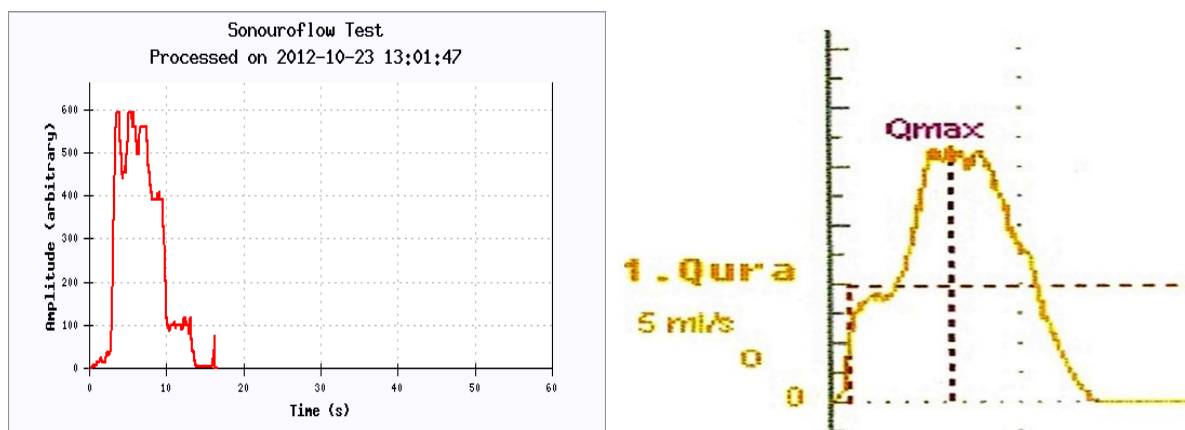
Měření	Parametr	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Minimální hodnota	Maximální hodnota
UFM ₁	Q _{max}	34.93	12.68	8.00	58.50
	Q _{ave}	18.92	7.78	5.40	43.60
	VV	410.17	180.82	111.00	945.00
	cQ _{max}	1.76	0.55	0.70	3.09
	cQ _{ave}	0.95	0.30	0.50	1.73
UFM ₂	Q _{max}	33.44	10.78	15.10	57.80
	Q _{ave}	18.08	8.37	7.90	45.90
	VV	408.29	184.40	137.00	797.00
	cQ _{max}	1.71	0.45	0.96	2.69
	cQ _{ave}	0.91	0.33	0.54	1.76
UFM ₃	Q _{max}	31.12	12.26	8.60	61.50
	Q _{ave}	17.28	7.44	5.10	38.50
	VV	393.43	216.77	50.00	938.00
	cQ _{max}	1.64	0.46	0.83	2.72
	cQ _{ave}	0.92	0.28	0.43	1.72

Obrázek č. 14
Vizuální srovnání sonouflowgramu (vlevo) a uroflowgramu (vpravo)



Obrázek č. 15

Vizuální srovnání sonouflowgramu (vlevo) a uroflowgramu (vpravo)



4.2 Laboratorní část – set up 2

Preklinické a klinické testování

Na základě výsledků sonouflowmetrie z první fáze experimentu, kdy jsme hodnotili vhodnost několika typů použitých mobilních telefonů, jsme dospěli k těmto závěrům. V současné době jsou na trhu a pacientkami používány 2 základní typy mobilních telefonů. Jedním jsou standardní „tlačítkové“ mobilní telefony a druhým typem jsou „smartphony“. Tyto telefony se vyznačují modernějším a sofistikovanějším softwarem. Využívají pro svůj provoz různé aplikace, které kromě jiného dokážou významně filtrovat rušivé zvuky z okolí a přenášet „vyčištěný“ hlas volajícího. Po zhodnocení dat získaných z jednotlivých SUF měření jsme zjistili, že tento jev je zcela nevhodný pro přenos akustického signálu SUF. Po odfiltrování slabších akustických signálů mobilním telefonem jsme získali několik křivek, které byly nedostačující a zkreslené. Dá se proto zjednodušeně konstatovat, že čím lepší a sofistikovanější mobilní telefon s lepším softwarem pro filtraci okolních ruchů a šumů, tím horší pro získávání SUF křivek. Během výše uvedených testů respondentky otestovaly několik typů mobilních telefonů. Naším preklinickým testováním jsme zjistili signifikantní rozdíly v kvalitě přenášeného zvuku mezi jednotlivými mobilními telefony. Různé výsledky byly pozorovány mezi konvenčními mobilními telefony a smartphony. Jako ne zcela vhodné z použitých mobilních telefonů pro SUF se nám po vyhodnocení dat jevíly mobilní telefony Apple iPhone

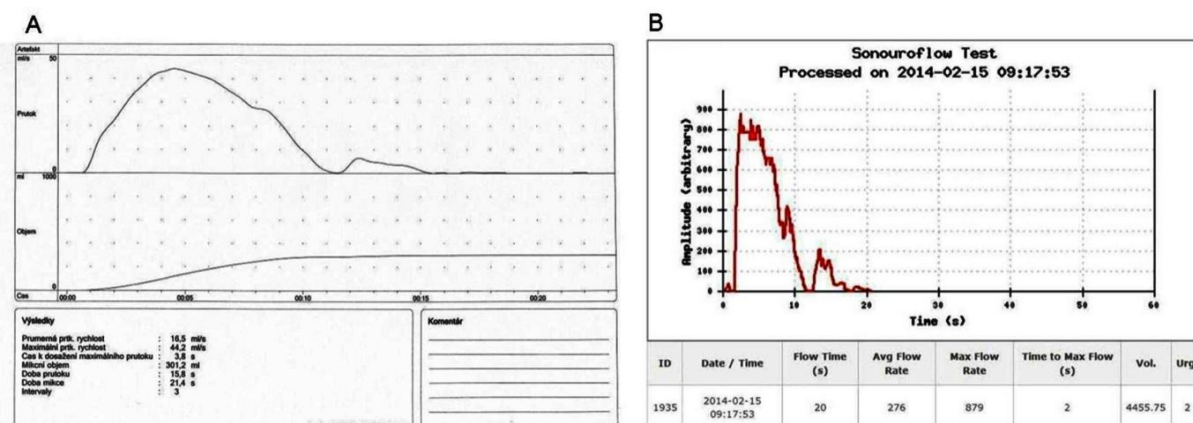
řady 4c a 4s, 5c a 5s, modely firmy Nokia, řady Lumia 530, N8 a X, LG F60 D390N a Samsung Galaxy S4. Lepších výsledků dosahovaly ženy, které při měření používaly „jednodušší“ modely např. Nokia 515 a 301, Sony Ericsson Z710i. Pro účely testování jsme nakonec vybrali mobilní telefon firmy Samsung, Jižní Korea s obchodním označením Samsung GT – B2710. Křivky a parametry nasnímané tímto typem mobilního telefonu vykazovaly nejvyšší konzistenci a nejlepší korelaci s výsledky UFM.

Dalším zjištěním bylo stanovení kompatibility výsledků měření v závislosti na umístění mikrofonu od zdroje zvuku. Zjistili jsme, že výsledky jsou kompatibilní, pokud je mikrofon mobilního telefonu Samsung GT – B2710 umístěn do 90 cm od zdroje zvuku. Pro naše další měření jsme použili konstantní vzdálenost 50 cm.

Klinická část druhé fáze experimentu probíhala jako simultánní uroflowmetrické a sonouroflowmetrické měření. Získali jsme měření od 36 dobrovolnic. Každá žena provedla 1 – 15 měření. Celkově jsme získali 218 výsledků. Z toho jsme pro chyby v měření nebo nedostatečný mikční objem pod 150 ml vyřadili 35 měření. Do studie jsme tedy celkem zařadili a vyhodnotili 183 měření.

Obrázek č. 16 znázorňuje vedle sebe situovanou SUF a UFM křivku z jednoho měření. Vlevo na obrázku vidíme standardní UFM křivku. Vpravo se zobrazuje její SUF korelát vytvořený snímáním a přenosem zvuku, který vytvořila dopadající moč na hladinu vody v měřicím zařízení.

Obrázek č. 16
Synchronně získaný sonouroflowgram (vpravo) a uroflowgram (vlevo)



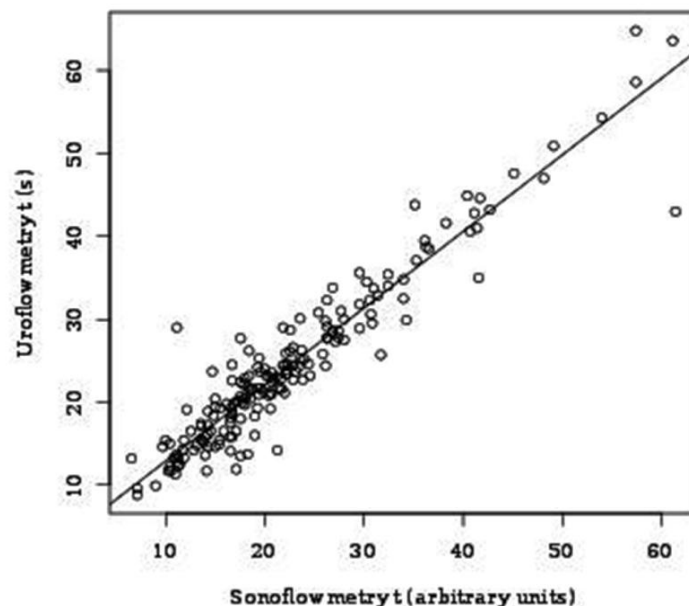
Dalším bodem hodnocení korelace mezi SUF a UFM bylo vyhodnocení doby mikce. Byly vyhodnoceny údaje standardního UFM měření, které počítačově stanovuje dobu mikce a měření SUF křivky, kdy bylo hodnoceno trvání jednotlivých zvukových signálů. Po vyhodnocení údajů pomocí PCC jsme zjistili silnou korelaci

jednotlivých měření při srovnání doby mikce zaznamenané konvenční uroflowmetrií a doby přenosu zvuku za pomoci sonouroflowmetrie. PCC pro tento sledovaný parametr bylo 0,95.

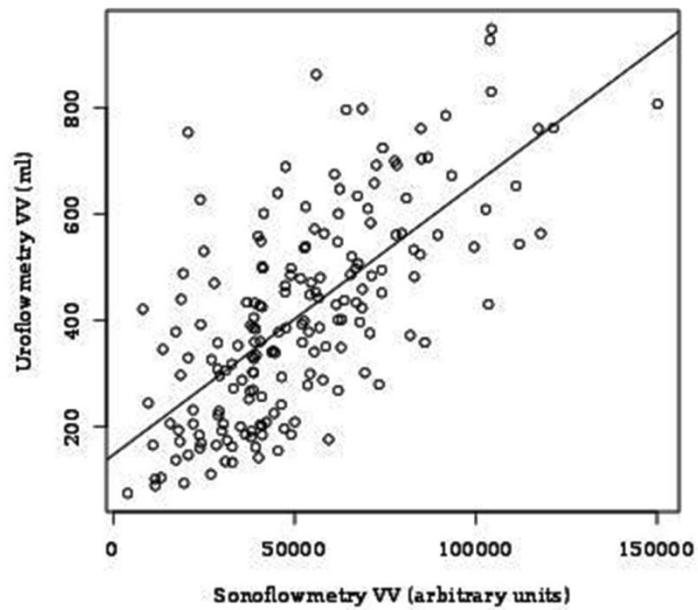
Následně jsme zpracovali a vyhodnotili údaje týkající se mikčního objemu. Tato korelace byla hodnocena mezi automaticky stanoveným mikčním objemem z UFM měření a počítačem vypočteným obsahem plochy pod SUF křivkou. PCC = 0,68, což značí střední sílu korelace.

Třetím hodnoceným parametrem byl maximální průtok moči. Z konvenčního UFM měření jsme získali údaje o Q_{max} a tyto potom korelovali s odpovídajícími údaji vypočtenými z SUF křivky, kdy se hodnotila maximální intenzita zvuku na vrcholu SUF křivky. Výsledky tohoto měření vykazovaly nejhorší korelaci ze všech posuzovaných parametrů. PCC byl 0,38 a odpovídal nízkému stupni korelace. Vztahy mezi jednotlivými měřeními byly graficky vyjádřeny za pomoci bodových grafů. Výsledky znázorňují obrázky č. 17 – 19.

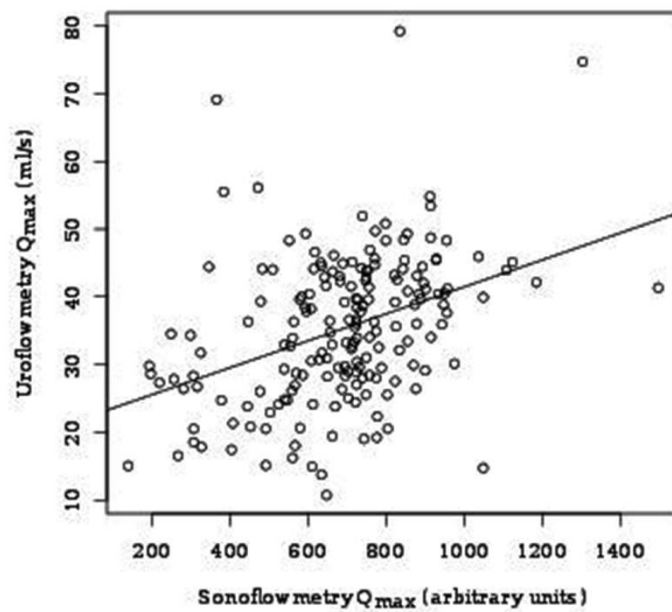
Obrázek č. 17, 18, 19
Variabilita doby mikce



Variabilita mikčního objemu



Variabilita Q_{\max}



Tabulka č. 5

Naměřené UFM parametry a srovnání mezi daty z UFM a daty vypočtenými na základě výsledků SUF měření.

Parametr	n	UF		PCC	UF vs. SUF	
		Mean	StDev		Error.StDev	Error.Conflnt95
<i>Flow Time</i>	183	24,36	10,11	0,95	3,21	± 6,338
<i>Voided Volume</i>	183	408,81	191,81	0,68	140,20	± 276,62
<i>Q_{max}</i>	183	35,25	10,93	0,38	10,10	± 19,929

Směrodatná chyba a konfidenční interval spolehlivosti odrážejí rozdíly mezi oběma měřícími metodami.

5 ODPOVĚDI NA HYPOTÉZY

1. Můžeme využít telemetrii při měření průtoku moči a získat tím stejné hodnoty jako při použití uroflowmetrie?

Na základě získaných výsledků jak z uroflowmetrického měření, tak z měření pomocí sonouroflowmetrie si dovoluujeme tvrdit, že výsledky obou měřících metod jsou z části srovnatelné. Vizuálním porovnáním UFM a SUF výsledků u jedné ženy jsme zjistili dobrou korelaci obou typů křivek. Výsledky jsou ale odlišné u jednotlivých žen a prokazují podstatnou interindividuální variabilitu. Jsou rovněž závislé na objemu vymočené moči. Po sestavení standardního měřícího modelu jsme došli k závěru, že oba typy měření lze synchronizovat v jedno měření a získat tak částečně srovnatelná data. Je ale zapotřebí dodržet některé standardy, jakými jsou vzdálenost mikrofonu mobilního telefonu od zdroje snímaného zvuku nebo velikost náplně (standardní hloubka a plocha vody) v měřící nádobě. Dalším důležitým kritériem, které je potřeba dodržet, je použití vhodného mobilního telefonu. Jako nepodstatný se jeví parametr směru dopadu proudu moči na vodní hladinu. Výsledky se také mění v závislosti na velikosti místnosti, ve které měření provádíme.

Z našeho pozorování vyplývá, že při použití UFM a SUF lze prokázat dobrou korelaci mezi parametry doby mikce a mikčního objemu. Parametr maximálního průtoku moči prokazoval nízký stupeň korelace.

2. Jaké může být další využití telemetrie – sonouroflowmetrie v klinické praxi?

Telemetrické měření průtoku moči je nadějnou metodou, která ale v současných podmínkách zcela jistě nemá potenciál úplně nahradit konvenční uroflowmetrii. Podstatný uroflowmetrický parametr, který nesplňuje kritéria pro srovnání je Q_{max} . Sonouroflowmetrii musíme chápat jako skrínigovou metodu, která by měla sloužit k identifikaci cílové skupiny pacientek, které trpí některými z obtěžujících symptomů LUTS. Dovolujeme si tvrdit, že tady tkví potenciál telemetrického měření průtoku moči. Prevalence LUTS ve světové ženské populaci je vysoká. [26] Z celkového procenta žen, které trpí LUTS je identifikováno jen malé množství pacientek, kterým je následně nabídnuta pomoc. Podstatná část žen

s LUTS se rekrutuje z pacientek, které podstoupily operační léčbu patologie vnitřního genitálu, dále jsou to ženy po radioterapii v oblasti malé pánve a po chemoterapii, ženy s recidivujícími uroinfekcemi a dalšími příčinami, které vedou k rozvoji LUTS. Pro určitou část z nich by mohlo být problematické dojíždění do zařízení, kde by proběhlo konvenční uroflowmetrické měření. Vzhledem k tomu, že se jedná o intimní vyšetření, hraje faktor intimity důležitou roli v procesu získávání výsledků. Sonouroflowmetrie je zcela jistě metoda, která se dá využít k měření v domácích podmínkách, při zachování maximální intimity. Výsledky jsou odeslány dálkově a vyhodnocující lékař má možnost zvolit pro sebe optimální dobu k jejich zhodnocení. Sonouroflowmetrie jako skrínigová měřicí metoda může v budoucnu pomoci ve snaze identifikovat pacientky s LUTS. Pacientkám může být na základě výsledků sonouroflowmetrie nabídnutá další, podrobnější diagnostika LUTS.

6 DISKUZE

Poruchy funkce dolních močových cest se jeví jako častý problém, který postihuje vysoké procento populace a to jak dospělé, tak i dětské. Prevalence symptomů dolních močových cest v ženské populaci je 66,6 %. [26] Jedná se o rozsáhlou a různorodou skupinu problémů, které postihují obě pohlaví. Symptomy dolních močových cest jsou potíže, které popisuje pacientka tak, jak je vnímá. Projevy symptomů jsou pozorovány lékařem – vyšetřujícím. Příčiny vzniku LUTS jsou různorodé. [12] Symptomy dolních močových cest jsou málokdy izolované. Ve většině případů se prolínají a významným způsobem zhoršují kvalitu života žen. [13] Nejčastějšími symptomy dolních močových cest jsou urgencye, urgentní inkontinence, polakisurie a nykturie. Náklady na jejich léčbu jsou vysoké a lze je porovnat s náklady na léčbu jiných chronických a populačních nemocí. [14, 15] Problémem je diagnostika symptomů dolních močových cest. V případě její omezené dostupnosti, se symptomy mohou rozvinout ve významnější komplikace, které zvyšují morbiditu a náklady na terapii.

Diagnostiku LUTS můžeme rozdělit na základní, neinvazivní diagnostické metody a pokročilejší, invazivní diagnostiku. I vzhledem k faktu, že prevalence LUTS u žen je vysoká, je nemyslitelné, aby každá žena v rámci diagnostického procesu podstupovala invazivní vyšetřovací metody. Tyto by měly být rezervovány pro pacientky, u kterých selhala základní diagnostika. Asi nejideálnějším pomocným vyšetřením v rámci základní diagnostiky LUTS se jeví mikční deník. Jednoduchý, neinvazivním a pro pacientku neobtěžujícím způsobem nám pomůže kvantifikovat projevy dolních močových cest. Stačí k tomu papír, tužka, odměrná nádoba a dobrá spolupráce pacientky. Pomocí mikční karty můžeme jednoduše a rychle získat přehled o častosti močení, urgencích, náplni, maximální kapacitě močového měchýře, o příjmu tekutin, nočním močení atd. Na druhé straně, po zpracování mikčního deníku víme, jestli pacientka močí často, jestli trpí urgencí nebo nykturií, známe kapacitu močového měchýře i mikční porce, celkový výdej tekutin, ale nevíme, zda pacientka netrpí dysfunkcí dolních močových cest. Nejsme ale obeznámeni s tím, jak pacientka močí. Nevíme nic o tom, jaký má proud moči, jestli močí přerušovaně nebo slabým proudem. Nemůžeme se vyjádřit k jejímu postmikčnímu reziduu. Součástí neinvazivní diagnostiky by měla být proto uroflowmetrie. Tato metoda společně se stanovením postmikčního rezidua

představuje skriningové vyšetření evakuační funkce močového měchýře. [39] Výhody a jednoduchost provedení uroflowmetrie ji řadí mezi vyšetřovací metody využívané v diagnostice LUTS ještě před metodami invazivní urodynamiky. Nevýhodou uroflowmetrie je její provádění v některém z typů zdravotnických zařízení. Pacientka musí k vyšetření cestovat, musí si cestu a příchod do zdravotnického zařízení načasovat na dobu, na kterou je k vyšetření domluvena. Během jednoho ambulantního pobytu ve zdravotnickém zařízení ve většině případů z časových důvodů dokážeme provést pouze jediné měření. Pacientka by měla močit při pocitu normálního nucení na močení. Dosažení tohoto pocitu je časově náročné. Uroflowmetrie je pacientkami hodnocena jako velice intimní vyšetření. Správné umístění uroflowmetru by mělo pacientce poskytovat dostatek soukromí. Ne vždy je to ale možné. Vyšetření může být proto zkreslené psychickým stresem a zábrany pacientky močit v „cizím“ prostředí. Z těchto důvodů zůstává otázkou ochota pacientky spolupracovat při neinvazivní diagnostice LUTS.

Jako další možnost ulehčení měření a odstranění stresu z měření se pro pacientku mohou jevit alternativní měřicí metody. Můžeme připomenout metodu „Do – It - Yourself“ nebo měření za pomoci mobilních uroflowmetrů se svými výhodami i nevýhodami. [69-72]

Na začátku mého doktorského studia byl poznatek, že existuje měřicí metoda, která využívá telemetrie k přenosu dat na dálku. Jednalo se o sonouroflowmetrii. [76, 77] Tato měřicí metoda jednoduchým způsobem zachytává akustické signály, které produkuje v našem případě moč dopadající na hladinu vody v toaletě a signály přenáší mobilním telefonem na dálku k dalšímu zpracování. Nesmírnou výhodou této metody je její nenáročnost a možnost přenosu jakéhokoliv močení realizovaného v jakémkoli čase a z jakéhokoliv místa planety. Jedinou podmínkou měření je, že místo musí být pokryto telefonním signálem. Tato úžasná variabilita nám dává téměř neomezené možnosti k záchytu jakékoliv mikce v průběhu života ženy a to bez jejího omezování. Na základě sonouroflowmetrie si můžeme udělat obrázek o kvalitě mikce a odhalit možné symptomy dolních močových cest. K tomu, abychom byli schopni potvrdit tato fakta, potřebovali jsme provést celkové pozorování s použitím SUF. Stanovili jsme si 2 hypotézy. První z nich měla prokázat, jestli jsme schopni v současné době naměřit s použitím sonouroflowmetrie stejné hodnoty a získat tak stejné výsledky, jako s použitím konvenční uroflowmetrie. Druhá z hypotéz nám měla

ozřejmit celkové použití sonouroflowmetrie v klinické praxi, jak její využití, tak její limity.

Výsledky našeho pozorování nám daly odpověď na obě hypotézy. Na základě provedené studie jsme získali data, ze kterých jsme odvodili následující závěry. [79]

- SUF má zatím jednoznačné limity. Výsledky se liší při používání různých typů mobilních telefonů.
- Výsledky SUF jsou závislé od typu použité toalety. Čím větší je plocha toalety naplněná vodou, tím jsou výsledky lepší. Limitujícím faktorem je schopnost pacientky trefit proud moči na hladinu vody v toaletě. Tento limit lze ale částečně odstranit s použitím přenosného nástavce do toalety. Jako nepodstatný se jeví faktor směru dopadu proudu moči na hladinu vody v toaletě.
- Vyhodnocené křivky SUF při použití vizuálního srovnání korelují s křivkami získanými konvenční uroflowmetrií.
- Nelze srovnávat absolutní hodnoty SUF a UFM měření. Sonouroflowmetrie zaznamenává kvantitu moči v arbitrárních jednotkách a nedokáže je zatím převést na objemové jednotky. Objem vymočené moči počítá z plochy pod křivkou.
- SUF nám dokáže zobrazit tvar mikční křivky, ze kterého může vyšetřující usuzovat, jestli se jedná o normální nebo abnormální sonouroflowgram.

Cílem druhé fáze laboratorního šetření bylo získání poznatků o možnostech využití a limitech SUF. Abychom eliminovali předchozí omezení v měření, použili jsme pro všechny ženy stejný, standardizovaný měřicí systém. Tento obsahoval mikční židli s nádobou pro zachyt moči o dostatečné a konstantní ploše vody, která byla umístěna na přenosném uroflowmetru a standardně instalovaný mobilní telefon s mikrofonem v předem specifikované a neměnné pozici. Výsledky měření byly statisticky zpracovány. Byla prokázána silná korelace mezi údajem o době mikce z UFM a délkou záznamu zvuku z SUF. Střední korelaci jsme prokázali mezi mikčním objemem zaznamenaným UFM a vypočtenou plochou pod mikční křivkou z SUF. Nízký stupeň korelace byl prokázán při hodnocení třetího sledovaného parametru. Jednalo se o Q_{max} z normální UFM proti maximální intenzitě zvuku z SUF. Parametr Q_{max} je zcela jistě jeden z nejdůležitějších uroflowmetrických parametrů. Pokud vyhodnocujeme jen číselné hodnoty uroflowmetrických parametrů, nejsme

schopni se vyjádřit k tvaru a typu křivky. Je zapotřebí vždy hodnotit i grafické vyjádření uroflowmetrie. Telemetrie a sonouroflowmetrie se jeví jako metoda, která může být v budoucnu vhodná ke skríníngu LUTS. [83]

7 ZÁVĚR PRO PRAXI

V současné podobě má SUF významné limity a omezení. Výsledky našeho pozorování se přibližují výsledkům referenční práce Zvarové. [76, 77]

Jednoznačně se dá říci, že sonouroflowmetrie nemá a pravděpodobně ani nechce mít potenciál k úplné náhradě konvenční uroflowmetrie v diagnostickém procesu. SUF je ovlivněná celou řadou faktorů, které nedělají výsledky SUF měření tak přesnými, jako jsou výsledky, které nám poskytuje konvenční uroflowmetrie. Nemůžeme opomenout fakt, že při SUF měření na dálku nejsme schopni stanovit PVR.

Na druhé straně, její zcela evidentní výhodou, je dostupnost. Žena může podstoupit měření ve kteroukoliv chvíli a na kterémkoliv místě země, které je pokryto signálem mobilního operátora bez potřeby instalace různých pomůcek. Signál je automaticky detekován a zpracován do sonouroflowgramu. Křivky může vyšetřující posuzovat opět kdekoli na světě, kde má přístup k internetu. Z rozboru křivek lze konstatovat, zda se jedná o normální mikční křivku nebo o abnormální.

Pokud jsou na sonouroflowgramu známky abnormality, může být ženě doporučeno podstoupit další, podrobnější vyšetření.

Sonouroflowmetrie má evidentně potenciál, stát se pomocnou metodou, která nám může umožnit jednoduchým způsobem měřit a zapisovat mikční deník.

Jedná se o jednoduchou, nenáročnou, neinvazivní a ekonomicky dostupnou metodu, které by se mohla v budoucnu stát skrínigovou vyšetřovací metodou. Své využití může nalézt při skrínigu LUTS.

LITERATURA

1. BRADING, A.F. A myogenic basis for the overactive bladder. *Urology*. 1997, **50**(6A Suppl), p. 57-67; discussion 68-73. ISSN 0090-4295.
2. WALDAYER, A., MAYET, A. Der Beckenboden: Diaphragma pelvis. In: *Anatomie des Menschen*. Berlin; New York: De Gruyter, 1986, p. 284-288. ISBN 9783110057348.
3. Pánevní dno: Diaphragma pelvis. In: M. HALAŠKA. *Urogynekologie*. Praha: Galén, 2004, s. 12. ISBN 80-7262-27
4. DELANCEY, J.O. Structural support of the urethra as it relates to stress urinary incontinence: the hammock hypothesis. *American journal of obstetrics and gynecology*. 1994, **170**(6), p. 1713-20; discussion 1720-3. ISSN 0002-9378.
5. ULMSTEN, U., HENRIKSSON, L., JOHNSON, P., et al. An ambulatory surgical procedure under local anesthesia for treatment of female urinary incontinence. *International urogynecology journal and pelvic floor dysfunction*. 1996, **7**(2), p. 81-5; discussion 85-6. ISSN 0937-3462.
6. KRHUT, J., ZACHOVAL, R. Neurální kontrola dolních močových cest. *Česká urologie*. 2011, **15**(2), p. 69-77. ISSN 1211-8729.
7. GRIFFITHS, D., TADIC, S.D. Bladder control, urgency, and urge incontinence: evidence from functional brain imaging. *Neurourology and urodynamics*. 2008, **27**(6), p. 466-74. ISSN 0733-2467.
8. DRAKE, M.J., FOWLER, C.J., GRIFFITHS, D., et al. Neural control of the lower urinary and gastrointestinal tracts: supraspinal CNS mechanisms. *Neurourology and urodynamics*. 2010, **29**(1), p. 119-27. ISSN 0733-2467.
9. BARRINGTON, F.J.F. The nervous mechanism of micturition. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*. 1914, **8**(1), p. 33-71.
10. KORAITIM, M.M. The male urethral sphincter complex revisited: an anatomical concept and its physiological correlate. *The Journal of urology*, 2008, **179**(5), p. 1683-9. ISSN 0022-5347.
11. MALYKHINA, A.P., WYNDAELE, J.J., ANDERSSON, K.E., et al. Do the urinary bladder and large bowel interact, in sickness or in health? *ICI-RS 2011. Neurourology and urodynamics*. 2012, **31**(3), p. 352-8. ISSN 0733-2467.
12. HILL, S.R., FAYYAD, A.M., JONES, G.R. Diabetes mellitus and female lower urinary tract symptoms: a review. *Neurourology and urodynamics*. 2008, **27**(5), p. 362-7. ISSN 0733-2467.
13. STEWART, W.F., van ROOYEN, J.B., CUNDIFF, G.W., et al. Prevalence and burden of overactive bladder in the United States. *World journal of urology*. 2003, **20**(6), p. 327-36. ISSN 0724-4983.
14. REEVES, P., IRWIN, D., KELLEHER, C., et al. The current and future burden and cost of overactive bladder in five European countries. *European urology*. 2006, **50**(5), p. 1050-7. ISSN 0302-2838.
15. KLOTZ, T., BRUGGENJURGEN, B., BURKART, M., et al. The economic costs of overactive bladder in Germany. *European urology*. 2007, **51**(6), p. 1654-62; discussion 1662-3. ISSN 0302-2838.
16. ABRAMS, P. Urgency: the key to defining the overactive bladder. *BJU international*. 2005, **96 Suppl 1**, p. 1-3. ISSN 1464-4096.

17. WEIN, A.J., RACKLEY, R.R. Overactive bladder: a better understanding of pathophysiology, diagnosis and management. *The Journal of urology*. 2006, **175**(3 Pt 2), p. S5-10. ISSN 0022-5347.
18. HAYLEN, B.T., de RIDDER, D., FREEMAN, R.M., et al. An International Urogynecological Association (IUGA)/International Continence Society (ICS) joint report on the terminology for female pelvic floor dysfunction. *International urogynecology journal*. 2010, **21**(1), p. 5-26. ISSN 0938-3462.
19. ABRAMS, P., BLAIVAS, J.G., STANTON, S.L., et al. The standardisation of terminology of lower urinary tract function: report from the Standardisation Sub - committee of the International Continence Society. *American journal of obstetrics and gynecology*. 2002, **187**(1), p. 116-26. ISSN 0002-9378.
20. HAYLEN, B.T., de RIDDER, D., FREEMAN, R.M., et al. An International Urogynecological Association (IUGA) / International Continence Society (ICS) joint report on the terminology for female pelvic organ prolapse (POP). *International urogynecology journal*. 2016, **27**(2), p. 165-94. ISSN 0937-3462.
21. CARDOZO, L., ed. *Urogynecology: the king's approach*. [1st ed.]. New York: Churchill Livingstone, 1997. x, 751 p. ISBN 0-443-05058-9.
22. BRENDLER, C.B. History, physical examination and urine analysis. In: *Campbell's Urology. Volume 1*. 7th ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1998, p. 131-157. ISBN 0-7216-4462-7.
23. SAND, P.K., HILL, R.C., OSTERGARD, D.R. Incontinence history as a predictor of detrusor stability. *Obstetrics and gynecology*. 1988, **71**(2), p. 257-60. ISSN 0029-7844.
24. JAMES, E.D. The behaviour of the bladder during physical activity. *British journal of urology*. 1978, **50**(6), p. 387-94. ISSN 0007-1331.
25. JAMES, E.D., FLACK, F.C., CALDWELL, K.P.S., et al. Continuous measurement of urine loss and frequency in continent patients. *British journal of urology*. 1971, **43**(2), p. 233-237. ISSN 0007-1331.
26. IRWIN, D.E., MILSOM, I., HUNSKAAR, S., et al. Population-based survey of urinary incontinence, overactive bladder, and other lower urinary tract symptoms in five countries: results of the EPIC study. *European urology*. 2006, **50**(6), p. 1306-14; discussion 1314-5. ISSN 0302-2838.
27. MILSOM, I., ABRAMS, P., CARDOZO, L., et al. How widespread are the symptoms of an overactive bladder and how are they managed? A population-based prevalence study. *BJU international*. 2001, **87**(9), p. 760-6. ISSN 1464-4096.
28. KUPELIAN, V., ROSEN, R.C., LINK, C.L., et al. Association of urological symptoms and chronic illness in men and women: contributions of symptom severity and duration--results from the BACH Survey. *The Journal of urology*. 2009, **181**(2), p. 694-700. ISSN 0022-5347.
29. KUPELIAN, V., WEI, J.T., O'LEARY, M.P., et al. Prevalence of lower urinary tract symptoms and effect on quality of life in a racially and ethnically diverse random sample: the Boston Area Community Health (BACH) Survey. *Archives of internal medicine*. 2006, **166**(21), p. 2381-7. ISSN 0003-9926.
30. COYNE, K.S., KAPLAN, S.A., CHAPPLE, C.R., et al. Risk factors and comorbid conditions associated with lower urinary tract symptoms: EpiLUTS. *BJU international*. 2009, **103 Suppl 3**, p. 24-32. ISSN 1464-4096.
31. COYNE, K.S., SEXTON, C.C., THOMPSON, C.L., et al. The prevalence of lower urinary tract symptoms (LUTS) in the USA, the UK and Sweden: results from the Epidemiology of LUTS (EpiLUTS) study. *BJU international*. 2009, **104**(3), p. 352-60. ISSN 1464-4096.

32. BROWN, J.S., SAWAYA, G., THOM, D.H., et al. Hysterectomy and urinary incontinence: a systematic review. *Lancet*. 2000, **356**(9229), p. 535-9. ISSN 0140-6736.
33. PARYS, B.T. Effect of hysterectomy on bowel function. *BMJ*. 1989, **299**(6705), p. 979. ISSN 0959-8138
34. LAKEMAN, M.M., van der VAART, C.H., ROOVERS, J.P. Hysterectomy and lower urinary tract symptoms: a nonrandomized comparison of vaginal and abdominal hysterectomy. *Gynecologic and obstetric investigation*. 2010, **70**(2), p. 100-6. ISSN 0378-7346
35. WAGNER, T.H., HU, T.W., BENTKOVER, J., et al. Health-related consequences of overactive bladder. *The American journal of managed care*. 2002, **8**(19 Suppl), p. S598-607. ISSN 1088-0224.
36. IRWIN, D.E., MILSOM, I., KOPP, Z., et al. Impact of overactive bladder symptoms on employment, social interactions and emotional well-being in six European countries. *BJU international*. 2006, **97**(1), p. 96-100. ISSN 1464-4096.
37. KRHUT, J. *Hyperaktivní močový měchýř*. Praha: Maxdorf, 2007. 148 s. ISBN 978-80-7345-125-7.
38. ABRAMS, P., BLAIVAS, J.G., STANTON, S.L., et al. The standardisation of terminology of lower urinary tract function. The International Continence Society Committee on Standardisation of Terminology. *Scandinavian journal of urology and nephrology. Supplementum*. 1988, **114**, p. 5-19. ISSN 0300-8886.
39. BLAIVAS, J., CHANCELLOR, M.B., WEISS, J., et al. *Atlas of Urodynamics*. 2nd ed. Malden: Blackwell Pub., 2007. xiii, 240 p. ISBN 9781405146258.
40. von GARRELT, B. Intravesical pressure and urinary flow during micturition in normal subjects. *Acta chirurgica Scandinavica*. 1957, **114**(1), p. 49-66. ISSN 0001-5482.
41. SCHWARTZ, O., BRENNER, A. Untersuchungen über die Physiologie und Pathologie der Blasenfunction. VIII. Mitt. Die Dynamik der Blas. *Zeitschr. f. urol. Chirurg.* 1921, **8**(1/2), p. 32-62.
42. SANDOE, E., BRYNDORF, J., GERTZ, T.C. Cystometry. A new technique applying a percutaneously inserted catheter in the bladder. *Danish medical bulletin*. 1959, **6**, p. 194-7. ISSN 0907-8916.
43. GLEASON, D.M., BOTTACCINI, M.R., PERLING, D., et al. A challenge to current urodynamic thought. *The Journal of urology*. 1967, **97**(5), p. 935-40. ISSN 0022-5347.
44. BACKMAN, K.A. Micturition in normal women. Diameter and resistance of the urethra. *Acta chirurgica Scandinavica*. 1966, **132**(4), p. 413-26. ISSN 0001-5482.
45. SMITH, J.C. The measurement and significance of the urinary flow rate. *British journal of urology*. 1966, **38**(6), p. 701-6. ISSN 0007-1331.
46. ABRAMS, P.H., GRIFFITHS, D.J. The assessment of prostatic obstruction from urodynamic measurements and from residual urine. *British journal of urology*. 1979, **51**(2), p. 129-34. ISSN 0007-1331.
47. VIŠNĚVSKIJ, E. Kliničeskoje značenje funkcijonal'nych metodov isledovanja v diagnostice infravezikal'noj obstrukcii u dětj. *Avtoref Kand Diss*. 1973, p. 29.
48. ABDULLAJEV, K. Vozrastnaja dinamika nezatormožennovo močevovo puzyrja i jevo lečenje. *Avtoref Kand Diss*. 1987, p. 43.
49. HOLM, H.H. A uroflowmeter and a method for combined pressure and flow measurement. *The Journal of urology*. 1962, **88**, p. 318-21. ISSN 0022-5347.

50. GIERUP, J., ERICSSON, N.O., OKMIAN, L. Micturition studies in infants and children. Technique. *Scandinavian journal of urology and nephrology*. 1969, **3**(1), p. 1-8. ISSN 0036-5599.
51. GIERUP, J. Micturition studies in infants and children. Normal urinary flow. *Scandinavian journal of urology and nephrology*. 1970, **4**(3), p. 191-7. ISSN 0036-5599.
52. GIERUP, J., ERICSSON, N.O. Micturition studies in infants and children. Urodynamics in boys with disorders of the lower urinary tract. *Scandinavian journal of urology and nephrology*. 1971, **5**(1), p. 1-16. ISSN 0036-5599.
53. PETER, W., DRAKE, W.M. jr. Uroflowmetric observation in gynaecologic patients. *JAMA*. 1958, **166**, p. 721-724. ISSN 0002-9955.
54. FANTL, J.A., SMITH, P.J., SCHNEIDER, V., et al. Fluid weight uroflowmetry in women. *American journal of obstetrics and gynecology*. 1983, **145**(8), p. 1017-24. ISSN 0002-9378.
55. ZMRHAL, J., DORŇÁKOVÁ, P., ŠČAMBOROVÁ, E., et al. Uroflowmetrie. Metoda zapomenutá či potřebná? *Praktická Gynekologie*. 2010, **14**(1), s. 54. ISSN 1211-6645.
56. NITTI, V.W., TU, L.M., GITLIN, J. Diagnosing bladder outlet obstruction in women. *The Journal of urology*. 1999, **161**(5), p. 1535-40. ISSN 0022-5347.
57. MEYHOFF, H.H., GLAHM, B. Uroflowmetry. *Methods Clin Urodyn*. 1991, **1**, p. 2-10.
58. SCHAFER, W., ABRAMS, P., LIAO, L., et al. Good urodynamic practices: uroflowmetry, filling cystometry, and pressure-flow studies. *Neurourology and urodynamics*. 2002, **21**(3), p. 261-74. ISSN 0733-2467.
59. HAYLEN, B.T., YANG, V., LOGAN, V. Uroflowmetry: its current clinical utility for women. *International urogynecology journal and pelvic floor dysfunction*. 2008, **19**(7), p. 899-903. ISSN 0937-3462.
60. JORGENSEN, J.B., COLSTRUP, H., FRIMODT-MOLLER, C. Uroflow in women: an overview and suggestions for the future. *International urogynecology journal and pelvic floor dysfunction*. 1998, **9**(1), p. 33-6. ISSN 0937-3462.
61. CHOU, T.P., GORTON, E., STANTON, S.L., et al. Can uroflowmetry patterns in women be reliably interpreted? *International urogynecology journal and pelvic floor dysfunction*. 2000, **11**(3), p. 142-147. ISSN 0937-3462.
62. HAYLEN, B.T., de RIDDER, D., FREEMAN, R.M., et al. An International Urogynecological Association (IUGA)/International Continence Society (ICS) joint report on the terminology for female pelvic floor dysfunction. *Neurourology and urodynamics*. 2010, **29**(1), p. 4-20. ISSN 0733-2467.
63. COSTANTINI, E., MEARINI, E., PAJONCINI, C., et al. Uroflowmetry in female voiding disturbances. *Neurourology and urodynamics*. 2003, **22**(6), p. 569-73. ISSN 0733-2467.
64. HAYLEN, B.T., LEE, J., LOGAN, V., et al. Immediate postvoid residual volumes in women with symptoms of pelvic floor dysfunction. *Obstetrics and gynecology*. 2008, **111**(6), p. 1305-12. ISSN 0029-7844.
65. KRHUT, J. *Neurourologie*. 1. vydání. Praha: Galén, 2005. XIII, 141 s. ISBN 80-7262-360-5.
66. KOČÍ, K. *Ultrasonografie urogenitálního ústrojí: (z pohledu urologa)*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1989. 163 s.
67. BARRY, M.J., GIRMAN, C.J., O'LEARY, M.P., et al. Using repeated measures of symptom score, uroflowmetry and prostate specific antigen in the clinical management of prostate disease. *Benign Prostatic Hyperplasia Treatment*

- Outcomes Study Group. *The Journal of urology*. 1995, **153**(1), p. 99-103. ISSN 0022-5347.
68. LANE, S.J., HEDDLE, N.M., ARNOLD, E., et al. A review of randomized controlled trials comparing the effectiveness of hand held computers with paper methods for data collection. *BMC medical informatics and decision making*. 2006, **6**, p. 23. ISSN 1472-6947.
 69. MOMBELLI, G., PICOZZI, S., MESSINA, G., et al. Free uroflowmetry versus "Do-It-Yourself" uroflowmetry in the assessment of patients with lower urinary tract symptoms. *International urology and nephrology*. 2014, **46**(10), p. 1915-9. ISSN 0301-1623.
 70. GUAN, Z.C., DENG, X.L., ZHANG, Q. Comparison of new portable home electronic uroflowmeter with Laborie uroflowmeter. *Beijing da xue xue bao. Yi xue ban = Journal of Peking University. Health sciences*. 2011, **43**(4), p. 616-9. ISSN 1671-167X.
 71. JORGENSEN, J.B., JACOBSEN, H.L., BAGI, P., et al. Home uroflowmetry by means of the Da Capo home uroflowmeter. *European urology*. 1998, **33**(1), p. 64-8. ISSN 0302-2838.
 72. de la ROSETTE, J.J., WITJES, W.P., DEBRUYNE, F.M., et al. Improved reliability of uroflowmetry investigations: results of a portable home-based uroflowmetry study. *British journal of urology*. 1996, **78**(3), p. 385-90. ISSN 0007-1331.
 73. MINNAERT, M. On musical air-bubbles and the sounds of running water. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science: Series 7*. 1933, **16**(104), p. 235-248. ISSN 0031-8086.
 74. PROSPERETTI, A., OGUZ, H.N. The impact of drops on liquid surfaces and the underwater noise of rain. *Annual Reviews of Fluid Mechanics*. 1993, **25**, p. 577-602. ISSN 0066-4189.
 75. KOISO, K., NEMOTO, R., OHTANI, M. Urophonographic studies of benign prostatic hypertrophy. *The Journal of urology*. 1991, **145**(5), p. 1071-1077. ISSN 0022-5347.
 76. ZVARA, P., URSINY, M., GIEBINK, T. Comparison of test-to-test variability in flow parameters recorded with a wireless-based acoustic system with that of standard uroflowmetry. *International urogynecology journal and pelvic floor dysfunction*. 2011, **22**(Suppl. 2), p. 1105-1106. ISSN 0937-3462.
 77. ZVAROVA, K., URSINY, M., GIEBINK, T., et al. Recording urinary flow and lower urinary tract symptoms using sonouroflowmetry. *The Canadian journal of urology*. 2011, **18**(3): p. 5689-94. ISSN 1195-9479.
 78. YOSHIMURA, N., CHANCELLOR, M.B. Current and future pharmacological treatment for overactive bladder. *The Journal of urology*. 2002, **168**(5), p. 1897-913. ISSN 0022-5347.
 79. GÄRTNER, M., KRHUT, J., JURÁKOVÁ, M. Intraindividuální variabilita uroflowmetrického vyšetření u žen. *Česká gynekologie*. 2014, **79**(4), s. 321-325. ISSN 1210-7832.
 80. BARAPATRE, Y., AGARWAL, M.M., SINGH, S.K., et al. Uroflowmetry in healthy women: Development and validation of flow-volume and corrected flow-age nomograms. *Neurourology and urodynamics*. 2009, **28**(8), p. 1003-9. ISSN 0733-2467.
 81. SIES, H. A new parameter for sex education. *Nature*. 1988, **332**(6164), p. 495. ISSN 0028-0836.
 82. ZVÁRA, K. *Základy statistiky v prostředí R*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2013. s. 259 Biomedicínská statistika; 4. ISBN 978-80-246-2245-3.

83. GÄRTNER, M., KRHUT, J., HURTIK, P., et al. Evaluation of Voiding Parameters in Healthy Women Using Sound Analysis. *LUTS*. 2016, Accepted in print 7 FEB 2016, DOI: 10.1111/luts.12134, ISSN 1757-5664.