Souvislost mezi laboratorními ukazateli chronického onemocnění ledvin a morfologií ledvin při ultrazvukovém vyšetření

Igor Romanko / Zdeněk Hess

Souhrn

Korelace mezi ultrazvukovým (UZ) obrazem strukturálních změn svědčících pro chronické onemocnění ledvin a laboratorním nálezem je rozporuplná. V literatuře lze najít protichůdné údaje, kdy některé studie tuto korelaci potvrzují, jiné upozorňují na její nejednoznačnost. V našem souboru jsme prokázali, že přítomnost UZ nálezu chronické nefropatie a tíže poklesu odhadované glomerulární filtrace (eGFR) jsou na sobě navzájem závislé. I přesto lze u významné části pacientů najít diskrepance – sníženou eGFR nebo patologickou proteinurii při normálním morfologickém nálezu nebo obraz nefropatie při normálních laboratorních ukazatelích funkce ledvin. Proto je při posuzování závažnosti nálezů potřeba vycházet současně z výsledků vícero komplementárních vyšetření.

Klíčová slova: chronické onemocnění ledvin / CKD / odhadovaná glomerulární filtrace / eGFR / albuminurie / laboratorní nález / ultrazvukový obraz / UZ / nefropatie

Summary

The correlation between ultrasound (US) imaging of structural changes indicative of chronic kidney disease and laboratory findings is contradictory. In the literature, conflicting data can be found, with some studies confirming this correlation, while others point out its ambiguity. In our cohort, we demonstrated that the presence of US findings of chronic nephropathy and the severity of estimated glomerular filtration rate (eGFR) decline are mutually dependent. Nevertheless, a significant proportion of patients show discrepancies – reduced eGFR or pathological proteinuria with normal morphological findings, or nephropathy imaging with normal laboratory indicators of kidney function. Therefore, when assessing the severity of findings, it is necessary to base the evaluation on results from multiple complementary examinations.

Key words: chronic kidney disease / CKD / estimated glomerular filtration rate / eGFR / albuminuria / laboratory findings / ultrasound imaging / US / nephropathy

Úvod

Chronické onemocnění ledvin (chronic kidney disease, CKD) je definováno jako pokles eGFR na 60 ml/min/1,72 m^2 (stupeň 3 nebo vyšší) nebo méně trvající alespoň tři měsíce (nejedná se tedy o přechodný stav). Často je také přítomna proteinurie (albuminurie vyšší než stupeň 2, tedy převyšující 3 mg/mmol) nebo strukturální onemocnění ledvin.[1,2] Míra poklesu eGFR a hodnota albuminurie určují závažnost CKD a používají se pro jeho klasifikaci. Podle eGFR se rozlišuje pět stupňů závažnosti, podle albuminurie tři stupně, **tabulka 1**. V některých případech může být přítomna významná proteinurie bez poklesu eGFR.

Albuminurie odráží riziko rozvoje CKD a představuje také rizikový faktor kardiovaskulárních (KV)

onemocnění.[3,4] Může předcházet rozvoji významného orgánového poškození ledvin, které nemusí být v době manifestace albuminurie morfologicky plně vyjádřeno. Je ale již známkou orgánového poškození (například při arteriální hypertenzi nebo diabetu) a upozorňuje na potřebu účinné terapeutické intervence.

Mezi strukturální změny ledvin při CKD, které lze zobrazit ultrazvukovým vyšetřením, patří zmenšení velikosti ledvin, snížení šíře parenchymové vrstvy, zvýšení echogenity parenchymu, přítomnost kalcifikací, cystická přestavba ledvin.[5] Vyskytnout se ale také mohou zvětšené ledviny a zesílená parenchymová vrstva, například při CKD na podkladě diabetické nefropatie (hyperfiltrační fáze).[6,7] Příklady nálezů ukazují **obrázek 1** a **obrázek 2**. Podle některých studií lze za nejpřesvědčivější markery CKD považovat echogenitu parenchymu a kortikomedulární tloušťku parenchymu.[8,9]

Zkoumání korelace mezi UZ známkami poškození ledvin (UZ nefropatie) a hodnotou sérového kreatininu se věnovalo několik studií s protichůdnými výsledky. Některé studie prokázaly silnou korelaci mezi echogenitou renálního parenchymu a hodnotou kreatininu, jiné naopak slabou nebo nevýznamnou závislost či korelaci.[10–14] Limitací bývá často malý soubor pacientů nebo absence kohorty pacientů bez CKD, což může vést ke zkresleným výsledkům. Stratifikace echogenity parenchymu ledviny do několika stupňů je subjektivní metoda, která může být významně zatížena chybou, například při přítomnosti jaterní steatózy, jelikož se játra používají ve zmíněných pracích jako referenční orgán.

Objektivnější je podle našeho názoru hodnocení morfologických znaků ledvin (např. velikost, tloušťka parenchymu, kalcifikace, cysty), případně jejich echogenity (bez stratifikace do několika úrovní) ve vztahu k laboratorním ukazatelům.[15] V naší práci jsme se zaměřili na vztah mezi morfologickými známkami CKD (chronická nefropatie) a sníženou eGFR. Hledali jsme, jestli je přítomnost snížené eGFR a chronické nefropatie u pacientů náhodná, nebo mezi nimi existuje určitá závislost. Pro tento účel jsme vybrali soubor pacientů s diabetes mellitus, u kterých se CKD může vyskytovat až ve 20–40 %.[16,17] Diabetická nefropatie může mít velmi variabilní UZ obraz. Oproti ostatním nefropatiím (glomerulopatie, intersticiální nefritidy, vaskulární skleróza) se u ní mnohem častěji vyskytuje diskrepance mezi

Tab. 1 **Klasifikace CKD podle eGFR a ACR**

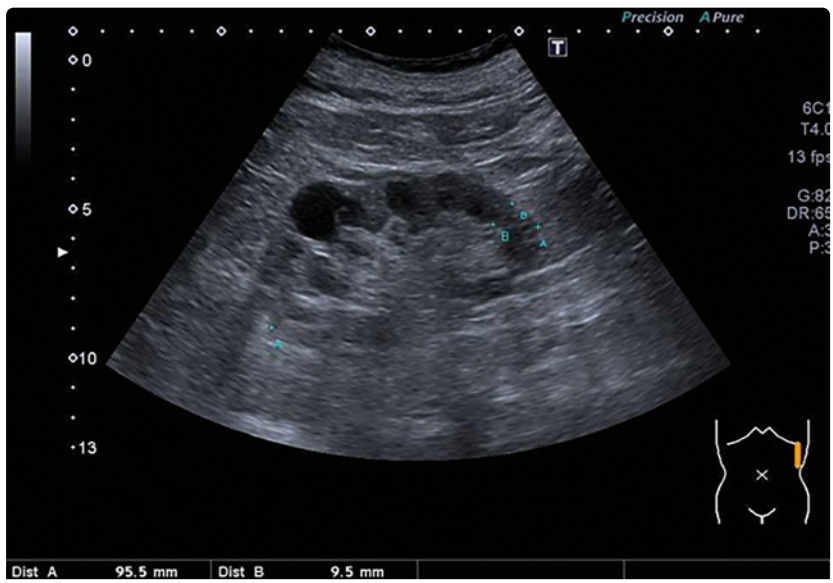
Odhadovaná glomerulární filtrace – eGFR		Albuminurie
G1 (> 90 ml/min/1,73 m²)		A1 (< 3 mg/mmol)
G2 (60–90 ml/min/1,73 m²)		
G3	G3a (45–60 ml/min/1,73 m²)	A2 (3–30 mg/mmol)
	G3b (30–45 ml/min/1,73 m²)	
G4 (15–30 ml/min/1,73 m²)		A3 (> 30 mg/mmol)
G5 (< 15 ml/min/1,73 m²)		

CKD – chronické onemocnění ledvin; **eGFR** – odhadovaná glomerulární filtrace; **ACR** – poměr albumin/kreatinin; **G1–5** – stadia CKD dle eGFR; **A1–3** – klasifikace albuminurie dle mezinárodních doporučení



Obr. 1 **Známky chronické nefropatie v UZ zobrazení – převažuje redukce parenchymové vrstvy ledviny. Přítomna je také lipomatóza sinu**

UZ – ultrazvuk



Obr. 2 **Známky chronické nefropatie v UZ zobrazení. Redukovaná šíře parenchymu (kortikomedulární tloušťka), zvýšená echogenita ledviny. Zachycena je také renální cysta**

UZ – ultrazvuk

laboratorním nálezem a UZ obrazem, kdy i pokročilý laboratorní nález (stadia A2 a vyšší a nebo G3 a vyšší) může mít zcela normální morfologický obraz ledvin.

Metodika

Do souboru byli zařazeni pacienti s diabetem 1. a 2 typu, kteří podstoupili screeningové UZ vyšetření břicha v rámci dispenzarizace na našem pracovišti. Vstupním kritériem byla diagnóza diabetu a podstoupení UZ vyšetření břicha. V rámci vyšetření byly hodnoceny velikost, morfologie a echostruktura obou ledvin. Za nefropatii se označil každý nález, kde se alespoň u jedné ledviny vyskytl alespoň jeden z následujících znaků: velikost ledviny v nejdelším podélném rozměru větší než 13 cm nebo menší než 9 cm; převažující tloušťka parenchymové vrstvy (kortikomedulární tloušťka) 10 mm a méně; převažující tloušťka parenchymové vrstvy nad 25 mm; difuzně zvýšená echogenita ledvin; polycystická přestavba ledvin. Za známky nefropatie jsme považovali také četné difuzní kalcifikace v ledvině.

Ultrazvukové vyšetření prováděl jeden lékař s funkční licencí České lékařské komory pro abdominální sonografii.

Hodnoty albuminurie a sérového kreatininu byly stanoveny laboratorně v rámci dispenzárních kontrol. Pro účely studie jsme použili hodnoty získané v roce, kdy proběhlo UZ vyšetření břicha. Pokud bylo u pacienta provedeno během roku více vyšetření, použili jsme hodnotu zjištěnou nejblíže k termínu vyšetření.

Pacienti byli rozděleni do dvou skupin pro každý sledovaný parametr, kterými byly albuminurie, eGFR, UZ nález nefropatie. Podle albuminurie skupina A1 zahrnovala pacienty se stupněm A1 (do 3 mg/mmol, tedy normální), skupina A2/3 pacienty se stupněm A2 a A3. Podle eGFR skupina G1/2 zahrnovala pacienty se stupněm G1 a G2 (nad 60 ml/min/1,73 m^2), skupina G3/4 pak pacienty se stupněm G3 a G4 (60 ml/min/1,73 m^2 a méně). Podle UZ nálezu skupina Ano zahrnovala pacienty se známkami nefropatie, skupina Ne pacienty bez nefropatie. Pacienti byli kategorizováni podle eGFR (G1–G4) a albuminurie (A1–A3) na základě opakovaných měření hodnot sérového kreatininu a albuminurie během dispenzarizace, a to již před zařazením do souboru.

Pro charakteristiku pacientského souboru a jednotlivých podskupin jsme využili metody popisné statistiky: medián věku, kreatininu a albuminurie; četnost (vyjádřenou v procentech) pro pohlaví, UZ známky nefropatie, stupeň poklesu eGFR, stupeň albuminurie.

Hodnoty kreatininu mezi skupinami G1/2 a G3/4 a hodnoty albuminurie mezi skupinami A1 a A2/3 jsme porovnávali pomocí Mannova–Whitneyho U (MWU) testu pro kontinuální proměnné. Hladina významnosti byla definována jako $p < 0,05$. Pro ověření závislosti UZ nálezu nefropatie a přítomnosti CKD podle eGFR (skupina G3/4) nebo albuminurie (skupina A2/A3) jsme použili chí-kvadrát test a Fischerův test pro kategorické proměnné. Dále jsme stanovili poměr šancí (odds ratio, OR) pro UZ nefropatii u pacientů s laboratorně potvrzeným CKD a bez CKD. Pro výpočty statistických testů jsme použili volně dostupné kalkulátory na stránkách: https://www.socscistatistics.com/tests; https://www.medcalc.org/en/calc/odds_ratio(Version 23.4.8; accessed February 15, 2026).

Výsledky

Ultrazvukové vyšetření břicha podstoupilo 351 pacientů. Z toho bylo 180 (51 %) žen a 171 (49 %) mužů. Medián věku pacientů byl 70 let, 68 let u mužů a 70,5 roku u žen. Ženy byly statisticky významně starší než muži (MWU test, $p = 0,017$). Hodnota kreatininu byla k dispozici pro 271 pacientů, hodnota albuminurie pro 220 pacientů. Charakteristiku souboru shrnuje **tabulka 2**.

UZ známky nefropatie podle definovaných kritérií (viz metodiku) byly přítomny u 56 (16 %) pacientů, 295 (84 %) pacientů mělo normální

Tab. 2 **Charakteristika souboru pacientů ve studii**

Demografie	Muži	171 (49 %)	Medián věku	68 (34-84) let
N = 351	Ženy	180 (51 %)	Medián věku	70,5 (31-86) let
eGFR	G1/G2	228 (84 %)	Medián kreatininu u všech pacientů	72 µmol/l (41-183)
N = 271	G3/G4	43 (16 %)		
Albuminurie	A1	187 (85 %)	Medián albuminurie u všech pacientů	1 mg/mmol (0-82,5)
N = 220	A2/A3	33 (15 %)		
UZ nefropatie N = 351	Ano	56 (16 %)	Medián kreatininu	83,5 (41-183) µmol/l
			Medián albuminurie	1,5 mg/mmol (0-11)
	Ne	295 (84 %)	Medián kreatininu	71 µmol/l (43-154)
			Medián albuminurie	1 mg/mmol (0-58,7)
UZ nefropatie a eGFR N = 271	Nefropatie Ano	46 (17 %)	G1/G2	26
			G3/G4	20
	Nefropatie Ne	225 (83 %)	G1/G2	202
			G3/G4	23
UZ nefropatie a albuminurie N = 220	Nefropatie Ano	38 (17,3 %)	A1	30
			A2/A3	8
	Nefropatie Ne	182 (82,7 %)	A1	157
			A2/A3	25

eGFR – odhadovaná glomerulární filtrace; **G1–5** – stadia chronického onemocnění ledvin dle eGFR; **A1–3** – klasifikace albuminurie dle mezinárodních doporučení; **N** – počet pacientů; **UZ** – ultrazvuk

morfologický obraz ledvin. Pacienti s morfologickou nefropatií byli starší (medián 74 let) ve srovnání s pacienty bez morfologických známek nefropatie (69 let). Tento rozdíl byl statisticky významný (MWU test, p = 0,00208).

Z 271 pacientů, u kterých byla dostupná hladina kreatininu, mělo UZ známky nefropatie 46 (17 %) pacientů, 225 (83 %) pacientů mělo normální morfologický nález na ledvinách; 228 (84 %) pacientů mělo hladinu kreatininu v pásmu G1/G2, 43 (16 %) pacientů v pásmu G3/4. Medián hodnoty kreatininu pro všechny pacienty byl 72 (41–183) µmol/l; 26 (9,6 %) pacientů mělo UZ známky nefropatie bez signifikantního poklesu eGFR (spadali do kategorie G1/2), 23 (8,5 %) pacientů s významným poklesem eGFR mělo normální morfologický obraz ledvin.

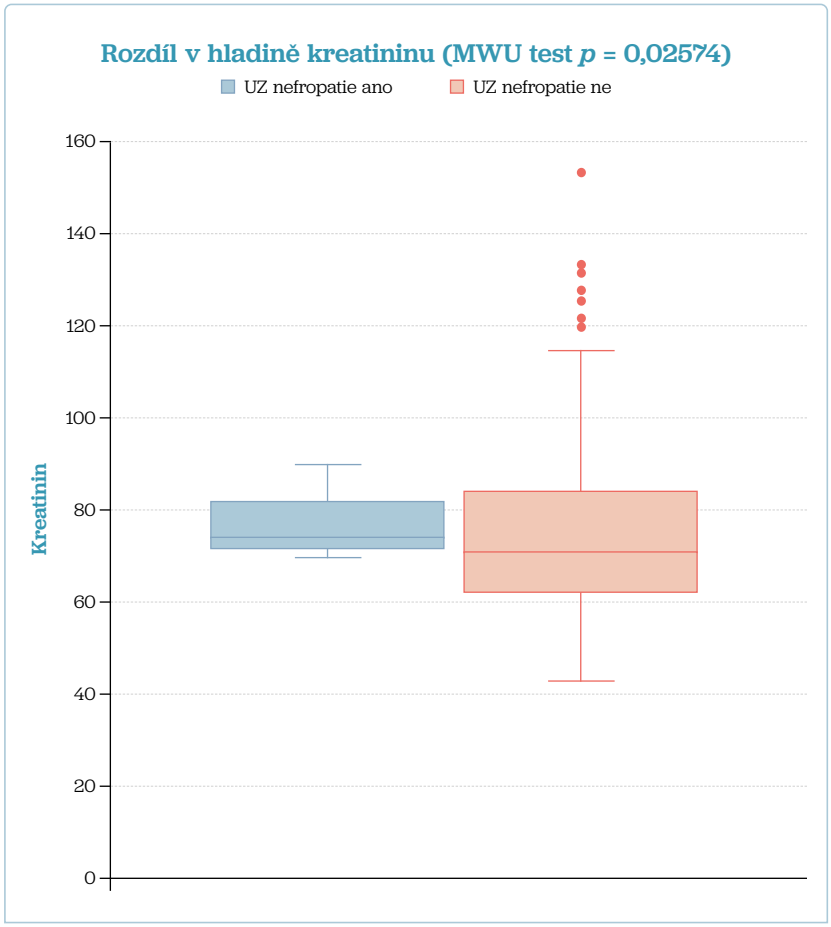
Z 220 pacientů se známou hodnotou albuminurie mělo UZ nefropatii 38 (17,3 %), 182 (82,7 %) pacientů mělo normální morfologický nález na ledvinách; 187 (85 %) pacientů mělo albuminurii v kategorii A1, 33 (15 %) pacientů v kategorii A2/A3. Medián albuminurie pro všechny pacienty byl 1 mg/mmol; 25 (11,3 %) pacientů s albuminurií A2/A3 mělo normální morfologický obraz ledvin, 30 (13,6 %) pacientů s morfologickým obrazem nefropatie mělo normální albuminurii (A1).

Chí kvadrát test prokázal statisticky významnou závislost (p < 0,00001) na přítomnosti UZ známek nefropatie a CKD (grade 3 a vyšší podle eGFR). Tato závislost byla významná i podle Fischerova testu (p < 0,00001). Rozdíly mezi skupinami nejsou náhodné. Naopak závislost mezi významnou albuminurií (A2/3) a UZ známkami nefropatie statisticky významná nebyla (chí kvadrát p = 0,251; Fischerův test p = 0,316), a pozorované rozdíly jsou tedy náhodné.

Pacienti s UZ nefropatií měli signifikantně vyšší hodnotu sérového kreatininu (medián 83,5 µmol/l) oproti pacientům bez nefropatie (medián 71 µmol/l, MWU test, p < 0,023, viz **graf 1**). Medián albuminurie byl u těchto pacientů s UZ nefropatií 1,5 mg/mmol, bez UZ nefropatie 1 mg/mmol. Rozdíl v případě albuminurie nebyl statisticky významný (MWU test, p = 0,368).

Pozitivní prediktivní hodnota UZ nefropatie pro přítomnost CKD byla 43 %, negativní prediktivní hodnota 89 %. Senzitivita pro CKD (na základě snížené eGFR) byla 47 % a specificita 89 %. Při zohlednění eGFR a současně i albuminurie jako laboratorního markeru pro přítomnost CKD senzitivita klesla na 34 %, specificita na 88 %. Pozitivní prediktivní hodnota v tomto případě vzrostla na 50 %, ale negativní prediktivní hodnota klesla na 80 %.

Poměr šancí pro přítomnost UZ známek nefropatie u pacientů s CKD (podle eGFR) vůči pacientům bez CKD byl 6,76 a statisticky významný (95% interval spolehlivosti [CI] 3,27–13,95; p < 0,0001). Při zohlednění albuminurie jako markeru pro CKD byl OR pro přítomnost UZ známek nefropatie vůči pacientům bez CKD 1,67, avšak statisticky nevýznamný (95% CI 0,69–4,06; p = 0,2544).



Graf 1 **Rozdíl v hodnotách kreatininu mezi pacienty s UZ známkami nefropatie a bez nich**

UZ – ultrazvuk; **MWU** – Mannův-Whitneyho U test

Diskuse

Naše práce prokázala, že přítomnost UZ známek nefropatie je spojena s poklesem eGFR, tedy s CKD. Tento nález je v souladu se studiemi, které prokázaly korelaci mezi hodnotou sérového kreatininu a tíží chronických nefropatických změn (kortikomedulární tloušťka parenchymu, echogenita parenchymu).[10–12] Čím vyšší je bazální hodnota sérového kreatininu, tím výraznější nefropatické změny jsou patrné v UZ zobrazení. Z praktického hlediska ale považujeme grading UZ nefropatie podle echogenity ledvin za zdlouhavý, subjektivní, a tedy nepříliš vhodný k použití v klinické praxi. Na druhou stranu diferenciace morfologických změn ledvin je jednoduchá, metodicky nenáročná a odráží existenci CKD.

Samotný nález UZ známek nefropatie pro diagnostiku CKD nestačí, je potřeba současně doplnit hodnotu kreatininu a stanovení albuminurie/proteinurie. Ne všichni pacienti s UZ nefropatií musejí mít již patrný pokles eGFR a obráceně, pokles eGRF nemusí nutně mít v daném čase UZ korelát. Podle literatury to platí obzvlášť v případě diabetické nefropatie.[6,7,18] V našem souboru jsme pozorovali, že 9,6 % pacientů s UZ nefropatií mělo normální hodnotu eGFR. U morfologicky změněných ledvin se může laboratorní pokles eGFR odrazit až s odstupem času. Na druhou stranu mohou být i při morfologicky normálních ledvinách již laboratorně vyjádřené známky CKD, kdy postižení renálního parenchymu ještě nemusí být makroskopicky patrné. V našem souboru mělo 23 ze 43 (53,5 %) pacientů s eGFR v pásmu G3/G4 normální morfologický UZ obraz ledvin. Při vztažení k celému souboru pacientů s dostupnou eGFR šlo o 8,5 % pacientů. Tato diskrepance je klinicky významná a odpovídá skutečnosti, že zejména u diabetické nefropatie může být laboratorně vyjádřené CKD přítomno i bez jednoznačných morfologických změn při standardním UZ vyšetření.

Pozitivní prediktivní hodnota UZ nefropatie pro CKD (laboratorně potvrzené) v našem souboru byla nízká (43 %), zatímco negativní prediktivní hodnota poměrně vysoká (89 %). Normální UZ obraz ledvin tedy spíše svědčí pro normální funkci ledvin. Patologický obraz neznamená automaticky přítomnost CKD, ale zvyšuje šanci, že pacient bude mít také laboratorní korelát (v našem souboru OR 6,76).

Kvalitu korelace mezi hodnotami kreatininu a UZ nefropatií může ovlivňovat také etiologie CKD a může se mezi jednotlivými onemocněními lišit.[19] S hodnotami kreatininu v séru koreluje rovněž objem ledviny nebo plocha renálního sinu, které lze změřit při UZ vyšetření.[20] Jde ale podle našeho názoru o časově náročnější postup. Patologický UZ nález by nás měl vést k častějším dispenzárním kontrolám pacienta a vždy je nutné doplnit také laboratorní vyšetření.

Pro albuminurii a UZ nefropatii jsme nenalezli statisticky významnou asociaci. OR byl v našem souboru pacientů sice vyšší než 1,0 (1,67), ale statisticky nevýznamně. Pacienti s UZ nefropatií měli vyšší hodnoty albuminurie oproti pacientům bez nefropatie, avšak ani tento rozdíl nebyl statisticky významný. Důvodem může být skutečnost, že albuminurie jako ukazatel orgánového poškození často předchází rozvoji morfologických změn a poklesu eGFR.

Naše studie měla několik limitací. Nehledali jsme korelaci mezi UZ nefropatií a sérovým kreatininem nebo albuminurií, ale pouze spojitost – závislost UZ nefropatie na eGFR (v pásmu CKD G3 a vyšším) a albuminurii (v pásmu A2 a vyšším). Pro další výzkum by ale bylo zajímavé podívat se, jestli přítomnost více známek UZ nefropatie současně má tendenci k vyšší hodnotě sérového kreatininu.

Náš soubor tvořili pouze pacienti s diabetem. Ti jsou ohroženi zvýšeným rizikem rozvoje diabetické nefropatie, avšak vyskytovat se u nich může i nefropatie jiné etiologie (intersticiální nefritida, angioskleróza). Naši pacienti byli převážně senioři (medián věku 70 let), u kterých již může docházet ke kombinaci postižení ledvin např. věkem podmíněnou angiosklerózou a diabetickou nefropatií, což může mít



Ilustrační foto. Zdroj: iStock

vliv na morfologii ledvin. Tyto aspekty jsme nezohlednili. Avšak naším cílem nebylo zaměřit se na specifika diabetické nefropatie a rozdíly oproti jiným nefropatiím, ale zjistit, zda existuje závislost mezi laboratorním nálezem a UZ obrazem.

Nestanovovali jsme index rezistence (resistive index, RI) dopplerovským vyšetřením intrarenálního průtoku krve ledvinami. Tento parametr samotný není diagnostickým kritériem pro CKD, souvisí ale s tíží postižení ledvinného parenchymu, s vyšším rizikem progrese CKD a odráží také zvýšené KV riziko.[21] RI jsme v naší práci nezohlednili, protože stanovení tohoto parametru není součástí standardního UZ vyšetření břicha na našem pracovišti. Za normální hodnotu RI se považuje 0,7. Rozmezí 0,7–0,8 je „šedá zóna", která může odrážet již incipientní změny v ledvinném parenchymu a cévním zásobení. Zvýšený RI s hodnotou nad 0,8 již může svědčit pro významné postižení renálního parenchymu a může být přítomen i při morfologicky normální ledvině. Podle novějšího pohledu na RI jsou patologické již hodnoty > 0,7 a s narůstající hodnotou RI stoupá riziko rozvoje CKD, celkové KV riziko a celková mortalita.[22]

V literatuře se uvádí, že morfologické změny ledvin mohou být u jednotlivých chorob různě vyjádřeny.[5] U nefropatií nediabetické etiologie stupeň postižení ledvin podle laboratorních hodnot více odpovídá tíži morfologických změn na ledvinách. V rukách zkušeného nefrologického sonografisty může hodnocení laboratorního nálezu a UZ obrazu v některých případech přispět k objasnění etiologie CKD.

Závěr

Známky chronické nefropatie na UZ vyšetření ledvin a pokles eGFR jsou na sobě navzájem závislé. Normální morfologický obraz ledvin s vysokou pravděpodobností ukazuje na normální funkci ledvin, avšak zcela nevylučuje přítomnost CKD. Patologický morfologický obraz zase ukazuje na možné CKD, není však pro něj diagnostický.

MUDr. Igor Romanko
Urgentní příjem – SPIN, Všeobecná fakultní nemocnice v Praze
Restrial GastroEndo s.r.o., Praha

MUDr. Zdeněk Hess, Ph.D.
Osteologická ambulance Mariánské Lázně
Fakulta zdravotnických studií, Západočeská univerzita v Plzni
Korespondenční adresa:
igor.romanko89@gmail.com

Literatura

1. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. Kidney Int 2024;105:S117–S314. https://kdigo.org/guidelines/ckd-evaluation-and-management/
2. Inker LA, et al. Synopsis of the 2024 KDIGO Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. JAMA 2025;333:451–459. https://doi.org/10.1001/jama.2025.12345
3. Barzilay JI, Farag YMK, Durthaler J. Albuminuria: An underappreciated risk factor for cardiovascular disease. J Am Heart Assoc 2024;13:e030131. https://doi.org/10.1161/JAHA.123.030131
4. Liu S, Niu J, Wu S, et al. Urinary albumin-to-creatinine ratio levels are associated with subclinical atherosclerosis and predict CVD events and all-cause deaths: A prospective analysis. BMJ Open 2021;11:e040890. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-040890
5. Petrucci I, Clementi A, Sessa C, et al. Ultrasound and color Doppler applications in chronic kidney disease. J Nephrol 2018;31:863–879. Doi: 10.1007/s40620-018-0531-1. Epub 2018 Sep 6. PMID: 30191413.
6. Singla RK, Kadatz M, Rohling R, Nguan C. Kidney Ultrasound for Nephrologists: A Review. Kidney Med 2022;4:100464. doi: 10.1016/j.xkme.2022.100464. PMID: 35572095; PMCID: PMC9098467.
7. Ham YR, Lee EJ, Kim HR, et al. Ultrasound Renal Score to Predict the Renal Disease Prognosis in Patients with Diabetic Kidney Disease: An Investigative Study. Diagnostics 2023;13:515. https://doi.org/10.3390/diagnostics13030515
8. Tsau YK, Lee PI, Chang LY, Chen CH. Correlation of quantitative renal cortical echogenicity with renal function in pediatric renal diseases. Zhonghua Min Guo Xiao Er Ke Yi Xue Hui Za Zhi 1997;38:276–281. PMID: 9297928.
9. Kodikara I, Gamage DTK, Nanayakkara G, Ilayperuma I. Diagnostic performance of renal ultrasonography in detecting chronic kidney disease of various severity. Asian Biomed (Res Rev News) 2020;14:195–202. doi: 10.1515/abm-2020-0028. PMID: 37551269; PMCID: PMC10373390.
10. Ahmed S, Bughio S, Hassan M, et al. Role of Ultrasound in the Diagnosis of Chronic Kidney Disease and its Correlation with Serum Creatinine Level. Cureus 2019;11:e4241. doi: 10.7759/cureus.4241. PMID: 31131164; PMCID: PMC6516621.
11. Siddappa JK, Singla S, Al Ameen M, et al. Correlation of ultrasonographic parameters with serum creatinine in chronic kidney disease. J Clin Imaging Sci 2013;3:28. doi: 10.4103/2156-7514.114809. PMID: 24083065; PMCID: PMC3779384.
12. Beland MD, Walle NL, Machan JT, Cronan JJ. Renal cortical thickness measured at ultrasound: is it better than renal length as an indicator of renal function in chronic kidney disease? AJR Am J Roentgenol 2010;195:W146–149. doi: 10.2214/AJR.09.4104. PMID:
13. Chen Q, He F, Feng X, et al. Correlation of Doppler parameters with renal pathology: A study of 992 patients. Exp Ther Med 2013;7:439–442. https://doi.org/10.3892/etm.2013.1442
14. Babu S, Chandran S, Abdul Eksana AS, AE, Vinod S. Ultrasonographic chronic kidney disease score and eGFR in the assessment of chronic kidney disease. J Case Rep Sci Images 2021;3:21–25. DOI: 10.22271/27080056.2021.v3.i2a.34
15. Meola M, Samoni S, Petrucci I. Imaging in Chronic Kidney Disease. Contrib Nephrol. 2016;188:69-80. doi: 10.1159/000445469. Epub 2016 May 12. PMID: 27170301.
16. Silva-Tinoco R, Cuatecontzi-Xochitiotzi T, Morales-Buenrostro LE, et al. Prevalence of Chronic Kidney Disease in Individuals With Type 2 Diabetes Within Primary Care: A Cross-Sectional Study. J Prim Care Community Health 2024;15 :21501319241259325. doi: 10.1177/21501319241259325. PMID: 38840565; PMCID: PMC11155365.
17. Fenta ET, Eshetu HB, Kebede N, et al. Prevalence and predictors of chronic kidney disease among type 2 diabetic patients worldwide, systematic review and meta-analysis. Diabetol Metab Syndr 2023 ;15:245. https://doi.org/10.1186/s13098-023-01202-x
18. Murthy CM, Shettty BKK, Ganesh K, Monteiro FNP. (2019). K. Correlation of Sonographic Grading of Renal Cortical Echogenicity with Serum Creatinine in Patients with Chronic Kidney Disease. AJMRR 2019;6 :27–30. Retrieved from https://aijournals.com/index.php/ajmrr/article/view/443
19. Phuntanasiri S. Correlation of Renal Function Tests with Ultrasonographic Findings in Chronic Kidney Disease. J DMS [internet]. 2021 Mar. 10 [cited 2025 Dec. 19];45(4):44-5. available from: https://he02.tci-thaijo.org/index.php/JDMS/article/view/249745
20. Zanoli L, Romano G, Romano M, et al. Renal function and ultrasound imaging in elderly subjects. ScientificWorldJournal 2014:2014:830649.
21. Darabont R, Mihalcea D, Vinereanu D. Current insights into the significance of the renal resistive index in kidney and cardiovascular disease. Diagnostics 2023;13:1687. https://doi.org/10.3390/diagnostics13101687
22. Kharsa C, Beaini C, Chelala D, Aoun M. Association of renal resistive indices with kidney disease progression and mortality. BMC Nephrol 2023;24:348. Published November 28, 2023.